

Università degli Studi di Salerno



Dipartimento di Scienze Umane, Filosofiche e della Formazione

XI Ciclo Dottorato di Ricerca In

“METODOLOGIA DELLA RICERCA EDUCATIVA”

TESI DI DOTTORATO IN

“Il corpo aumentato:

Le interfacce naturali come strategie semplici di interazione uomo-macchina

Implicazioni didattiche e linee di ricerca”

Vol.I

COORDINATORE

Prof. Giuliano Minichiello

TUTOR

Prof. Maurizio Sibilio

DOTTORANDO

Dott. Stefano Di Tore

Anno Accademico
2012/2013

Introduzione	5
1 Scenario: il corpo aumentato	9
1.1 <i>La macchina della conoscenza.....</i>	9
1.2 <i>Tecnologia e ergonomia cognitiva.....</i>	10
1.3 <i>Principi semplificativi dell'interazione uomo-macchina in ambiente didattico-educativo. ...</i>	13
2 Il framework concettuale: complessità, semplicità, interfaccia.....	15
2.1 <i>Le scienze umane al tempo della complessità.....</i>	15
2.1.1 <i>Lo statuto ontologico del caos</i>	17
2.1.2 <i>“Observing Systems”</i>	18
2.1.3 <i>Traiettorie non lineari.....</i>	18
2.1.4 <i>Sistemi complessi adattivi.....</i>	20
2.1.5 <i>Modellizzazione e complessità</i>	21
2.1.6 <i>Il principio ologrammatico.....</i>	22
2.1.7 <i>Epistemologia della complessità</i>	22
2.1.8 <i>Complessità ed educazione</i>	25
2.2 <i>Semplicità.....</i>	26
2.2.1 <i>Semplicità, complessità e didattica.</i>	32
2.2.2 <i>Livello analogico.....</i>	33
2.2.3 <i>Livello biologico</i>	35
2.3 <i>Dall'umwelt all'interfaccia.....</i>	37
2.3.1 <i>Umwelt.....</i>	37
2.3.2 <i>Umwelt come interfaccia</i>	39
2.3.3 <i>“Learning environments as students' umwelten”</i>	40
2.4 <i>La complessità decifrabile dell'agire didattico.....</i>	40
3 Interfacce naturali e apprendimento	44
3.1 <i>Premesse: “i fondamenti spaziali del pensiero razionale”</i>	44
3.2 <i>Edutainment.....</i>	46
3.3 <i>Il fenomeno videoludico</i>	46
3.4 <i>Videogames e apprendimento</i>	47
3.5 <i>Interazione continua vs interazione discreta: verso l'interazione enattiva</i>	52

3.6	<i>Exergames</i>	54
3.7	<i>Interfacce enattive</i>	58
4	Interfacce naturali nella didattica: il percorso sperimentale	59
4.1	<i>Il gioco delle forme</i>	59
4.1.1	Il framework teorico:Gestalt e integrazione visuomotoria	60
4.1.2	Il Bender-Gestalt Test e il VMI	63
4.1.3	Il VMI test	66
4.1.4	Obiettivi didattici	69
4.1.5	Lo sviluppo dell'applicazione.....	71
4.1.6	Metodologia	77
4.1.7	La fase di testing	77
4.1.8	Risultati	78
4.2	<i>L'acchiappanuvole</i>	82
4.2.1	Scenario: organizzazione spazio-temporale e apprendimento della lettoscrittura	82
4.2.2	Il controllo motorio nello User Interface Design	85
4.2.3	Legge di Hick.....	87
4.2.4	Compatibilità stimolo-risposta.....	88
4.2.5	Legge di Fitts	90
4.2.6	Immagine tempo e immagine movimento: ancora su discreto e continuo.....	90
4.2.7	Lo sviluppo dell'applicazione.....	91
4.2.8	Risultati	93
4.3	<i>La montagna e il mouse: edizione digitale di un classico problema Piagetiano</i>	96
4.3.1	Misurare l'empatia: lo status quo.....	96
4.3.2	Empathy reloaded: il <i>punto di vista</i> della fenomenologia.....	97
4.3.3	Il prototipo di edu-game.....	100
4.3.4	Future works	104
	Conclusioni	106
	Bibliografia	108

Introduzione

I concetti di corpo e di corporeità sono stati oggetto, nel corso degli ultimi decenni, di una attenzione che li ha condotti ad essere il luogo teorico di incontro (e di scontro) tra diversi saperi e diverse traiettorie di ricerca scientifica. Dalla filosofia alla medicina, dalle neuroscienze all'antropologia, dal diritto alla pedagogia, le discipline che pongono l'uomo come oggetto della propria indagine hanno rivendicato tutte, ognuna da un proprio peculiare punto di vista epistemico, la centralità del corpo.

Nell'ambito degli studi sulla cognizione e sull'apprendimento, spinte provenienti da direzioni e tradizioni diverse hanno messo in crisi una visione che postulava una idea di conoscenza *astratta*, basata su regole formali, indipendente sia dagli aspetti biologici che dal contesto socioculturale; conseguentemente, aggettivi quali "situato", "embodied", "sociale", "distribuito", hanno cominciato ad accompagnare il concetto di cognizione nella letteratura scientifica

Questa nuova prospettiva non considera più il corpo come semplice "*operaio del pensiero*" (M. Sibilio, 2002), ma riconosce che "la maggior parte delle conoscenze, specie quelle vitali, sono espresse nella struttura stessa del corpo"(Longo, 1995), il quale non è più considerato come un semplice mediatore tra il nostro cervello e la realtà esterna, ma come il "dispositivo principale attraverso il quale, realizzando esperienze, sviluppiamo apprendimento e produciamo conoscenza" (Rivoltella, 2012). In tale ottica "l'astrazione e le generalizzazioni possono produrre utilmente apprendimento solo se sono state costruite a partire dall'esperienza corporea del mondo"(Rivoltella, 2012)ed il corpo diviene così "macchina della conoscenza"(F. Varela, 1990).

Il ruolo della tecnologia, nell'accezione più ampia, non è alieno ai processi che hanno determinato questo rovesciamento di prospettive. L'idea della non neutralità delle tecnologie rispetto alle forme di produzione della conoscenza non è certo una novità. Pure, va segnalata un'accelerazione, un aumento vertiginoso del dato quantitativo: le sollecitazioni tecnologiche all'idea di corpo e all'idea di conoscenza sono numerose ed incessanti, e oggetto di riflessione da più parti.

Diverse linee, in quest'ambito, si sovrappongono in modo quasi inestricabile: l'idea dei media come estensione delle facoltà umane (McLuhan, 2001), il "luogo di innovazione e di estensione delle tecnologie del potere" (Chignola, 2007) individuato dal concetto di biopolitica nell'accezione

focaultiana, l'esplicita (pur se obsoleta) analogia tra mente e calcolatore postulata dal cognitivismo, la progettazione e l'evoluzione di protesi intelligenti, il design di brain-computer interfaces.

Queste linee contribuiscono a spostare e a rendere meno netti i confini del corpo umano: la macchina, prolunga le facoltà del soggetto, ben oltre quanto ipotizzato dai teorici della comunicazione, e ne infrange l'integrità, ridefinendone l'identità.

In campo didattico, la relazione tecnologia/apprendimento, fino agli anni '80 si è inserita in una tradizione prevalentemente comportamentista e poi cognitivista, sulla scorta dello Human Information Processing (H.I.P.), concentrandosi sul computer-istruttore e veicolando l'idea della conoscenza come rispecchiamento della realtà.

“È nel corso degli anni '80 che diventano sempre più forti i segni di insoddisfazione verso questo quadro teorico. Quella particolare *solidarietà* tra modello della conoscenza (conoscenza come acquisizione-elaborazione di informazioni), modello didattico e di apprendimento (sequenziale-curricolare) e modello tecnologico (computer istruttore)”(Calvani, 1998), incomincia a sgretolarsi, e i concetti di corpo e tecnologia trovano un terreno comune

Tale terreno comune, in principio circoscritto al campo della disabilità, cresce in progressione geometrica nel periodo recente; all'idea di tecnologie della mente, ancora di stampo cognitivista, si sostituisce l'idea di tecnologie della mente/corpo.

“Le tecnologie della mente pura nascono belle e fatte dal programmatore/analista, quelle della mente/corpo 'vengono al mondo'; il tecnologo si limita a creare le condizioni iniziali di un processo di sviluppo, di apprendimento, di evoluzione”(Calvani, 1998).

Da un punto di vista squisitamente tecnologico, la diffusione di Interfacce Naturali, basate su devices che consentono il recupero alla Human Computer Interaction di paradigmi naturali della interazione umana (suono, voce, tatto, movimento), fa saltare il collo di bottiglia delle interfacce grafiche: l'interazione non avviene “attraverso lo specchio”(Carroll, 2012) dello schermo, ma avviene nella “bolla percettiva” del soggetto, nello spazio, digitalizzato, che circonda l'utente.

Gli ambienti digitali di apprendimento abbandonano gradualmente l'appiattimento sul piano cartesiano che costringe la realtà in una dimensione non naturale, limitando l'interazione al solo binomio occhio-mano, per espandersi nello spazio tridimensionale, fondando l'interazione sull'intero corpo, con implicazioni cognitive dall'impatto non ancora esplorato.

Le interfacce naturali (Natural User Interface) e le tecnologie di Gesture Recognition prefigurano l'imminente scenario, nella azione didattica, della convergenza tra centralità del corpo e dimensione tecnologica: il **Corpo Aumentato** inteso come corpo/interfaccia nell'Augmented Reality e nell'Augmented Learning.

Con queste premesse, il lavoro intende presentare, nella prima parte, un framework concettuale per inquadrare il "corpo aumentato" nel perimetro corpo – apprendimento – tecnologia e, nella seconda parte, presentare le sperimentazioni condotte sulla base di questo framework.

In questo senso, il primo capitolo presenta una riflessione sullo scenario globale del corpo aumentato, disegnando (a grana grossa) il quadro del corpo come macchina della conoscenza nel rapporto con le tecnologie e l'attività educativa, attraverso la disamina del ruolo non neutrale delle tecnologie nelle forme di produzione della conoscenza e dei concetti di ergonomia cognitiva ed ergonomia didattica.

Il secondo capitolo affronta, di conseguenza, la dimensione epistemologica, inquadrando lo scenario citato nell'evoluzione del concetto di complessità, che ha costituito la prospettiva (meta)teorica della più recente riflessione in ambito educativo, e introducendo il concetto di semplicità (A. Berthoz, 2011). L'elaborazione di Berthoz, infatti, offre non tanto un quadro teorico finito, paradigmatico, quanto piuttosto una serie di strumenti concettuali che forniscono una chiave epistemologica per risolvere, nella ricerca in ambito didattico, l'equazione corpo – apprendimento – tecnologia. Attraverso la lente dei *Simplifying Principles for a Complex World*, i concetti di spazio, ambiente (naturale e digitale), conoscenza, apprendimento sembrano trovare una collocazione armonica e funzionale nell'ambito degli "Human Brain Projects upon theWorld"(A. Berthoz, 2009).

"L'ipotesi a questo proposito è duplice. La prima è che gli strumenti mentali elaborati nel corso dell'evoluzione per risolvere i molteplici problemi che pone l'avanzamento nello spazio siano stati utilizzati anche per le funzioni cognitive più elevate: la memoria e il ragionamento, la relazione con l'altro e anche la creatività. La seconda ipotesi è che i meccanismi mentali deputati all'elaborazione spaziale permettano di semplificare numerosi altri problemi posti agli organismi viventi."(A. Berthoz, 2011).

Il terzo capitolo introduce l'elemento delle Interfacce Naturali come principi semplificativi nell'interazione uomo-macchina, che consentono la digitalizzazione dello user space e, di conseguenza, il recupero alle interfacce della dimensione spaziale, nel senso definito nel secondo capitolo,

determinando, di fatto, una *umwelt* digitale che non sostituisce ma aumenta ed estende la *umwelt* naturale.

Il quarto capitolo presenta la serie di sperimentazioni sul design di software didattico NUI-based, descrivendo nel dettaglio i tre percorsi avviati, autonomi e ad un tempo interconnessi, presentandone il framework teorico, la metodologia di progettazione e sviluppo, le scelte squisitamente tecnologiche e presentando i risultati dei test effettuati nelle scuole.

Nelle conclusioni, infine, si presentano i commenti al percorso sperimentale, dalla definizione dello scenario, alla elaborazione del quadro concettuale, dal percorso di design e sviluppo degli applicativi alla raccolta dei dati. Complessivamente, il lavoro costituisce un prodotto che, pur essendo compiuto (dall'idea alla discussione dei dati sperimentali), si presenta come tutt'altro che concluso, costituendo anzi il primo atto di una ricerca più ampia e rappresentando, in questo senso, la necessaria base sperimentale a dimostrazione della fondatezza degli assunti teorici, che si offre come punto di partenza per la sperimentazione successiva.

1 Scenario: il corpo aumentato

1.1 La macchina della conoscenza

Il pensiero occidentale ha per lungo tempo considerato il corpo come un “*recettore muto*”(M. Sibilio, 2002) di stimoli provenienti dall'esterno e come un mero esecutore di ordini generati *altrove*.

Questa concezione del corpo è oggi messa in discussione da una pluralità di saperi che, considerando la cognizione come “incarnata” o “situata”, attribuiscono un ruolo attivo al corpo nei processi di costruzione di senso. La moderna riflessione scientifica ri-pensa, infatti, il corpo come una “macchina della conoscenza”(F. Varela, 1990) e considera quest'ultima come mappata nel nostro sistema senso-motorio”, il quale “non solo fornisce la struttura al contenuto concettuale, ma caratterizza il contenuto semantico dei concetti conformemente al modo con cui noi funzioniamo nel mondo col nostro corpo”(Gallese & Lakoff, 2005). *Le corporeità didattiche* (M Sibilio, 2012b) divengono così il perno di una scienza dell'insegnamento basata sull'assunto che “ogni azione è conoscenza e ogni conoscenza è azione”(Maturana, Varela, & Ceruti, 1992). Nell'azione così intesa il corpo “da un lato partecipa in modo attivo al processo di conoscenza e dall'altro la conoscenza, anche grazie alle nuove tecnologie, prende corpo”(Rossi, 2011).

Questa ritrovata centralità della corporeità è il frutto di due direttrici diverse, che presentano, nel corso della loro storia, ampi spazi di sovrapposizione e contaminazione.

Una linea di riflessione parte dal Mind Body problem, dalla prospettiva husserliana e dalla prospettiva fenomenologica di Merleau Ponty, passando per il concetto di embodiment e gli studi di Varela, Maturana, Lakoff, trovando via via conforto nelle evidenze sperimentali delle hard sciences, che hanno individuato a più riprese fondamenti neurobiologici di processi cognitivi.

“What we perceive is determined by what we do (or what we know how to do); it is determined by what we are ready to do. In ways I try to make precise, *we enact our perceptual experience*; we act it out.[...] The enactive view challenges neuroscience to devise new ways of understanding the neural basis of perception and consciousness”(Noë, 2004).

L'altra direttrice è quella squisitamente tecnologica, determinata dalle modificazioni alle funzionalità del corpo, intese sia come estensioni del corpo nel senso introdotto da McLuhan(McLuhan, 2001), sia

come modificazioni tout-court, quali protesi “intelligenti” (ovvero protesi che direttamente si interfacciano con i circuiti sinaptici).

“In una cultura come la nostra, abituata a frazionare ogni cosa al fine di controllarla, è talvolta un po' urtante sentirsi ricordare che, dal punto di vista operativo e pratico, il *medium* è il messaggio. Le conseguenze individuali e sociali di ogni medium, cioè di ogni estensione di noi stessi, derivano dalle nuove proporzioni introdotte nella nostra situazione personale da ognuna di tali estensioni o da ogni nuova tecnologia.”(McLuhan, 2001).

La capacità di automodificazione del corpo, caratteristica umana che non trova riscontro in altre specie, è sicuramente un elemento rivoluzionario sul piano teorico. La macchina, quale vicario o amplificatore delle facoltà del soggetto, ne ridefinisce l'identità.

Questa mutazione di identità coinvolge, e di quando in quando travolge, etica e politica, diritto e cognizione, e si pone come questione di pertinenza, a piena legittimità epistemica, della filosofia.

Le due direttrici, fenomenologica e tecnologica, si incontrano, e si fondono, nell'idea del “corpo aumentato”, inteso come corpo/interfaccia nella Mixed Reality(Hansen, 2006), corpo che “legge” e “scrive” in una realtà in cui non è più possibile distinguere artificialmente tra elementi digitali e elementi naturali, aprendo la strada alla digitalizzazione di quella "ricapitolazione fulminea dei processi razionali"(Ginzburg, 1979) che affonda le sue radici nei sensi, costituendo la base della capacità di andare in un istante dal noto all'ignoto, e restituendo al corpo, e al cervello quale parte del corpo, la dimensione proattiva sacrificata sul piano simbolico(A. Berthoz, 2011; Ginzburg, 1979).

1.2 Tecnologia e ergonomia cognitiva

"-O re, questa conoscenza (la scrittura) renderà gli egiziani più sapienti e più dotati di memoria: infatti ho scoperto un *pharmakon* per la sapienza e la memoria. - E il re rispose: - Espertissimo Theuth, una cosa è esser capaci di mettere al mondo un' arte, un'altra saper giudicare quale sarà l'utilità e il danno che comporterà agli utenti "(Platone, Fedro, 274e)(Iezzi, 2011).

Il passo del Fedro qui riportato mostra come Platone si interrogasse sull'impatto che la tecnologia della scrittura avrebbe avuto sulla società e sulla cultura Greca.

La riflessione platonica appare oggi tutt'altro che obsoleta, in essa vengono infatti mosse critiche alla tecnologia della scrittura e articolate osservazioni sulle implicazioni cognitive del sistema uomo-tecnologia che, per molti versi, sono simili a quelle oggi avanzate in relazione all'uso delle nuove tecnologie nella scuola. Le osservazioni di Platone rappresentano in effetti le prime considerazioni di *ergonomia cognitiva* relative al carattere negoziale che si instaura nel rapporto tra mente e medium. Il filosofo osserva infatti che attraverso l'uso di questa tecnologia "la mente distribuisce all'esterno un determinato carico appoggiandosi ad un supporto di maggiore efficienza, parallelamente alleggerisce, e quindi disabilita, una qualche corrispondente funzione interna"(Calvani, 2007). Risultano quindi chiari sia i vantaggi che i rischi insiti nell'utilizzo delle nuove tecnologie all'interno della scuola: da una parte esse rischiano di minare determinate funzioni cognitive, come ad esempio le capacità di calcolo e di memoria, dall'altro lato però, alleggerendo e liberando la mente del soggetto da determinati carichi cognitivi di basso livello, esse potrebbero aiutare lo studente a concentrarsi su processi cognitivi di alto livello.

Senza avere la pretesa di entrare in modo approfondito all'interno del dibattito che questa riflessione ha generato, ci limiteremo qui ad analizzare brevemente il noto slogan di McLuhan "Il medium è il messaggio"(McLuhan, 2001) poiché particolarmente funzionale al discorso che si intende portare avanti in questa sede. L'affermazione del sociologo canadese sposa, per molti versi, la riflessione platonica e spinge ad analizzare la tecnologia non in virtù del messaggio che essa veicola, ma attraverso la sua struttura, le modalità di fruizione che essa consente e l'impatto che queste determineranno sugli utenti o, in altri termini, come espresso dalla *teoria del medium*, "l'impatto maggiore sulla storia della nostra cultura non [viene] prodotto dai contenuti dei *media*, ma dalla loro architettura"(Rivoltella, 2012).

In tal senso la riflessione pedagogica spinge per un implementazione ed un uso cosciente delle tecnologie in ambito scolastico sia al fine di consentire ai cittadini del domani di approcciarsi in modo critico all'uso ed alla fruizione della tecnologia, comprendendone e padroneggiandone i linguaggi per preservare il proprio pensiero critico, la propria identità e per non esserne "*dominati*"(Gennari, 1996; Rivoltella, 2006), sia al fine di sposare nuove e più stimolanti logiche di insegnamento-apprendimento. A partire dagli anni Ottanta l'Italia, come la maggior parte dei paesi tecnologicamente avanzati, ha avviato programmi ed iniziative, sostenuti da ingenti finanziamenti e grandi aspettative, per l'introduzione delle "*nuove tecnologie*" all'interno della scuola, ma questi sforzi non hanno dato i frutti sperati (Vincenzi, 2005).

Da un punto di vista pratico, infatti, l'introduzione della tecnologia nelle scuole non è stata sufficientemente accompagnata da percorsi di acquisizione di strategie e competenze specifiche da parte degli insegnanti, né tantomeno da scelte oculate sul tipo di tecnologia da implementare. Gran parte della tecnologia attualmente in uso nelle scuole si fonda infatti su forme di interazione basate sulla manipolazione simbolica indiretta. Ci si riferisce qui alle G.U.Is (Graphic user interface), ovvero a quella tipologia di interfacce dove l'utente manipola oggetti grafici attraverso una periferica di puntamento (mouse, trackball, etc). Un esempio di questa tipologia di interfacce è costituito dal sistema operativo Windows, così come, più in generale, da tutti i software basati su forme di interazione che si realizzano attraverso il mouse o una periferica di puntamento qualsiasi. Appare quindi evidente come le teorie pedagogiche moderne che considerano l'apprendimento come "situato" ed "incarnato" non possano rispecchiarsi in queste forme di H.C.I. (Human Computer Interaction) che, appiattendolo l'interazione uomo-macchina sul piano bidimensionale, limitano il coinvolgimento della componente corporea e spaziale alla coordinazione occhio-mano in uno spazio fisico ristretto.

Oggi il corpo ed il movimento mal si prestano quindi ad essere intesi come elementi passivi all'interno dei processi cognitivi. Una nutrita schiera di studiosi, da Piaget a Varela, da Damasio a Berthoz, ha sostenuto e sostiene tesi basate sull'ipotesi che essi svolgano un ruolo attivo e centrale all'interno del fenomeno della cognizione e nella strutturazione del concetto di spazio. Le moderne evidenze neuroscientifiche sembrano inoltre indicare che la conoscenza concettuale è mappata nel nostro sistema senso-motorio e che "le basi neurali della manipolazione mentale dei sistemi di riferimento spaziali (egocentrici, allocentrici, geocentrici, eterocentrici, spazio vicino e spazio lontano) costituiscono uno dei fondamenti del nostro pensiero razionale e, in particolare, dell'attitudine umana alla geometria, al ragionamento, al cambiamento di punto di vista, al trattamento simultaneo di diversi punti di vista, alle ramificazioni logiche"(A. Berthoz, 2011). Il sistema studente viene quindi considerato come una unità *complessa* e inscindibile di mente-corpo-ambiente.

La maggior parte delle tecnologie oggi in uso nelle scuole esclude però la componente corporea, o la appiattisce sul piano bidimensionale della coordinazione occhio-mano, eliminando così gran parte dei meccanismi, dei processi e delle interazioni che sono alla base dei naturali processi di apprendimento.

Il modo estremamente "*semplificativo*" attraverso cui la tecnologia è stata introdotta nel sistema scolastico sembra rispecchiare l'idea "sovietica", deterministica che "Più tecnologia = più apprendimento"(Calvani, 2007) e che, dunque, si pensi di aver trovato in essa il *pharmakon* per la memoria e la sapienza che Theuth riteneva di aver rinvenuto nella scrittura. È quindi mancato uno studio di "*ergonomia didattica*" relativo a quali tecnologie implementare. L'ergonomia è qui intesa

come quella disciplina che “ha come oggetto l’attività umana in relazione alle condizioni ambientali, strumentali e organizzative in cui si svolge”, e come fine “l’adattamento di tali condizioni alle esigenze dell’uomo, in rapporto alle sue caratteristiche e alle sue attività”(Calvani, 2007). La mancanza di un tale tipo di studi relativo a *quale* tecnologia implementare all’interno degli ambienti didattici e a *come* implementarla ha causato una vera e propria spaccatura fra le teorie pedagogiche sulla tecnologia e l’effettiva realtà scolastica odierna. Si rende dunque necessaria una scelta che sia guidata dalla riflessione pedagogica e che sia in grado di esserne espressione.

1.3 Principi semplificativi dell’interazione uomo-macchina in ambiente didattico-educativo.

Il legame mente, corpo e ambiente digitale diviene, in virtù di quanto esposto, fondamentale per le tecnologie dell’educazione che sembrano far emergere il bisogno di un passaggio da tecnologie che realizzano una “extended-mind”(Menary, 2010) a tecnologie in grado di realizzare un “augmented body”(S Di Tore, Aiello, Di Tore, & Sibilio, 2012). Tecnologie, dunque, volte a ridefinire, arricchire e restituire al contesto digitale le strategie che il corpo mette in atto nei processi di apprendimento e di significazione, con la piena consapevolezza che la “motor activity – not representationalist verisimilitude - holds the key to fluid and functional crossings between virtual and physical realms” (Hansen, 2006). L’attenzione, in campo didattico-pedagogico, sembra così spostarsi, per quel che concerne le tecnologie dell’educazione, dalla mente alla persona intesa come unità inscindibile di mente e corpo, orientando, in tal modo, la ricerca didattico-pedagogica verso nuovi tipi di interfacce e di H.M.I. (Human Machine Interaction) volte ad appropriarsi “ of human body as an input device” (Harrison, Tan, & Morris, 2010). In tale contesto, le NUIs (Natural User Interfaces), muovendo in direzione di un utilizzo efficiente dei sensi e del corpo, rappresentano potenzialmente un utile strumento didattico (S. Di Tore, Aiello, Gomez Paloma, Macchi, & Sibilio, 2011). Esse permettono infatti un’interazione più naturale con l’ambiente digitale, integrando il digital realm alla umwelt dell’utente, ampliandone le possibilità di azione e le opportunità di co-strutturazione di senso, sviluppando e ridefinendo in tal modo i processi che il corpo mette in atto per fronteggiare la complessità del reale (A. Berthoz, 2011).

In questa prospettiva si inquadrano gli studi presentati nella seconda parte di questo lavoro, che riguardano le N.U.I.s e le forme di H.M.I. ad elevato grado di coinvolgimento corporeo volte a favorire e a ri-definire i processi di insegnamento/apprendimento. Perché sia possibile dar conto delle

ricerche sul corpo digitale e sullo spazio digitale, sui rapporti di questo spazio con la conoscenza e l'apprendimento, e sul possibile utilizzo didattico delle NUIs, è necessario tracciare il framework teorico in cui queste ricerche affondano le radici.

2 Il framework concettuale: complessità, semplicità, interfaccia

2.1 Le scienze umane al tempo della complessità

L'aggettivo complesso accompagna, nella più recente letteratura scientifica come pure in testi di natura divulgativa, una grande ed eterogenea varietà di sostantivi.

L'economia è complessa, la società è complessa, i meccanismi e i processi biologici sono complessi, il sistema scolastico è complesso, eppure, nonostante la grande diffusione di questo concetto, di questa prospettiva, di questo principio, spiegare cosa si intenda con il termine "complessità" è un'impresa ardua. Non esiste infatti una "teoria della complessità" univoca e unanimemente accettata dalla comunità scientifica, né, probabilmente, a causa delle proprietà stesse di questo concetto, potrebbe esistere.

Rapportarsi alla complessità implica difatti una peculiare difficoltà di carattere semantico, "se si potesse definire la complessità in maniera semplice e chiara, ne verrebbe evidentemente che il termine non sarebbe più complesso"(Morin, 2011).

L'affermazione di Morin non deve essere presa "alla lettera", altrimenti ne deriverebbe che il termine "luce" dovrebbe essere "luminoso" o che il termine "nero" dovrebbe essere "scuro", quanto, piuttosto, essa rappresenta un monito relativo alla difficoltà di avvicinarsi ad un concetto come quello di "complessità" che risulta sfumato, soggetto a differenti, e talvolta contrastanti, interpretazioni e definizioni.

Approcciarsi ad un concetto simile, tramite un tentativo di definizione preliminare, sarebbe quindi assolutamente non funzionale, se non impossibile. La complessità non può infatti essere rigidamente schematizzata in una definizione chiusa, né può essere intesa come una teoria o come un paradigma, e, in effetti, la sua appropriazione da parte della comunità scientifica sembra comportare più problemi che soluzioni. La complessità va quindi intesa come una *sfida*, come una *positio questionis*, come una mutata prospettiva gnoseologica e le problematiche che da essa derivano ne costituiscono forse l'essenza più scientificamente feconda e utile. Al fine di comprendere dunque questo concetto potrebbe essere utile partire dalle condizioni storiche che lo hanno generato, senza però avanzare la pretesa di essere, in tal senso, esaustivi.

Da un punto di vista storico la nascita e lo sviluppo di questa prospettiva gnoseologica possono essere ricondotti alla crisi dello statuto epistemologico della scienza moderna. Nell'illuminismo così come nell'empirismo logico, nel logicismo e, più in generale, nella maggioranza delle correnti della filosofia della scienza che si sono susseguite fino al XXI secolo, predomina un'impostazione le cui radici possono essere rinvenute nella posizione cartesiana dello "scetticismo metodologico", ovvero un'impostazione basata sulla ricerca di un punto di partenza, di un punto *archimedeo*, di un punto di osservazione assoluto, sulla base del quale costruire metodi di analisi e di indagine che conducano ad una conoscenza necessaria e certa. Il punto di vista assoluto e i processi di generalizzazione diventano così il fulcro di una scienza che trova la propria *raison d'etre* in una funzione normativa e nomotetica. Le leggi, intese come luoghi di descrizione e spiegazione dei fenomeni, in grado di ricondurre, tramite l'analisi e la scomposizione, ciò che all'apparenza è complesso ad un insieme elementare di regole e di unità atomiche, costituiscono infatti condizione necessaria e sufficiente per il controllo e la conoscenza esaustiva dei fenomeni: esse consentono di "dissolvere il particolare nel generale, di prevedere i decorsi (passati e futuri) degli eventi, di concepire il tempo come dispiegamento di una necessità atemporale" (Bocchi & Ceruti, 2007). La scienza diviene dunque imperniata sul concetto di ripetibilità, di prevedibilità e di assolutezza o oggettività del proprio punto di vista sulla conoscenza e l'indagine scientifica viene ad accentrarsi sull'analisi e sulla creazione di linguaggi formali neutri in grado di fornire rappresentazioni coerenti del suo oggetto di studio.

Il progresso scientifico ha mostrato come l'applicazione del metodo analitico e dei principi della scomposizione, enunciati per la prima volta da Galileo e Cartesio, possano ottenere enormi successi nello studio di una vasta e variegata gamma di fenomeni. Gli sviluppi scientifici degli ultimi decenni hanno però rimesso in discussione questi schemi epistemologici mostrandone i limiti e l'inadeguatezza in determinati domini.

L'applicazione della procedura analitica risulta infatti vincolata al soddisfacimento di due condizioni.

- Le componenti del fenomeno analizzato non devono intrattenere fra loro relazioni, o devono intrattenere relazioni talmente deboli da "poter essere trascurate" (von Bertalanffy, 2004).
- Le relazioni descrittive il comportamento delle parti del fenomeno analizzato devono essere *lineari*; solo allora è data la condizione di sommatoria, "vale a dire la condizione per cui un'equazione che descrive il comportamento del complesso ha la stessa forma delle equazioni che descrivono il comportamento delle parti" (von Bertalanffy, 2004).

Queste condizioni non sono soddisfatte da alcuni fenomeni, o, più in particolare da alcune tipologie di sistemi, ovvero da quei sistemi in cui è possibile identificare, fra le componenti, “interazioni forti” (Rapoport, 1966) o interazioni non triviali (Simon, 1962), vale a dire, *non lineari*. La complessità si occupa dello studio di questa seconda tipologia di fenomeni o di sistemi.

2.1.1 Lo statuto ontologico del caos

Uno dei primi stimoli al cambiamento prospettico è stato fornito dalle scienze fisiche che hanno accolto all'interno dei loro modelli i concetti di caso e di disordine. Questi non vengono più considerati come indici di una mancata comprensione dei fenomeni o dell'ignoranza di alcune loro variabili, in assenza della quale i fenomeni analizzati risulterebbero schematizzabili e prevedibili, ma come elementi necessari alle modellizzazioni della fisica per la creazione di modelli coerenti e adatti a fornire spiegazioni dei fenomeni osservati.

Si assiste quindi alla creazione di teorie e modelli in cui al caso e al disordine viene riconosciuto uno statuto ontologico e un ruolo attivo nella spiegazione dei fenomeni. Il concetto di casualità e quello di disordine sono però in profondo contrasto con una visione scientifica nomotetica e deterministica. Se caso e disordine non sono ascrivibili alla nostra ignoranza, ma sono considerati come elementi autonomi e attivi, allora non tutti i fenomeni sono formalizzabili o schematizzabili all'interno di leggi deterministiche. Si verifica dunque un venir meno del concetto di *conoscenza necessaria* e si abbandona la ricerca di punto di vista *archimedeo* e assoluto a favore di prospettive singolari e differenti che siano *adatte* a comprendere i fenomeni e non a *rappresentarli*.

Il superamento della dicotomia necessario/contingente e della ricerca di un punto di vista assoluto porta con sé l'abbandono dell'idea che la scienza progredisca linearmente per accumulo di conoscenze oggettive, concezione tipica delle grandi rappresentazioni logiche del positivismo. Si assiste quindi al passaggio ad un'epistemologia che vede il rapporto *conoscenza/mondo reale* in termini di *adeguatezza* e non più di *rappresentazione*. Ciò significa che questa “relazione non deve essere intesa come analoga al modo in cui un'immagine si può rapportare a ciò che si ritiene essa rappresenti, ma piuttosto come analoga al modo in cui un fiume si rapporta al paesaggio attraverso il quale ha trovato il suo corso. Il fiume si forma ovunque il paesaggio consenta all'acqua di scorrere. Vi è un'interazione continua e sottile fra la “logica” interna dell'acqua (ad esempio il fatto che essa deve formare una superficie orizzontale e non può scorrere dal basso verso l'alto) e la topologia del territorio. Sia l'una che l'altra impongono vincoli al corso del fiume, e lo fanno in maniera inseparabile.[...] Il fiume non rappresenta

così il paesaggio ma “si adatta” in esso, nel senso che trova il suo corso fra i vincoli che si impongono, non a partire dal paesaggio o dalla logica dell’acqua bensì, sempre e necessariamente, dall’interazione di entrambi gli aspetti”(Von Glasersfeld, 1985).

Similmente al rapporto fra territorio e fiume, il rapporto fra conoscenza e mondo reale diviene così un rapporto che *emerge* dai vincoli che i nostri schemi conoscitivi, intesi sia in senso cognitivo che scientifico, intrattengono con le strutture del reale, focalizzandosi così non sulla rappresentazione degli oggetti, ma sull’interazione che l’osservatore intrattiene con essi e implicando in tal modo una rinnovata concezione del ruolo dell’*osservatore* all’interno della scienza.

2.1.2 “Observing Systems”

Se la conoscenza non deve più essere intesa come rappresentazione oggettiva del reale e se non esiste un singolo punto di vista assoluto su di essa, ma un insieme di punti di vista costruiti sulla base determinata dai vincoli del modo di rapportarsi dell’osservatore al reale e dal reale stesso, allora è evidente che l’oggetto di studio della scienza non saranno le proprietà intrinseche degli oggetti, ma le proprietà che l’osservatore attribuisce loro attraverso i vincoli che si determinano nell’interazione fra l’osservatore e gli oggetti o, in altre parole, “Quelle proprietà che si credeva facessero parte delle cose si rivelano proprietà dell’osservatore”(Von Foerster, 1984).

La complessità diviene allora non una proprietà intrinseca di una determinata tipologia di sistemi o di fenomeni, quanto piuttosto una “proprietà della rappresentazione attualmente disponibile di questo sistema” e dunque essa “risiederebbe nel modello che l’osservatore si costruisce del fenomeno che ritiene complesso. E poiché è l’osservatore che sceglie il codice (gli schemi di codificazione) con il quale modella questo fenomeno, la complessità diventerebbe una proprietà del sistema- questo realmente complesso- che è costituito dall’osservatore che modella insieme al modello che egli costruisce (che codifica)”. La complessità non è più di conseguenza una proprietà del sistema osservato, ma del Sistema Osservatore”(Le Moigne, 1985). E’ evidente che “la complessità, così intesa, acquista una dimensione prettamente storica: i modelli cambiano nel tempo e ciò che oggi è rappresentato come complesso può non esserlo domani, o viceversa”(Tinti, 1998).

2.1.3 Traiettorie non lineari

Altri spunti riflessivi importati per lo sviluppo della complessità sono derivati poi dallo sviluppo della scienze biologiche, della scienza dei sistemi, dalla cibernetica e dalle scienze sociali.

Questi sviluppi hanno portato alla coscienza che alcuni fenomeni, soprattutto quelli biologici e sociali, presentavano interazioni e inter-retroazioni non lineari in numero così elevato da renderne impossibile il calcolo. La presenza inoltre di relazioni non lineari all'interno dei sistemi biologici complessi rende impossibile determinarne, pur conoscendo in modo esaustivo sia le singole parti che costituiscono il sistema sia il sistema stesso da un punto di vista globale, l'evoluzione e lo sviluppo.

Si prenda ad esempio una partita di scacchi, anche se si potrebbe obiettare che questo fenomeno è più *complicato* che *complesso*, pur conoscendo le regole del gioco e la posizione iniziale di tutti i pezzi e pur trattandosi di un sistema i cui stati sono finiti, seppur molto numerosi, non siamo in grado di determinare come la partita procederà. Ogni possibile evoluzione del sistema dipenderà infatti dalle mosse che i giocatori compiranno di volta in volta, influenzandosi reciprocamente e adottando strategie di volta in volta differenti a seconda della mossa dell'avversario. Si abbandona così ogni determinismo radicale. Inoltre le forme di interazioni che hanno luogo all'interno dei sistemi complessi generano un fenomeno caratterizzante il concetto di complessità stesso, ovvero le *emergenze*. Spesso la frase di Aristotele "il tutto è maggiore della somma delle parti" si accompagna al concetto di complessità, in effetti questa affermazione ben si presta a spiegare il senso del concetto di *emergenze*. Queste costituiscono aspetti o comportamenti di un fenomeno o di un sistema che non sono deducibili né partendo dall'analisi delle singole parti che costituiscono il sistema, né dalla visione d'insieme del sistema stesso, ma, per l'appunto, sono aspetti e comportamenti che *emergono* dalle interazioni non lineari, e quindi non pre-determinabili, fra le parti stesse del sistema. Attraverso questo concetto la complessità si differenzia in modo profondo sia dalla prospettiva *determinista* sia dalla prospettiva *olistica*. La prima infatti, ponendo l'accento sul metodo analitico, parte dall'assunto che i fenomeni, a prescindere dalla loro complessità, possano essere scomposti in parti elementari, la cui comprensione porterà ad una conoscenza esaustiva del fenomeno e dei suoi possibili sviluppi. La seconda si accentra invece sul tutto e sul punto di vista unitario del fenomeno, enfatizzando l'importanza della comprensione di questo da un punto di vista globale. La conoscenza unitaria del fenomeno permetterà una sua comprensione esaustiva e la previsione dei suoi sviluppi e dei suoi andamenti. La complessità, di contro, si focalizza sulle interazioni che le parti del fenomeno stabiliranno fra loro e da cui nasceranno aspetti che *emergeranno* durante lo sviluppo del sistema stesso donando sia alle parti che al tutto un senso e un aspetto a priori indeterminabile.

2.1.4 Sistemi complessi adattivi

Gli studi in campo sociale e biologico permetteranno inoltre di mostrare come queste *inter-retroazioni* e queste *interazioni non lineari*, influenzando in modo profondo le une sulle altre e viceversa, permettano ai sistemi di *auto-organizzarsi* e di *auto-adattarsi*. La teoria dell'evoluzione ci fornisce un esempio semplice su come attraverso l'interazione e l'inter-retroazione reciproca fra sistemi biologici e ambiente entrambi riescano reciprocamente ad adattarsi. L'auto-adattamento e l'auto-organizzazione del sistema pongono al centro della complessità un altro aspetto importante, quello di *chiusura* di un sistema. Un sistema, sia esso biologico o artificiale, per poter essere organizzato deve avere una sua identità, e l'auto-adattamento può essere ricondotto ad una forma di conservazione del sistema stesso, tuttavia perché sia possibile un'identità è necessario che l'organizzazione del sistema sia chiusa. In effetti il concetto di *chiusura del sistema* è uno degli aspetti più interessanti della complessità. È proprio questo concetto infatti che consente al sistema di far emergere le proprie peculiarità ed il proprio comportamento. L'organizzazione impone al sistema, che costituisce una "complessità organizzata"(von Bertalanffy, 2004), dei vincoli inibendone alcuni caratteri ma permettendo, al contempo, di farne emergere degli altri ed è tramite di esso che la complessità ci induce a dissolvere il particolare nel generale ed il generale nel particolare. In ultima istanza "una struttura (ordine delle parti) e una funzione (ordine di processi)" divengono fondamentalmente un unico elemento all'interno di un sistema complesso adattivo(von Bertalanffy, 2004). Ovviamente il termine *chiusura* non va inteso come *isolamento*, ma come un qualcosa che determina l'identità del sistema stesso attraverso i suoi rapporti con altri sistemi. È proprio questo il "senso originario del termine *complexus*: ciò che è tessuto insieme"(Morin, 2000) e che attraverso questo tessuto costituisce un'unità inseparabile di elementi i quali conservano comunque la propria identità. Un ennesimo stimolo riflessivo è poi venuto dall'evoluzione e dallo sviluppo del neopositivismo logico che ha portato al suo stesso auto-superamento mostrando i limiti dei linguaggi neutri. La logica, in particolare la logica moderna sviluppata da Frege, Boole, Russell, Wittgenstein, Tarski etc, costituisce sicuramente un linguaggio neutro e formale estremamente potente, flessibile ed in grado di fornire modellizzazioni accurate di un numero molto vasto di fenomeni e di rettificare il nostro pensiero sequenza dopo sequenza. Questo potente strumento era stato considerato da molti come *il mezzo* attraverso cui giungere a conoscenze necessarie e certe, ovvero era considerato come una sorta di strumento di purificazione del pensiero. Tuttavia la stessa evoluzione della logica e della matematica hanno dimostrato come i linguaggi neutri e formali siano incapaci di fornire spiegazioni relative a numerosi fenomeni, in primo luogo a se stessi.

Il teorema di Godel e la logica Tarski forniscono ad esempio la dimostrazione che nessun linguaggio formale può spiegarsi autonomamente e che nessun sistema formalizzato può trovare in se stesso la propria completa spiegazione.

2.1.5 Modellizzazione e complessità

Appare chiaro come i sistemi complessi mal si prestino ad essere schematizzati attraverso linguaggi formali e neutri in virtù di tutto quanto fin ora esposto. Non solo infatti lo sviluppo, e quindi l'identità, di un sistema complesso non è predeterminabile, e quindi non è formalizzabile in un dato codice, ma, rinunciando ad un punto di vista assoluto, viene meno anche la possibilità di descrivere i fenomeni con un linguaggio neutro, infatti l'osservatore, integrandosi nel sistema, avrà di questo sempre e comunque una visione imparziale.

Ciò che è complesso, ciò che è tessuto insieme non può inoltre essere esaustivamente descritto attraverso i linguaggi formali a causa della sua stessa natura.

I sistemi complessi, poiché composti da parti che, pur nell'unità del proprio tessuto, mantengono la propria identità e intrattengono fra di loro e con in tutto interazioni basate sulle proprie logiche, obbediscono infatti a leggi *dialogiche* più che alle leggi della logica. Il termine *dialogico* si riferisce qui proprio alla presenza di due logiche all'interno dello stesso tessuto complesso, la logica di ciò che è particolare e la logica di ciò che è generale. La natura *uniduale* di ciò che è complesso non può dunque essere descritta con un linguaggio neutro e formale, poiché le contraddizioni intrinseche alla sua duplice natura ed alla sua duplice logica ne minerebbero la coerenza. Attraverso questo concetto, la complessità apre la strada al pensiero *multidimensionale*, ovvero ad una forma di pensiero in grado di accogliere in sé la duplice natura della complessità e le contraddizioni in essa intrinseche e di non dissolvere ciò che è generale in ciò che è particolare e viceversa (Morin, 1988).

Il superamento della concezione *rappresentativa* della scienza, della ricerca di un punto di vista *archimedeo*, dell'uso dei *linguaggi neutri* e la conseguente rivalutazione del ruolo dell'*osservatore* ha condotto inoltre a ridefinire i metodi di indagine scientifici all'interno della prospettiva della complessità. Questa è infatti caratterizzata da un metodo di indagine di tipo "*bottom-up*", in contrapposizione all'approccio "*top-down*", tipico del neo-positivismo e di altre correnti epistemologiche. Con il termine *top-down* si indica un modo di procedere che va «dall'alto al basso» nell'attività di modellizzazione di un sistema, ovvero un metodo che si propone di creare modelli del

sistema in base alla conoscenza globale che abbiamo del modello stesso: comportamento, metodi di funzionamento, caratteristiche ecc. Significa, in altre parole, studiare un sistema “partendo dalla riproduzione della sua competenza e trascurando, almeno inizialmente, i dettagli relativi alle prestazioni delle singole componenti” (Tinti, 1998). Di contro un modo di procedere «dal basso all’alto» indica, al contrario, la costruzione di un modello di un sistema in base alla sua conoscenza locale: l’analisi delle sue componenti e delle loro forme di interazioni, l’analisi delle leggi e delle logiche cui queste obbediscono, ecc. Langton chiarisce la differenza fra questi due metodi attraverso il seguente esempio: “le equazioni di Navier-Stokes descrivono la dinamica dei fluidi con eccellente approssimazione; tuttavia questa descrizione viene calata sul sistema “dall’alto”, nel senso che tali equazioni si applicano solo al sistema nel suo insieme: le singole componenti non ubbidiscono ad esse. La dinamica di un fluido può però essere descritta anche in termini di urti tra le sue particelle; partire dalle leggi di tali interazioni locali, per costruire il modello di un fluido, è un esempio di approccio «dal basso all’alto», approccio che ha il vantaggio di essere decisamente più aderente al modo in cui un sistema è organizzato in natura” (Tinti, 1998).

2.1.6 Il principio ologrammatico

Lo sviluppo della genetica e delle scienze biologiche ha inoltre costituito lo spunto riflessivo che ha condotto alla generazione di un altro concetto peculiare della complessità: il principio *ologrammatico*.

L’ologramma è un’immagine fisica la cui struttura è caratterizzata dal fatto che in ogni suo punto è presente la quasi totalità dell’informazione dell’insieme che l’immagine, nella sua interezza, rappresenta. L’analogia con il genoma, contenuto in tutte le cellule del nostro corpo, è intuitiva. Naturalmente in ogni cellula è presente l’intera informazione genomica, ma solo una sua piccola parte viene espressa, mentre il resto viene inibito, ed è proprio questo che determina l’identità e la struttura della cellula intesa come sistema *chiuso*. Questa analogia non solo si rapporta a quanto prima esposto relativamente al concetto di chiusura del sistema, ma mostra anche come ed in che modo la complessità consideri la parte nel tutto e il tutto nella parte. Attraverso i concetti qui esposti appare chiaro come una prospettiva complessa determini la crisi dell’idea cartesiana di chiarezza, intesa come separazione netta e chiara fra le idee.

2.1.7 Epistemologia della complessità

Riassumendo, potremmo a questo punto affermare che la complessità è una corrente gnoseologica che propone una nuova prospettiva epistemologica per “lo studio interdisciplinare dei sistemi complessi

adattivi e dei fenomeni emergenti ad essi associati” (Tinti, 1998). Rimane da definire cosa si intenda con il termine “sistema complesso”. Con “sistema” ci si riferirà qui alla definizione fornita da Bertalanffy, secondo la quale “un sistema può essere definito come un complesso di elementi interagenti”. Il termine interazione indica una relazione tale che gli elementi, p , del sistema “sono connessi da relazioni, R , in modo tale che il comportamento di un elemento p in R è differente da quello che sarebbe il suo comportamento rispetto ad un’altra relazione R^l . Se i comportamenti in R ed R^l non sono differenti, allora non esiste interazione, e gli elementi si comportano indipendentemente rispetto alle relazioni R ed R^l ”.(von Bertalanffy, 2004).

Per quanto concerne la “complessità” di un sistema, sebbene questa, come precedentemente esposto, non possa essere considerata come una proprietà intrinseca ad una determinata tipologia di sistemi, cioè come una proprietà realmente esistente, ma debba essere considerata come una proprietà che l’osservatore attribuisce ad un sistema o ad un fenomeno nel momento in cui ne costituisce un modello, esistono comunque alcune caratteristiche comuni alla maggior parte dei sistemi che vengono definiti complessi.

Le proprietà di questi sistemi ripercorrono i principi e i concetti elencati e descritti all’interno del paragrafo. Generalmente infatti i sistemi complessi sono:

- a) Costituiti da più parti a loro volta più o meno complesse: in generale, più numerosi e complessi sono le parti che compongono il sistema, più complesso è il sistema nel suo insieme. I criteri per stabilire il grado di complessità di un sistema sono oggetto di un dibattito oggi ancora aperto.
- b) Determinati nella loro identità e nella loro globalità dalle interazioni non lineari delle parti che li costituiscono. Da queste dipendono infatti i caratteri emergenti del sistema e il suo stesso sviluppo. Questo aspetto rende l’evoluzione e lo sviluppo del sistema non determinabile a priori. Secondo Atlan “un sistema complicato è un sistema di cui comprendiamo la struttura e i principi di funzionamento. Al contrario, il sistema complesso sarebbe quello di cui abbiamo una percezione globale, nei termini della quale possiamo identificarlo e qualificarlo, pur sapendo di non comprenderlo nei suoi dettagli”(Atlan, 1985). Anche la quantità di interazioni e di inter-retroazioni costituiscono, in generale, uno degli indici per la misura del grado di complessità del sistema. Murray Gell-Mann, tra i padri dell’idea di complessità nelle hard sciences, propone un concetto di complessità esprimibile in termini di elaborazione dati e decisione tra opportunità alternative: “A measure that corresponds much better to what is

usually meant by complexity in ordinary conversation, as well as in scientific discourse, refers not to the length of the most concise description of an entity, but to the length of a concise description of a set of the entities regularities”(Gell-Mann, 1995).

- c) Privi di una gerarchia accentrata su uno o pochi elementi. La presenza di una componente dominante o di un gruppo di componenti dominanti all'interno di un sistema complesso renderebbe il suo comportamento prevedibile e priverebbe le sue parti della possibilità di interagire in modo non lineare e, dunque, della capacità di ogni singola parte di influenzare il tutto.
- d) “Ologrammatici”, ovvero costituiti in modo tale che in ciascuna componente siano presenti informazioni relative al sistema nel suo insieme.
- e) Adattivi, ovvero capaci di forme interazione adattiva con l'ambiente: il sistema è tanto più complesso, quanto più numerosi sono i fattori che influiscono sul suo adattamento all'ambiente.
- f) Dialogici, dotati cioè di dinamiche risultanti dall'interazione di logiche differenti.
- g) Autopoietici, in grado cioè di autodeterminare il proprio sviluppo.

Potrebbe sembrare a questo punto che la complessità sia più un problema che una soluzione. Reintegrando il caso, l'indeterminazione, la contraddizione e la molteplicità dei punti di vista e l'incertezza all'interno della scienza essa sembra infatti assumere una connotazione negativa. Tuttavia sono proprio questi aspetti a costituirne l'essenza produttiva, essi spingono infatti verso un nuovo pensiero scientifico in grado di riappropriarsi di questi elementi e di fornire un nuovo metodo di indagine. Ovviamente non esiste una singola risposta a queste problematiche e per questo la complessità va intesa nei termini di una *sfida* a cui rispondere con metodi e con strategie che tengano conto dei suoi aspetti e delle problematiche da essa delineate.

È inoltre necessario precisare, prima di terminare questo paragrafo, che la prospettiva complessa non rinnega i progressi della scienza moderna, quanto piuttosto ne contesta l'assunto che ciò che non sia formalizzabile o quantificabile cada al di fuori del dominio scientifico. La posizione della complessità è dunque quella di spingere l'analisi scientifica a comprendere ciò che non è formalizzabile e quantificabile, riconoscendo agli elementi che si sottraggono a questi concetti lo statuto, non di refusi a-scientifici, tipici, per la scienza moderna, degli ambiti umanistici, ma di elementi necessari per un'ulteriore maturazione della nostra conoscenza e per la progressione della scienza in generale.

2.1.8 Complessità ed educazione

L'influenza del *pensiero complesso* (Morin, 1993) all'interno della filosofia dell'educazione e, più in generale, all'interno della pedagogia e della didattica è stata enorme. Non riesce infatti difficile immaginare il sistema educativo-formativo come un sistema complesso. Gli elementi peculiari della complessità sono facilmente rinvenibili al suo interno. Questo si configura infatti come costituito da parti numerose e a loro volta complesse (insegnanti, allievi, contesto locale, culturale, sociale, spazi fisici, legislazione etc) che interagiscono in modo non lineare (cambiamenti anche piccoli possono infatti generare cambiamenti globali con estrema velocità e facilità) e che obbediscono a logiche differenti.

La complessità ha ridefinito così le basi dell'educazione caratterizzandola come una scienza lontana dal concetto di controllo e di trasmissione di informazioni ed enfatizzandone l'aspetto di interdisciplinarietà e di educazione inteso nel suo senso etimologico di e-ducere (trarre fuori).

L'epistemologia della complessità ha condotto quindi le teorie dell'educazione in una direzione opposta rispetto a concetti quali "certezza", "ordine" e "prescrizione" ridefinendo le finalità stesse del sistema educativo-formativo. Questo, a lungo caratterizzato in passato da un orientamento volto a "trasmettere conoscenze che sarebbero state utili per tutta la vita", si è così trovato, con il venir meno della concezione di conoscenze immutabili e la diffusione di altri canali di erogazione delle informazioni (internet, televisione, riviste e giornali), a dover riconsiderare le proprie finalità e la propria identità. Si è quindi imposta "la necessità di un ripensamento della scuola e di una ridefinizione dei 'saperi' o delle 'competenze fondamentali'" (Calvani, 2007). L'influenza della complessità sul mondo dell'educazione e della formazione ha così condotto alla ri-affermazione della centralità degli studenti, dell'apprendimento esplorativo ed esperienziale, dell'apprendimento non-lineare, del concetto di apprendimento come attività adattiva e ha generato un rifiuto netto delle prescrizioni rigide e della programmazione lineare conducendo così le teorie dell'educazione a focalizzare la propria attenzione sul processo piuttosto che sul contenuto dell'apprendimento. Assistiamo al passaggio da un'educazione volta alla formazione di "teste ben riempite" ad un'educazione volta alla generazione di "teste ben fatte", al passaggio cioè da una scuola nozionistica, orientata alla trasmissione di informazioni e di nozioni, ad una scuola che favorisce le strategie di problem-solving, i processi di concettualizzazione ed il pensiero critico. In tale prospettiva i confini disciplinari si dissolvono e lasciano il passo ad aree di conoscenza interconnesse, fluide, permeabili e

dai confini sfumati. Anche il metodo di indagine delle scienze dell'educazione e della formazione ovviamente è stato profondamente influenzato dall'adozione di questa nuova prospettiva epistemologica e ha fatto proprio il modello bottom-up della complessità, creando così metodi di analisi che, consci dell'inscindibilità del tessuto del proprio insieme e dell'irriducibilità del particolare al generale e del generale al particolare, si distanziano dalle generalizzazioni e dalle astrazioni assolute. Rimane da chiedersi se l'applicazione di questi concetti derivati dallo studio dei sistemi complessi in altri settori scientifici possa effettivamente essere in grado di generare strategie didattiche di risposta ai problemi posti dalla complessità. A tal proposito, possiamo rintracciare nell'*enattivismo* e nel *costruttivismo* strategie educative e formative che possono essere ricondotte ad espressioni della complessità, tuttavia si intende qui focalizzare l'attenzione sulle possibili strategie, applicabili in campo didattico, derivabili dal concetto di *semplicità* sviluppato da Alain Berthoz, perché non si pone in una posizione paradigmatica, ma costituisce uno strumento concettuale flessibile.

2.2 Semplicità

Le strategie e i metodi elaborati in numerosi ambiti scientifici nel tentativo di ricondurre la complessità alla semplicità sono generalmente “destinati a evitare la follia collettiva e individuale dovuta all'impossibilità, per il nostro cervello, di elaborare l'immensa quantità di informazioni necessarie per vivere, agire e comprendere”(A. Berthoz, 2011). La citazione di Berthoz richiama immediatamente l'idea di complessità esprimibile in termini di elaborazione dati e decisione tra opportunità alternative (citata in precedenza) sviluppata da Gell-mann.

Attualmente l'attività di semplificazione è ravvisabile in una vastissima gamma di discipline, dalla sociologia alla giurisprudenza, dalla didattica all'informatica, e la ricerca di metodi o di principi di semplificazione sembra costituire uno degli elementi caratterizzanti dell'attività scientifica contemporanea. *Semplice* diviene così sinonimo di *moderno*.

Con il termine *semplicità* ci si riferisce qui all'assenza di complessità. Il lemma indica infatti ciò “che è costituito di un solo elemento e non può risolversi perciò in ulteriori componenti”(<http://www.treccani.it/vocabolario/tag/semplice/>) e, sebbene condivida con la voce “complessità” la stessa radice etimologica, appare evidente come i due termini siano fra loro in netta contrapposizione. Un processo di semplificazione difficilmente potrà quindi rappresentare una strategia efficace per affrontare la complessità. Questa non può infatti essere ricondotta alla semplicità senza essere snaturata e senza perdere le proprietà che la caratterizzano. Tale strategia ha inoltre un prezzo ed il suo

prezzo è l'incapacità di comprendere globalmente i fenomeni studiati e la generazione di ulteriore complessità. Ciò che non è spiegabile attraverso un insieme semplice di regole genera infatti ulteriori modelli di semplificazione, che, a loro volta, non potranno dare spiegazione di ciò che è complesso se non attraverso la generazione di ulteriori modelli o la loro interazione, che a sua volta genera altri modelli. Si assiste così al proliferare senza fine di una complessità accessoria ed inutile.

La semplicità dunque non costituisce una via percorribile per la soluzione delle problematiche suscitate dal *pensiero complesso*, eppure il costante tentativo degli esseri umani di trovare scorciatoie semplici è indicativo del loro bisogno intrinseco di semplicità, di modi di comprendere la complessità attraverso insiemi di regole semplici o attraverso metodi semplificativi. È necessario però precisare che un approccio complesso non prescrive, in effetti, un netto abbandono della ricerca di insiemi generalizzabili e semplici di regole, ma ammonisce a non racchiudere completamente in essi la nostra concezione della conoscenza. La natura dialogica della complessità potrebbe forse essere intesa non solo come unione delle logiche del generale e del particolare ma come unione delle logiche del semplice e del complesso stesso e come accettazione delle contraddizioni che da queste derivano all'interno di un singolo modello. La *semplicità* è, in questo senso, una mediazione fra il semplice ed il complesso, è la ricerca di strategie che consentano di fronteggiare la complessità tramite principi e insiemi di regole che, seppur semplici, non perdano mai di vista la natura complessa del proprio oggetto. La semplicità è "complessità decifrabile, perché fondata su una ricca combinazione di regole semplici" (A. Berthoz, 2011). Le musiche di Boulez, di Dusapin o di Bach, ad esempio, sono semplici poiché danno "l'impressione della complessità, mentre in realtà seguono una logica rigorosa".

Sebbene il termine *simplicity* costituisca un lemma già comunemente adottato da numerose discipline (geologia, economia etc) fin dagli anni Cinquanta, il concetto di semplicità qui esposto nasce e si sviluppa ad opera del biologo francese Alain Berthoz, all'interno di studi relativi alle proprietà ed ai principi che regolano l'agire degli organismi viventi. Per l'autore la semplicità è "prima di tutto ed essenzialmente una proprietà degli organismi viventi". Il termine indica una strategia biologica necessaria per la sopravvivenza in un mondo essenzialmente complesso. Ne è espressione, ad esempio, il nostro bisogno di semplificazione che si fonda sulle strategie *semplicitrificatrici* che il sistema cerebrale mette in atto per trovare soluzioni e principi semplificativi che gli consentano di rapportarsi alla complessità del reale. Queste soluzioni consentono, ad esempio, al cervello di elaborare molto rapidamente ed efficacemente, attraverso il ricordo dell'esperienza passata e la simulazione del futuro, situazioni anche molto complesse. In mancanza di queste strategie il nostro cervello si troverebbe nella

condizione di non avere una potenza computazionale sufficiente ad elaborare la situazione in cui si trova immerso e di conseguenza l'organismo soccomberebbe alla complessità. Tali soluzioni non snaturano la complessità del reale, “non sono né caricature, né scorciatoie, né riassunti” e, inoltre, “possono comportare una serie di deviazioni, un'apparente complessità aggiuntiva”. Ogni organismo vivente trova infatti “una serie di semplificazioni anche in funzione della propria *Umwelt*, cioè in funzione dei propri rapporti personali con l'ambiente” che gli consente, sia a livello individuale che di specie, di affrontare la complessità in modo efficace ed efficiente e di sopravvivere in un universo essenzialmente complesso. Le strategie di semplificazione derivanti dal concetto di semplicità non sono però *semplici*, esse, tendono a rendere relativamente semplice l'interazione con il reale, senza per questo tentare di semplificare il reale stesso, attraverso una serie di meccanismi e di capacità quali l'inibizione, la selezione e l'immaginazione a loro volta complesse. In sintesi Berthoz individua, negli organismi viventi, una serie di “Simplifying Principles Decreasing Neurocomputation Time and Complexity”(A. Berthoz, 2009).

La proposta di Berthoz si fonda in sintesi sull'assunto che le soluzioni semplificative trovate dagli organismi viventi per fronteggiare la complessità possano essere considerate valide e applicabili non solo nel campo della biologia ma in numerosi settori dello scibile umano.

Gli organismi viventi presentano infatti tutte le caratteristiche tipiche dei sistemi complessi adattivi e considerando che esistono “principi e leggi che si applicano a sistemi generalizzati o a loro sottoclassi, indipendentemente dal loro genere particolare, dalla natura degli elementi che li compongono e dalle relazioni, o “forze”, che si hanno tra essi”(von Bertalanffy, 2004) e che esistono “delle corrispondenze tra i principi che governano il comportamento” (von Bertalanffy, 2004) di specifiche tipologie di sistemi, a prescindere dalle differenze relative alle loro componenti, risulta lecito aspettarsi che, i principi identificati da Berthoz, che descrivono il modo in cui gli organismi viventi si adattano alla complessità del reale, possano essere utilizzati per studiare lo sviluppo ed il comportamento dei sistemi complessi adattivi in generale, e, quindi, anche del sistema educativo/formativo che è, anch'esso, un sistema complesso adattivo.

Nel delineare una bozza del concetto di semplicità, l'autore elenca una serie di proprietà comuni alla maggior parte degli esseri viventi, quali *la separazione delle funzioni e la modularità, la rapidità, l'affidabilità, la flessibilità e l'adattamento al cambiamento, la memoria e la generalizzazione*, da cui

deriva una serie di principi, costitutivi del concetto di semplicità, utili per la creazione di strategie atte a fronteggiare la complessità.

I principi identificati da Berthoz sono:

1. Il principio del rifiuto e dell' inibizione.

L'inibizione è un meccanismo utilizzato dal cervello per aumentare la velocità necessaria ad operare una scelta, una selezione, in una situazione complessa. È tale abilità che ci consente di inibire comportamenti e strategie cognitive primitive. Si potrebbe dire che “pensare significa inibire e disinibire, che creare sia inibire alcune soluzioni automatiche o apprese, che agire sia inibire tutte le azioni che non compiamo”. L'inibizione è il rifiuto degli esseri viventi di perdersi in un ambiente complesso, è una strategia di sopravvivenza e di adattamento.

2. Il principio della specializzazione e della selezione.

Prima di introdurre questo principio è necessario fornire una breve descrizione del concetto di umwelt su cui esso si fonda. Tale concetto si basa sulla teoria gnoseologica secondo la quale la percezione non si riduce “ad un'a-stratta riproduzione o duplicazione interna di un oggetto esterno secondo una determinata conformazione spaziale corrispondente alle strutture spaziali delle reti nervose, ma si gioca nelle cose stesse, in quanto è selezione, costruzione e processo di significazione del reale: l'oggettività del reale è il prodotto di una costruzione che ha il suo radicamento nei processi sensibili e corporei legati agli organi delle diverse specie animali”. Il senso delle “cose” del mondo reale non andrebbe più quindi cercato all'interno delle cose stesse, ma nell'interazione che si stabilisce fra la biologia del soggetto percepente ed il reale. Un tavolo, ad esempio, può assumere significati differenti a seconda del sistema biologico del soggetto che lo percepisce. Per un essere umano, un tavolo potrà quindi rappresentare un piano di appoggio, mentre per una mosca una pista di atterraggio. Un altro esempio può essere costituito dal colore. Sappiamo, infatti, che i fenomeni percettivi da noi chiamiamo colori sono determinati da differenti frequenze di rifrazione della luce degli oggetti, la rifrazione da però luogo al “colore” solo nell'interazione con il nostro sistema visivo. Di per se, quindi, un oggetto non è rosso o blu, lo diventa in relazione ai nostri sensi.

Questo concetto dinamico e interattivo, che costituisce la base e il presupposto dell'intersoggettività, è definito Umwelt(A. Berthoz, 2008).

Von Uexkull, che per primo utilizza questo termine per distinguere il mondo-ambiente, portatore di significato (Bedeutungsträger), dall' Umgebung, ambiente neutro, privato delle

caratteristiche significative per chi vi interagisce, afferma "Mondi percettivi ed effettori insieme formano una unità chiusa, l'Umwelt"(von Uexküll & Kriszat, 1934).

Il principio della specializzazione e della selezione parte dall'assunto che ciascuna specie agisce in funzione del proprio Umwelt e si basa sulla tesi che tale concetto possa essere generalizzato ed applicato alle funzioni cognitive e alla decisione in generale. La decisione può infatti essere considerata come una scelta o selezione di informazioni del mondo che siano pertinenti rispetto ai fini dell'azione.

La selezione si inquadra quindi in una prospettiva dove "un organismo vivente autorganizzato, autonomo, proietta sul mondo le proprie intenzioni e le proprie ipotesi" con la consapevolezza che "la selezione delle informazioni prelevate sul mondo è legata a propria volta alla specializzazione".

3. Il principio dell'anticipazione probabilistica.

Questo principio si fonda sulla doppia strategia, ricordo/anticipazione. Negli esseri viventi questa doppia funzione è consentita dalla memoria, questa, infatti, permette di prevedere le conseguenze della situazione attuale attraverso il suo confronto con le esperienze passate. Il principio dell'anticipazione è dunque fondato sulla memoria e implica un funzionamento probabilistico.

Oggi infatti "i ricercatori che operano nell'ambito della psicologia e delle neuroscienze utilizzano i modelli derivati dalla formula del reverendo Bayes, che lega a priori esiti della memoria del passato a probabilità riguardanti gli eventi futuri".

4. Il principio della deviazione.

La deviazione costituisce una delle principali strategie che gli esseri viventi, e più in generale, i sistemi complessi mettono in atto, attraverso differenti meccanismi, per facilitare la risoluzione dei problemi. Questo principio implica una deviazione dal semplice, a volte anche attraverso una complessità accessoria, per raggiungere la soluzione di un problema o per semplificare fenomeni complessi. Ne costituisce un esempio la tecnologia in generale. Questa è infatti spesso utilizzata per risolvere problemi. Un'automobile, ad esempio, risolve il problema di doversi spostare da un punto A ad un punto B in modo semplice, tuttavia la progettazione e la costruzione di una macchina non è certamente un compito facile. L'ideazione di una tecnologia come l'automobile implica studi e tecniche che costituiscono una complessità accessoria, ma, una volta realizzata, essa consente di risolvere in modo semplice i nostri spostamenti quotidiani.

5. Il principio della cooperazione e della ridondanza.

La selezione e la specializzazione riducono il numero di informazioni che gli organismi viventi sono in grado di recepire dall'ambiente, riducendo così anche il numero di soluzioni disponibili. In un simile contesto "avere più valutazioni di una medesima variabile per contenere il rischio di errore" è sicuramente molto utile. La ridondanza non è dunque un fenomeno negativo, ma una strategia semplice che permette di valutare una medesima variabile da punti di vista differenti. Alla base della ridondanza delle informazioni vi è la cooperazione. Ad esempio, negli esseri viventi, la ridondanza è determinata dalla cooperazione dei sensi, che forniscono informazioni differenti rispetto alla medesima variabile.

6. Il principio del senso.

Per un organismo vivente la semplicità diviene, grazie a tutti i principi elencati, "ciò che dà senso alla semplificazione, visto che le soluzioni semplici sono guidate da un'intenzione, da un fine, da una funzione". Il concetto di semplicità, quindi, ridefinisce il processo di attribuzione del senso fondandolo sull'atto intenzionale o desiderato. La teoria della semplicità è quindi una teoria del senso.

L'insieme di questi principi definisce il concetto di semplicità che si configura come una strategia di sopravvivenza, di adattamento e di semplificazione messa in atto dagli organismi viventi per fronteggiare un mondo essenzialmente complesso. In tal senso, l'applicazione di questi principi in campo didattico permetterebbe "di individuare possibili *"deviazioni"* metodologiche che consentano di *"organizzare con originalità, eleganza e creatività"*(A. Berthoz, 2011) la complessità propria dei processi di insegnamento apprendimento"(M Sibilio, 2012c).

La semplicità è dunque "un modo di vivere con il proprio mondo. È eleganza piuttosto che sobrietà, intelligenza piuttosto che fredda logica, sottigliezza piuttosto che rigore, diplomazia piuttosto che autorità. La semplicità è raffinata, anticipa più di quanto reagisca, impone le proprie leggi e le proprie griglie interpretative, è tollerante. È adattamento piuttosto che normativa o prescrittiva, probabilistica piuttosto che deterministica. Tiene conto del corpo commosso quanto della coscienza lucida; tiene conto del contesto. La semplicità è intenzionale, rispetta l'energia ma, a volte, ne consuma. Tiene conto del tempo vissuto, parte dal soggetto, permette il cambiamento del punto di vista, la creazione, autorizza la tolleranza che è opinione padroneggiata"(A. Berthoz, 2011).

2.2.1 Semplicità, complessità e didattica.

Il testo che segue è una sintesi parziale degli interventi del professore Maurizio Sibilio tenutisi a Parigi in occasione di due seminari dal titolo “Simplexité en didactique.” e “semplicità didattiche”.

I seminari si sono tenuti, rispettivamente il 23 maggio 2012 presso la Fondazione Hugot e il 19 febbraio 2013 presso il Collège de France.

Questi seminari, che hanno rappresentato momenti di riflessione collettiva ed interdisciplinare sul tema della semplicità ed hanno visto la partecipazione, tra gli altri, di Carlo Ossola, Giuseppe Longo, Olivier Houdet, Alain Berthoz, costituiscono le tappe di un percorso di ricerca, attualmente in corso, di un gruppo internazionale che è impegnato a definire le linee epistemologiche e metodologiche della possibile declinazione dei principi semplici descritti da Berthoz in differenti campi del sapere, dall’architettura al letteratura, dalla matematica alla didattica.¹

“Il legame della ricerca didattica con la semplicità si instaura nel momento in cui si riconosce al dispositivo pedagogico il carattere di sistema complesso adattivo e che attribuisca a questo sistema le proprietà e i principi che permettono agli organismi – che sono sistemi complessi adattivi - di decifrare la complessità.

In questo contesto, per dispositivo pedagogico si fa riferimento alla accezione di dispositivo proposta da Foucault:

un insieme decisamente eterogeneo che comporta discorsi, istituzioni, pianificazioni architettoniche, decisioni regolamentari, leggi, misure amministrative, enunciati scientifici, proposizioni filosofiche, morali, filantropiche; in breve, il detto ma anche il non detto: sono questi gli elementi del dispositivo, il dispositivo in sé è l’intreccio che si può stabilire tra questi elementi. (Foucault, 2001)

e declinata in campo pedagogico da R. Massa

¹ Si specifica che la sintesi qui riportata nei paragrafi 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3, è stata inserita, previa autorizzazione dell’autore, il professore Maurizio Sibilio, e che gli argomenti trattati saranno oggetto di una pubblicazione attualmente in corso di stampa.

L'educazione è un dispositivo. Essa consiste cioè in un insieme strutturato di componenti dimensionali che svolge una propria azione rispetto a molteplici livelli di riferimento(Massa, 2000)

Per quanto riguarda la definizione di sistema complesso adattivo, si fa invece riferimento a Gell-Mann:

Examples on Earth of the operation of complex adaptive systems include biological evolution, learning and thinking in animals (including people), the functioning of the immune system in mammals and other vertebrates, the operation of the human scientific enterprise, and the behavior of computers that are built or programmed to evolve strategies for example by means of neural nets or genetic algorithms. Clearly, complex adaptive systems have a tendency to give rise to other complex adaptive systems.(Gell-Mann, 1995)

Occorre, inoltre, considerare come, sul piano epistemico, nell'oggetto della didattica siano comprese sia le interazioni che si realizzano nel processo di apprendimento - insegnamento, sia il processo di apprendimento in sé, che è un processo biologico, regolato in quanto tale da principi semplici.

Il rapporto semplicità – processo di apprendimento-insegnamento si fonda, dunque, su due livelli distinti e complementari:

1. un livello analogico, in cui le proprietà e i principi che regolano un sistema complesso, l'organismo, vengono attribuiti su base analogica ad un differente sistema complesso, il dispositivo pedagogico.
2. un livello biologico, in cui, riconosciuta la natura biologica del processo di apprendimento (che concerne la didattica sul piano epistemico), si configura naturalmente l'opportunità di indagare i principi semplici da cui il processo è regolato”.

2.2.2 Livello analogico

Nell'ambito degli studi in campo pedagogico-didattico, la tendenza alla transdisciplinarietà sembra essersi abbastanza diffusa negli ultimi decenni in ragione di una visione della pedagogia che consideri l'individuo nel suo complesso, aprendo la strada alla realizzazione di contesti transdisciplinari, in cui si creano reti di relazione ad una pluralità di livelli connessi a differenti obiettivi di ricerca.

La comparsa di *isomorfismi* scientifici non rappresenta certo una novità. Concetti, modelli e leggi analoghe hanno spesso fatto la loro comparsa in campi e in domini scientifici fra loro anche molto distanti, in modo assolutamente indipendente. L'esistenza di corrispondenze tra principi che governano il comportamento di entità che sono, intrinsecamente, tra loro molto diverse ha condotto allo studio e alla ricerca interdisciplinare e trans-disciplinare di principi applicabili a "sistemi generalizzati"(von Bertalanffy, 2004).

"La *trans*-disciplinarietà, quale possibilità di trasportare un modello concettuale da un dominio scientifico ad un altro, dipende da due ordini di considerazioni, uno fisico ed uno cognitivo:

1) l'esistenza di comportamenti collettivi universali in sistemi diversi;

2) la capacità dell'osservatore di trovare analogie strutturali in problemi diversi" (Licata, 2010)

Si tratta, in questo secondo caso, di una analogia non immediatamente formalizzabile, e quindi intensiva, in cui la copertura dell'area analogica non è calcolabile, ma definisce piuttosto un *gioco di risonanze cognitive che richiedono al costruttore di modelli una scelta deliberata di senso ed interpretazione*(Licata, 2010; Melandri, 2004).

La necessità dell'uso dell'analogia è quindi di tipo euristico, si pone alla base della possibilità di costruire modelli per la descrizione dei fenomeni didattici, e di formulare previsioni su un sistema ignoto a partire da un sistema noto, che funge da riferimento. (Licata, 2010; Melandri, 2004).

Chiaramente il pericolo derivante da una tale impostazione è relativo alla formulazione di analogie arbitrarie o fuorvianti. Tuttavia tale rischio può essere ovviato attraverso ricerche mirate a verificare non solo la copertura dell'area analogica quanto la trasferibilità dei modelli e dei principi.

Nonostante la difficoltà ad applicare *tout court* all'ambito educativo e didattico i risultati di ricerche effettuate in *setting* controllati, è ormai ampiamente riconosciuto che il ricorso ad una pluralità di prospettive scientifiche disciplinari arricchisce la riflessione sulle modalità attraverso cui interpretare i dati della ricerca educativa, prefigurando nuove prassi di raccolta di informazioni che possano consentire di "*decifrare la complessità*"(A. Berthoz, 2011) delle dinamiche sottese ai processi di insegnamento-apprendimento.

2.2.3 Livello biologico

Le evidenze neuro scientifiche, la cui importanza in relazione alla progettualità formativa è stata già da tempo sottolineata dalla scuola bio-educativa, hanno indicato come l'azione non si limita a reagire all'evento, ma lo anticipa attraverso la simulazione o l'emulazione.

Il ribaltamento di paradigma è doppio.

Da un lato, “la posizione di privilegio di cui il linguaggio e il ragionamento hanno goduto a scapito della percezione e dell’azione è ora demolita.”(Alain Berthoz & Petit, 2003), dall’altro lo stesso meccanismo percezione-azione è stato oggetto di un cambio di prospettiva. Se il punto di vista dell’empirismo classico proponeva uno schema di selezione progressiva centripeta, *bottom-up*, che va dalle sensazioni fino ai concetti, la riflessione fenomenologica e la ricerca nelle neuroscienze hanno indicato come l'azione non si limita a reagire all'evento, ma lo anticipa attraverso la simulazione o l'emulazione.

“Noi basiamo sull’ azione, e non sulla rappresentazione, la nostra concezione dell’attività dell'organismo. La percezione non rappresenta il mondo così com'è, ma lo struttura nella Umwelt. La percezione non è subordinata ad una visione contemplativa della realtà oggettiva. Essa è strutturata per l’azione, la motiva e la prepara.[...] Non vi è alcuna percezione del mondo che non fa riferimento in qualche modo al corpo che agisce. (A. Berthoz, 2009)

Protagonista di questa attività di simulazione è il cervello.

“Le cerveau nous sert fondamentalement à *anticiper* les conséquences de nos propres actions et des actions d’autrui. Cette aptitude à l’anticipation repose sur le fait que le cerveau a développé certains mécanismes biologiques.”(A. Berthoz & J.-L. Petit, 2006)

Il rapporto percezione – azione – cognizione ed il ruolo dell’attività cerebrale sono ben illustrati da Llinas in “I of vortex”:

Any actively moving creature must have a robust strategy for internally referencing the consequences of their comings and goings in a world ruled by simple yet relentless natural selection. This referencing or understanding of the external world comes about through the functional juxtaposing of internally generated sensorimotor images with the sensory-referred properties, or “universals” present in the world outside[...] The properties of this external world, universals, must somehow be embedded into the functional workings or neuronal circuitry of the brain. Such internalization, the

embedding of universals into an internal functionalspace, is one of the essentials of brain function.(Llinás, 2002)

Dal punto di vista didattico, come già anticipato sopra, questo comporta lo sgretolamento della “solidarietà” tra modello della conoscenza (conoscenza come acquisizione-elaborazione di informazioni), e modello didattico e di apprendimento (sequenziale-curricolare) frutto dell’affermarsi delle teorie di stampo cognitivista. “Le cerveau n’est pas un ordinateur : il faut en tirer la conséquence en rejetant (au lieu de l’aménager superficiellement) une conception fonctionnaliste de la pensée en termes de computation symboliques qui relèverait d’une analyse purement logique indépendante de leurs réalisations biologiques.”(A. Berthoz & J.-L. Petit, 2006)

The brain does not actually compute anything, not in the sense of the algorithmic handling of ones and zeros that characterizes Alan Turing’s digital “universal computer” (Turing 1947; Millican and Clark 1996). Our reality emulator acts primarily as the prerequisite for coordinated, directed motricity; it does so by generating a predictive image of an event to come that causes the creature to react or behave accordingly. Such an image may be considered a premotor template that serves as a planning platform for behavior or purposeful action. It may also be considered as the basis from which consciousness, in all living forms, is generated. [...] that we may consider cognition to be not only a functional state, but an intrinsic property of the brain and a neurological a priori, as well. The ability to cognate does not have to be learned; only the particular content of cognition as it specifically relates to the particulars around us must be learned.(Llinás, 2002)

Il cervello umano impone, in direzione top-down, le sue regole di interpretazione dei dati sensoriali. Trasforma il mondo percepito in base alle leggi di simmetria, stabilità, e alle leggi cinematiche derivate da principi di massima fluidità. Queste regole seguono principi di semplificazione che consentono la semplificazione della neurocomputazione per velocizzare l’azione. I principi di semplificazione e i meccanismi utilizzati dagli organismi viventi sono numerosi. Il prezzo di queste semplificazioni è, naturalmente, la riduzione della comprensione che abbiamo del mondo: si crea una Umwelt”.

2.3 Dall'umwelt all'interfaccia

2.3.1 Umwelt

“Non esiste una foresta intesa come un ambiente oggettivamente fissato: esiste una *foresta-per-il-guardiano-del-parco*, una *foresta-per-il-cacciatore*, una *foresta-per-il-botanico*, una *foresta-per-il-viandante*, una *foresta-per-l'amante-della-natura*, una *foresta-per-il-carpentiere*, e, infine, una favolosa foresta in cui Cappuccetto Rosso smarrisce la via” (Agamben, 2002).

Nel passo riportato Giorgio Agamben introduce la sua riflessione sull'ambiente, ricollegandosi alle ricerche zoo-biologiche di Jakob von Uexküll e al “Die GrundbegriffederMetaphysik” di Martin Heidegger, che a sua volta richiama e commentava von Uexküll.

Dove la scienza classica “vedeva un unico mondo, che comprendeva dentro di sé tutte le specie viventi gerarchicamente ordinate, dalle forme più elementari fino agli organismi superiori, von Uexküll pone invece una infinita varietà di mondi percettivi, tutti ugualmente perfetti e collegati fra loro come in una gigantesca partitura musicale e, tuttavia, incomunicanti e reciprocamente esclusivi”. (Agamben, 2002; P. A. Di Tore, 2012)

Il termine utilizzato da von Uexküll per indicare tale “mondo percettivo” è *umwelt*.

La Umwelt include il mondo delle cose nell'ambiente, gli oggetti percepiti, i segnali emessi dagli oggetti e dal soggetto, e le azioni che possono essere eseguite da ciascuna specie. Soprattutto, include, e determina, il significato degli oggetti per ciascun soggetto, nella misura in cui partecipano nelle relazioni di sopravvivenza e nelle relazioni sociali del soggetto (P. A. Di Tore, 2012).

Nel descrivere la umwelt del cane, Uexküll dipinge (letteralmente) una stanza, le cui sedie e i cui piatti in tavola costituiscono elementi significativi nel mondo canino, a differenza dei testi scolastici che sono del tutto irrilevanti. Il cane ha in mente un'idea, un'immagine di ricerca.



Figura 1 - The room in terms of functional tones connected with its object by man (von Uexkull, 1934)



Figura 2 - - The room in terms of functional tones connected with its object by dog (von Uexkull, 1934)

"Tutte le caratteristiche degli oggetti sono infatti nient'altro che i caratteri percettivi che sono attribuiti ad essi da parte del soggetto con il quale hanno una relazione".(A. Berthoz, 2008)

La *umwelt* è, dunque, un concetto dinamico, interattivo che definisce le relazioni tra mondo fisico e organismi viventi, e costituisce la base e il presupposto dell'intersoggettività (A. Berthoz, 2009), un'interfaccia in cui "the significance is conferred by the act of the subject" (von Uexküll & Müller, 2004).

Il soggetto costruisce il suo mondo in accordo alle sue necessità basilari e ai suoi strumenti di azione, in una prospettiva che trova riscontro in Bergson come nella tradizione fenomenologica riconducibile a Husserl e Merleau-Ponty, nel concetto di *enazione* proposto da Varela (F. J. Varela, Thompson, & Rosch, 1992) come nell'idea di *second-order cybernetics* di Von Foerster, fino, su un altro *piano*, ai Mille Plateaux di Deleuze e Guattari.

2.3.2 Umwelt come interfaccia

Alain Berthoz "propone una visione in cui il soggetto naviga nella propria *umwelt* guidato da una serie di principi semplificativi che ottimizzano il processo di percezione – azione e minimizzano, quando non azzerano, la necessità di computazione" (P. A. Di Tore, 2012). Tali principi, in sintesi, attribuiscono al soggetto il ruolo di costruttore attivo della propria *umwelt* e definiscono di fatto la *umwelt* come interfaccia, intesa nel senso classico di ciò che si interpone, tra un soggetto che agisce e una "Umgebung (entourage, ambiente circostante, cerchia) che la nostra *Umwelt* non può incorporare" (Maurice Merleau-Ponty, 2003).

In quest'ottica, i principi semplificativi individuati da Berthoz svolgono la funzione di decifrazione di una complessità misurabile in termini di elaborazione dati e decisione tra opportunità alternative, ricollegandosi alla accezione di complessità argomentata nel passo, già citato, di Gell-Mann (Gell-Mann, 1995).

In altre parole, i principi semplificativi creano la *umwelt* rendendo disponibili all'azione solo quegli elementi dell'ambiente circostante che risultano funzionali, come un sistema operativo che definisca a quali risorse hardware, e con quali modalità, ha accesso un utente. La *umwelt* diviene, in questo senso, un'interfaccia generata dall'interazione dell'ambiente "neutro" (Umgebung) e dei principi semplificativi, che hanno carattere generale, ma che trovano (e determinano) declinazioni molto differenti a seconda dell' "hardware biologico" in cui "girano".

Un'impostazione di questo tipo ha evidenti implicazioni sul concetto di apprendimento: l'apprendimento, quale strategia fondamentale di decifrazione della complessità, è un processo di

adattamento peculiare all'essere vivente, che si sviluppa nella umwelt. "Le abilità cognitive possono essere considerate come il risultato di adattamenti evolutivi ad un comparto estremamente ristretto del mondo come è noto a noi oggi. Ciò ha notevoli implicazioni epistemiche e coinvolge probabilmente la gestione dei conflitti culturali."(Singer, 2009)

I processi di insegnamento / apprendimento si rivelano, quindi, quali sistemi dinamici complessi e adattivi che si distinguono per la loro tendenza a garantire la coerenza globale nella non-linearità delle interazioni, simili, in questo, ad altri sistemi complessi che sono la chiave per comprendere la complessità che si trova in natura. (Prigogine & Stengers, 1984)

2.3.3 "Learning environments as students' umwelten"

In ambito didattico, "la complessità è ravvisabile, in particolare, nelle relazioni non lineari che legano l'insegnamento all'apprendimento, per le quali l'agire didattico appare imprevedibile, caratterizzato da proprietà emergenti, dinamiche, sensibili alle caratteristiche del contesto e fortemente influenzate dalla storia passata dello stesso sistema cui appartengono" (M Sibilio, 2012c).

La umwelt dell'apprendimento (inter)agisce, dunque, come una non-trivial machine.

"A non-trivial machine is mathematically unpredictable because every time it runs a function it changes the state from which the function will run the next time. In this way the next run becomes unpredictable."(Brier, 2008)

La didattica, in questo quadro, si configura come attività volta a definire un orizzonte di senso comune alle Umwelt connesse e ad un tempo incomunicanti che costituiscono il proprio oggetto.

"We should think about learning environments in terms of the students' umwelten, because these contain the structures that students perceive and act towards. It is these umwelten that change as students interact with their peers, teachers, and material structures"(Roth & Lawless, 2002).

2.4 La complessità decifrabile dell'agire didattico

La complessità costituisce certamente una delle teorie epistemologiche più diffuse in ambito pedagogico. La moderna paideia ne ha infatti applicato le proprietà al proprio oggetto di studio, considerandolo come un sistema complesso, e adottandone il metodo di indagine, l'approccio "dal basso verso l'alto" è infatti ravvisabile nelle principali metodologie di ricerca pedagogiche, prima fra

tutte la ricerca-azione. L'assunzione della prospettiva complessa ha portato ovviamente con se le problematiche ad essa connesse.

“Il problema costantemente avvertito dai pedagogisti che si accingono a fare ricerca (anche) empirica non è solo nella giustificazione epistemologica (e nel confronto) degli aspetti empirici e strutturali dell'indagine, quanto dei livelli, sempre complessi, trasversali, contigui degli elementi indagati o implicitamente emergenti e/o presenti. Non solo. Il problema non è tanto nella giustificazione teorica delle premesse e delle scelte strategiche di indagine quanto in una possibile sostenibilità, nella complessità sistemica, dei progetti innovativi proponibili conseguentemente agli esiti della ricerca” (Clarizia, Lombardi, & Quatrano, 2011).

L'influenza della complessità ha portato alla formulazione di più modelli pedagogico-didattici che ne costituiscono un'espressione. Tali modelli sembrano configurarsi come un corpus di conoscenze di cui gli insegnanti devono essere coscienti durante la pratica dell'insegnamento, ma non sembrano fornire alcun principio guida o strategia per fronteggiare la complessità della didattica. La semplicità, di contro, possiede una natura essenzialmente di carattere pratico, poiché si propone come una strategia operativa, e sembra essere in grado di guidare l'azione in un contesto complesso. Con questo non si intende qui affermare che la semplicità possa generare procedure o metodi didattici rigidi, sarebbe assolutamente in contraddizione con i principi della complessità e con la realtà del contesto educativo-formativo, quanto piuttosto che essa possa fornire linee guida, strategie e suggerimenti operativi per l'azione didattica, aspetto assolutamente necessario per la formulazione di teorie dell'educazione efficienti ed efficaci.

Quanto qui esposto parte quindi dalla premessa che possa esistere un “sapere” didattico, assunto che appare ragionevole in virtù dell'esistenza stessa della didattica, ovvero dei metodi di trasmissione di informazione e di formazione che gli esseri viventi applicano da sempre. Pensare altrimenti significherebbe sostenere che tale disciplina sia dominata da una totale imprevedibilità, e ciò implicherebbe che la didattica, intesa come tecnologia e come insieme di metodi a studiare i processi di insegnamento, non potrebbe esistere. Eppure essa esiste da sempre. In altre parole, così come le cellule non si sono evolute per essere studiate dagli scienziati allo stesso modo la pedagogia non esiste per essere teorizzata dai filosofi dell'educazione, ma in virtù di un'esigenza degli esseri viventi, quella di trasmettere informazioni e di formare, ovvero come attività di riflessione sul metodo e sulla tecnologia della didattica in generale. Se accettiamo questi ragionamenti, dobbiamo riconoscere che

possano esistere, e che dunque possano essere ricercati ed individuati, criteri e principi definibili come affidabili. Possiamo allora affermare che scopo della didattica è “la costruzione di ‘famiglie’ situazionali”(Calvani, 2007) e che è proprio questa ricerca di principi e strategie didattiche che fornisce senso ai modelli pedagogici e alle teorie dell’educazione. Una teoria dell’educazione che non abbia dei risvolti nella pratica dell’insegnamento costituisce, in questa prospettiva, una riflessione sterile, fine a se stessa. La paideia moderna non può dunque non tenere conto della reale esigenza che la sostanzia, la necessità di sviluppare metodi di insegnamento. Sposando quindi il pensiero complesso essa deve avviare un processo che partendo dallo studio del sistema educativo-formativo, delle sue proprietà, dei suoi sviluppi, possa determinarne un modello teorico atto a fornire suggerimenti volti al ritorno alla pratica. Lo sviluppo di un circuito *ad arco*, ovvero in grado di risalire dallo studio del sistema ad un modello di questo e capace di ridiscendere dal modello verso il sistema stesso con principi e strategie idonee a guidarlo, a prevederne in parte gli sviluppi, a comprenderlo adattandosi alla dinamicità delle sue proprietà e ad interagire con esso e in esso, rappresenta certamente una necessità per la pedagogia odierna.

Sulla scorta di quanto trattato nel capitolo, viste le traiettorie nient’affatto parallele, ma spesso inestricabilmente intrecciate, che sovrappongono quelli qui definiti come livello biologico e livello analogico, è necessario ribadire come una tale concezione della didattica solleciti la progettazione e la definizione di strumenti che non siano mutuati senza adattamento da altri campi del sapere, ma che nascano tenendo conto della complessità del sistema, e dei principi che lo stesso sistema suggerisce per decifrare tale complessità.

Questo è particolarmente vero nel campo delle tecnologie, dove la ricerca didattica spesso insegue i trend determinati da altri settori e dal mercato stesso, e raramente guida la progettazione e lo sviluppo di tecnologie .

La convergenza succitata tra corpo e tecnologie, alla luce del framework teorico tracciato e dell’idea di deviazione come complessità accessoria risolutiva, sollecitano, nella relazione tra agire educativo e tecnologie, “la definizione di strumenti [...] che consentano di cogliere la specificità e significatività dei percorsi formativi che utilizzano le attività di movimento del corpo per favorire l’azione didattica”(Aiello, 2012).

3 Interfacce naturali e apprendimento

3.1 Premesse: “i fondamenti spaziali del pensiero razionale”

Scopo di questo capitolo è introdurre le interfacce naturali, ovvero lo strumento che costituisce il luogo effettivo di convergenza tra corpo in movimento, manipolazione dei sistemi di riferimento spaziali e interazione uomo-macchina, e indagarne le possibili declinazioni didattiche.

Una analisi esaustiva del rapporto tra spazio, corpo in movimento e conoscenza ci porterebbe troppo lontano dagli scopi di questo testo. Per chiarire dunque la base teorica dei percorsi sperimentali illustrati più avanti, si è ritenuto di affidarsi a due citazioni particolarmente efficaci.

In primis, le parole di Alain Berthoz, descrivono in maniera sintetica la relazione tra spazio e processi cognitivi:

“[...] lo spazio serve in molti modi per semplificare la neurocomputazione, che si tratti della geometria dei neuroni e delle proteine più elementari, dell'utilizzo dell'elica, non solo per il genoma, ma per la ripartizione delle cellule sensoriali sulla coclea, della ripartizione dei segnali in mappe neuronali o in colonne, o ancora della modifica della geometria delle mappe neurali a seconda che la funzione sia sensoriale o motoria.

A questo punto vorrei insistere sull'utilizzo dello spazio per semplificare alcuni processi altamente *cognitivi*. Mi sembra, infatti, che le basi neurali della manipolazione mentale dei sistemi di riferimento spaziali (egocentrati, allocentrici, geocentrici, eterocentrici, spazio vicino e spazio lontano) costituiscano uno dei fondamenti del nostro pensiero razionale e, in particolare, dell'attitudine umana alla geometria, al ragionamento, al cambiamento di punto di vista, al trattamento simultaneo di diversi *punti di vista*, alle ramificazioni logiche.

Mi pare che queste basi neurali rendano possibile, in cooperazione con il cervello delle emozioni, l'interazione con l'altro, l'intersoggettività e anche l'empatia. Per esempio Frances Yates e Mary Carruthers hanno mostrato come, fin dai tempi dei Greci, la codifica spaziale sia utilizzata nella mnemotecnica per riporre o ritrovare gli oggetti, i luoghi, gli eventi, le parole, i concetti, ma anche per individuare combinazioni nuove, inventare storie, creare associazioni. L'architettura è un'altra illustrazione del modo in cui lo spazio ci serve per ordinare i concetti, le idee. Il grande specialista dell'antica Roma John Scheid ha scoperto un manoscritto romano in cui si menziona un percorso nella città destinato a educare le élite romane, e in particolar modo gli stranieri, alle usanze della vita sociale. Il documento contiene massime e raccomandazioni

organizzate secondo la mappa di un percorso nella città di Roma. Ogni capitolo è associato a un monumento o a un luogo importante. Si può supporre che questo metodo di presentazione facilitasse agli allievi la memorizzazione dei contenuti del documento. In altre parole possiamo dire che utilizzare lo spazio non è solo un meccanismo semplice per i sensi, come ho affermato in precedenza; ma è anche uno strumento della semplicità per il pensiero razionale.” (A. Berthoz, 2011)

Per introdurre il concetto di fruibilità didattico-formativa del corpo si fa invece riferimento al testo di Maurizio Sibilio:

“Una possibile utilizzazione di diverse azioni corporee come i gesti, che possono operare separatamente o co-agire, mantenendo distinti i significati che costruiscono dinamicamente, si offre alla didattica come la traduzione operativa di una delle proprietà riconducibili al “paradigma della semplicità”, contestualizzandola ai bisogni dei processi di insegnamento- apprendimento.

L’uso del movimento in ambito didattico è traducibile infatti in azioni capaci di rappresentare proprietà, funzioni e modalità originali capaci di promuovere nel movimento o attraverso il movimento i processi formativi. Il gesto in particolare è la forma più evoluta di specifiche “corporeità didattiche” la cui corretta utilizzazione può favorire l’esito del processo di insegnamento-apprendimento.

La fruibilità didattico-formativa del corpo implica quindi una piena consapevolezza delle sue caratteristiche e delle sue potenzialità, la cui conoscenza esige il diretto svolgimento di specifiche esperienze formative realizzabili solo su piano immersivo, e quindi necessariamente operativo, per attribuire senso al movimento nell’azione didattica”(M Sibilio, 2012a).

La diffusione di Interfacce Naturali, basate su devices che consentono il recupero alla Human Computer Interaction di paradigmi naturali della interazione umana (suono, voce, tatto, movimento), fa saltare il collo di bottiglia delle interfacce grafiche: l’interazione non avviene “attraverso lo specchio” (Carroll, 2012) dello schermo, ma avviene, attraverso il movimento, in relazione ad una *umwelt* aumentata (digitale) che inter-agisce in maniera continua (non discreta) con l’intero corpo dell’utente.

La diffusione massiccia di queste interfacce è legata al mercato video ludico: devices come Kinect, Wiimote, BalanceBoard, PsMove, hanno fatto la loro comparsa unitamente alle game consoles. Prima di procedere con il rendiconto del percorso sperimentale, è dunque necessario aggiungere un ulteriore elemento allo scenario ed introdurre il legame tra videogames e apprendimento e definire il concetto di *exergame*, al fine di poterne illustrare le potenzialità in ambito educativo

3.2 Edutainment

Il termine edutainment coniuga “educational (ciò che è educativo) con entertainment (ciò che è intrattenimento, spettacolo, gioco) definendo così un campo di iniziativa e fondamentalmente di produzione editoriale multimediale”(Infante, 2004). L’idea che sta alla base dell’edutainment è rintracciabile nella storia della nostra cultura a partire da Comenio, passando Huizinga, fino ad arrivare a McLuhan.(Infante, 2004)

La frase di quest’ultimo “Coloro che fanno distinzione tra intrattenimento ed educazione forse non sanno che l’educazione deve essere divertente e il divertimento deve essere educativo” (McLuhan, 2001), costituisce in effetti uno slogan in grado di comunicare il senso più profondo del concetto di edutainment. All’interno delle tematiche trattate da questo filone, un posto di rilievo spetta sicuramente ai videogiochi educativi. Nell’ultimo decennio, infatti, abbiamo assistito al proliferare di prodotti videoludici espressamente ideati e pensati per scopi educativi, addestrativi o didattici, ne sono esempio gli edu-games, i serious-game, e i simulatori di vario tipo e genere. Tale diffusione è sicuramente dovuta a due fattori principali:

- La diffusione del fenomeno videoludico.
- Le potenzialità educative di questa particolare tipologia di media.

3.3 Il fenomeno videoludico

I videogiochi costituiscono il tema centrale di un dibattito pedagogico molto controverso. Generalmente potremmo suddividere i partecipanti in due fazioni: da un lato abbiamo coloro che, difendendo la tradizione didattica, rifiutano ogni possibile implementazione dei videogames per scopi educativi e ne demonizzano l’uso, spesso senza averne una conoscenza approfondita, dall’altra abbiamo chi intravede in questi nuovi strumenti delle enormi potenzialità e se ne fa promotore, a volte in modo assolutamente acritico. Con un buon livello di approssimazione, potremmo affermare che il dibattito sui videogames ripercorre, per grandi linee, il dibattito, ancora aperto, sul possibile utilizzo dei nuovi media e delle nuove tecnologie all’interno dell’ambiente scolastico, riproponendo le posizioni “apocalittiche” ed “*integrate*” che lo avevano caratterizzato.

Che tali tecnologie rappresentino una tematica “scottante” non stupisce se si considera l’entità del fenomeno videoludico e l’impatto che esso ha avuto sulle abitudini dei giovani di età compresa fra i 3 e i 38 anni, in Italia e nel mondo.

Innanzitutto è necessario precisare che l'industria videoludica costituisce un "business" estremamente vasto che può vantare un budget economico superiore anche a quello relativo agli investimenti cinematografici (Tanoni, 2003). Tale fenomeno è ovviamente legato al fatto che gli introiti derivanti dalle vendite dei videogiochi hanno superato, almeno negli U.S.A., quelle relative ai biglietti delle sale cinematografiche. Videogiochi come *Halo 3* o *Call of Duty: Black Ops* hanno guadagnato rispettivamente l'uno 170 milioni di dollari in 24 ore (uno dei maggiori incassi per prodotti d'intrattenimento di tutti i tempi) e l'altro 650 milioni di dollari in cinque giorni². In Italia il fenomeno videoludico sembra essere in costante crescita e benché l'età del videogiocatore medio oscilli fra i 11 e i 24 anni, con una percentuale di circa il 73% di tale fascia di età che dichiara di utilizzare questa tecnologia regolarmente (Tanoni, 2003), l'impiego di tempo, di energie, e di impegno nell'attività videoludica risulta rilevante e significativo anche per le fasce di età più bassa.

Il 18,7% dei bambini di età compresa fra i 3 e i 5 anni considera infatti i videogiochi come uno dei passatempi preferiti, mentre per le bambine appartenenti alla stessa fascia di età la percentuale scende al 9,5%. Tra i 6 e i 10 anni però i videogiochi emergono nettamente con il 70,4% dei bambini e il 39,9% delle bambine che dichiarano di giocare regolarmente e di considerarli come una delle loro attività preferite. Il fenomeno sembra inoltre essere in continua crescita, così come riportato dalle tabelle della fonte ISTAT³, specialmente per queste fasce di età.

Alla luce dei dati forniti risulta chiaro come i videogiochi abbiano effettivamente determinato un cambiamento nello stile di vita dei ragazzi, influenzandone attività e abitudini, e, data l'entità del fenomeno, vengano o meno considerati come potenzialmente fruibili all'interno di contesti scolastici o educativi, essi rappresentano un tema con cui la pedagogia e la didattica non possono fare a meno di confrontarsi.

3.4 Videogames e apprendimento

Alla voce *videogioco*, l'enciclopedia Treccani riporta la seguente definizione "Dispositivo elettronico che consente di giocare interagendo con le immagini di uno schermo". Potremmo quindi definire un videogame come un gioco in cui le regole sono gestite automaticamente da un dispositivo elettronico che utilizza display e monitor per fornire output, essi si presentano quindi, generalmente, come software in cui l'interazione uomo-macchina è basata essenzialmente su interfacce grafiche. Il

²<http://it.wikipedia.org/wiki/Videogioco>

³ Fonte ISTAT. (2008). La vita quotidiana di bambini e ragazzi

videogioco, inoltre, può contenere rappresentazioni di oggetti astratti o riprodotti simbolicamente, e può consentire diverse forme di interazione, attraverso periferiche di input differenti (mouse, tastiera, gamepad, joypad etc).

Generalmente questa tipologia di giochi presenta integrazioni di differenti media tradizionali, immagini, video, audio, testi etc, e consente all'utente di raggiungere livelli elevati di immersione e di interazione con e nei contenuti, il videogioco si presenta dunque come l'iper-media per antonomasia. Alcuni fra i vantaggi offerti dall'utilizzo di una simile tecnologia per scopi formativi e didattici potrebbero essere:

- L'avvicinare gli studenti all'utilizzo dei computers, spesso i videogiochi vengono installati su computer normali, fungendo da agenti attivi per un'opera di alfabetizzazione informatica
- L'aiutare i ragazzi alla comprensione ed alla padronanza di altri media (esistono infatti giochi in cui si interpreta la parte di un regista, o in cui è necessario gestire tempistiche, note, effetti audio etc)
- La creazione di A.V.A. (Ambienti Virtuali di Apprendimento) ad elevato grado di immersività.

Al di là di questi aspetti, i videogiochi potrebbero essere utilizzati per veicolare l'accesso ai saperi in generale, attraverso modalità di apprendimento motivanti, coinvolgenti e, come sarà argomentato di seguito, in grado di valorizzare quei processi che il corpo "mette naturalmente in atto"(Berthoz,2011) per conoscere ed apprendere.

Viene dunque da domandarsi perché una simile strumentazione non abbia già rinvenuto una propria sistematizzazione didattica e pedagogica. La risposta a questa domanda è estremamente complessa. Innanzitutto i videogiochi vengono generalmente visti come "una perdita di tempo" poiché si parte dalla concezione che praticando questi giochi non si apprende "nulla". Queste affermazioni meritano di essere analizzate con attenzione per poter comprendere quanto e se esse siano esatte.

Innanzitutto è necessario partire dalla consapevolezza che i videogiochi non sono tutti uguali. Se pensando a questi, la nostra mente ci riporta a "Pac-man" o a "Space-Invader", siamo totalmente fuori strada, i titoli citati costituiscono infatti gli "antenati" dei giochi moderni e, probabilmente, gran parte degli studenti della scuola primaria e secondaria non li conosce affatto. L'industria dei videogames è progredita in modo estremamente rapido negli ultimi due decenni, grazie soprattutto alla diffusione dei computers e a motivazioni di carattere economico. I prodotti videoludici hanno così raggiunto elevatissimi livelli di complessità, sviluppandosi in filoni differenti e variegati, ognuno dei quali presenta specifiche dinamiche e modalità di gioco.

Esistono infatti numerose tipologie di videogiochi quali ad, esempio, giochi:

- di avventura grafica (Graphical adventure);
- di strategia in tempo reale (RTS, Real Time Strategy);
- di azione (Action), a piattaforme (Platform);
- manageriali;
- Sparatutto (Shoot 'em up);
- Sparatutto in prima persona (FPS, First Person Shooter);
- Sparatutto in terza persona (TPS, Third Person Shooter);
- di sport;
- di ruolo (GdR, Gioco di Ruolo o CRPG Computer Role Playing Game o MMORPG Massively Multiplayer Online Role Playing Game);

e ognuna di queste categorie presenta degli elementi tipici di gameplay, ovvero delle modalità particolari di gioco. Alcune delle categorie video ludiche raggiungono infatti elevati livelli di complessità, nei giochi di ruolo è infatti spesso necessario apprendere come utilizzare differenti items presenti nel gioco, nei giochi di strategia è necessario imparare come gestire risorse e oggetti, nei giochi manageriali è importante comprendere ed imparare a gestire l'interazione fra differenti variabili etc. Giocare a un videogioco complesso richiede, in sintesi, all'utente di *apprendere* regole, meccanismi, dinamiche del gioco stesso e, quindi, di compiere sacrifici in termini di tempo e impegno per raggiungere un risultato, di sopportare e superare la frustrazione che viene dai fallimenti pur di progredire. Capita spesso che ragazzi che non ottengono risultati brillanti a scuola, siano grandi appassionati di videogiochi e impieghino grandi quantità di tempo ed energie nell'attività videoludica. In questi casi la tendenza prevalente è quella "di credere che quando i bambini non vanno bene a scuola e non amano fare i compiti sia perché li trovano troppo difficili. Nulla di più sbagliato: la maggiore causa di disaffezione alla scuola viene dal trovarla noiosa, l'esatto opposto del percepirla come troppo difficile. I bambini, come chiunque altro non vogliono le cose "facili", vogliono le "sfide" e "l'interessante", e ciò comporta "l'impegnativo" (Faggioli, 2011)

Dal quadro delineato emerge come quello che i ragazzi "cercano, e evidentemente trovano, nei videogame non sia certo "spegnere i neuroni"[...]. Trovano coinvolgimento, motivazione, spinta al miglioramento e all'apprendimento di tutto ciò che permette loro di raggiungere lo scopo del gioco, il risultato, anche se costa fatica" (Faggioli, 2011).

Per del comprendere il fenomeno videogaming si rende necessario abbandonare la tendenza, generalmente molto diffusa, che porta a pensare ai videogiochi come a una tipologia di attività piuttosto semplice e considerare come tale attività richieda impegno, energie e, soprattutto, richieda di “imparare”.

L’affermazione secondo cui i videogiochi “sarebbero una perdita di tempo” poiché attraverso il loro utilizzo non si “impara nulla” deve quindi essere intesa non in senso letterale, ma in riferimento ai contenuti dei videogiochi stessi. Spesso infatti sono proprio i contenuti di questi ultimi ad essere posti in discussione, a veicolare l’opinione che utilizzarli rappresenti una “perdita di tempo” o anche un’attività “diseducativa”. Chiaramente nella vita reale le nozioni di matematica, di geometria, di filosofia o di letteratura saranno sicuramente più applicabili e più utili rispetto alla conoscenza, acquisibile tramite l’utilizzo di un videogioco, relativa, ad esempio, a come creare e lanciare un incantesimi, a come combattere mostri o a come respingere invasioni aliene. Tuttavia è necessario innanzitutto tener presente che è possibile sviluppare videogiochi dai contenuti mirati, cioè videogiochi educativi, e, in secondo luogo, che una tecnologia dovrebbe essere considerata in virtù della sua architettura più che in virtù dei suoi contenuti.

Sarebbe quindi opportuno considerare l’architettura stessa dei videogiochi per comprenderne eventuali applicazioni didattico-educative, e, a tal proposito, è sicuramente utile partire dall’analisi delle forme di design che caratterizzano tali prodotti. Analizzando il design e la struttura dei videogiochi è facile rendersi conto di come questi siano sviluppati secondo criteri e principi non estranei alla maggior parte delle teorie educative.

Attraverso l’analisi di questi prodotti il linguista James Paul Gee ha identificato 36 principi relativi all’apprendimento presenti in numerosi videogame. Molti dei principi identificati dallo studioso rispecchiano principi già noti e conosciuti nel campo della didattica e dell’educazione in generale, come ad esempio il learning-by-doing, l’importanza di un apprendimento situato, del feedback, della chiarezza delle regole, etc. La base da cui lo studioso parte è, in sostanza, l’assunto che “when people learn to play video games, they are learning a new *literacy*”(J.P. Gee, 2004). Chiaramente il termine *literacy* non deve essere qui inteso come alfabetizzazione nel senso di saper leggere e scrivere, ma deve essere inteso in senso generale come padronanza di un determinato alfabeto, o, meglio, come padronanza di un determinato dominio semantico. Il processo di alfabetizzazione implica infatti l’essere in grado di comprendere elementi di un dato alfabeto, siano essi simboli, immagini, suoni, movimenti o quant’altro, e di generare attraverso di esso nuove asserzioni che siano dotate di senso all’interno del dominio semantico in cui l’alfabeto in questione viene applicato. Intesa in questi termini

l'attività di alfabetizzazione deve essere non solo in relazione ai linguaggi scritti, ma in relazione a tutti i domini semantici che fanno uso di determinati linguaggi e di determinate sintassi. Matematica, fisica, musica, filosofia, giurisprudenza, etc vanno intese quindi come domini semantici ognuno dotato di proprie regole e propri linguaggi. Essere padrone del dominio semantico della matematica implicherà quindi non solo il saper interpretare e comprendere i simboli matematici, ma anche saperli adoperare, essere in grado di poter produrre algoritmi e modelli che rispettino le leggi della matematica ed essere in grado di sostenere discussioni con altre persone esperte del dominio semantico della matematica. Allo stesso modo gli FPS i TPS i GDR etc., costituiscono domini semantici differenti, dotati di una propria grammatica e di una propria sintassi, e essere padroni di una determinata tipologia di videogiochi implicherà l'essere in grado di riconoscerli, di giocarci, di sostenere discussioni ad essa relative con altri esperti di tale dominio semantico etc.

Ricapitolando, quanto qui esposto trova in una delle affermazioni di James PaulGee la sua più adeguata sintesi:

“Ho voluto sostenere che i buoni videogiochi incorporano nei loro progetti principi di apprendimento efficaci e che [noi educatori] dovremmo usare questi principi, con o senza videogiochi, nelle scuole, nei luoghi di lavoro e altri siti deputati all' apprendimento. In secondo luogo, ho voluto sostenere che, quando i giovani interagiscono con i video-giochi apprendono, e apprendono in modo significativo”(J.P. Gee, 2004).

L'apprendimento attraverso i videogiochi è, per Gee, situato e significativo, perché si fonda non sulla definizione, ma sull'esperienza diretta e sulla simulazione all'interno di specifici domini semantici.

I videogames sembrano a questo punto fornire due principali spunti di interesse per la didattica:

- possono suggerire principi per la formulazione di metodologie didattiche efficaci.
- possono essere utilizzati come strumenti didattici.

Il secondo punto costituisce l'aspetto più pertinente rispetto al presente lavoro di ricerca, tuttavia, al fine di poter utilizzare efficacemente questa specifica tipologia di media in ambito didattico, è necessario procedere con il design e lo sviluppo di videogiochi, nativamente educativi, che non solo rispettino l'architettura dei giochi “complessi”, e quindi i principi identificati da Gee, ma che siano anche in grado di riappropriarsi della dimensione corporea, e di essere quindi espressione dei principi descritti nel capitolo 2. Il primo passo da compiere in questa direzione è la selezione della tipologia di

videogame su cui si intende operare, scelta che in questa sede è ricaduta sulla categoria di videogiochi nota come *exer-games*, una specifica tipologia di videogames la cui peculiarità, come verrà descritto di seguito, è quella di fondarsi su interfacce di nuova generazione, le *natural user interface* o interfacce naturali, che prevedono un elevato grado di coinvolgimento corporeo all'interno dell'interazione videoludica. Gli *exergames*, trovando nel gesto la propria grammatica e nel movimento la propria sintassi, sembrano poter rappresentare un buon punto di partenza per la creazione di videogames didattici o *edu-games* in grado di valorizzare e favorire l'uso della componente corporea per l'accesso ai saperi.

3.5 Interazione continua vs interazione discreta: verso l'interazione enattiva

I nuovi paradigmi della Human Machine Interaction possono rappresentare uno strumento per restituire alle interfacce uomo-macchina la dimensione corporea, rappresentando una strategia semplice (A. Berthoz, 2011) nella costruzione di software didattico, nella consapevolezza che “the degree of physical involvement is the measure of immersion“ in a digital context (Krueger, 1991).

Questa strategia è possibile in virtù della diffusione delle Natural User Interfaces (NUIs), “an emerging computer interaction methodology which focuses on human abilities such as touch, vision, voice, motion and higher cognitive functions such as expression, perception and recall. A natural user interface or "NUI" seeks to harness the power of a much wider breadth of communication modalities which leverage skills people gain through traditional physical interaction (NUIGroup, 2009).

Le NUIs permettono di recuperare alla Human Computer Interaction “principi semplificativi che riducono il numero o la complessità dei processi e permettono di elaborare molto rapidamente informazioni e situazioni, tenendo conto dell'esperienza passata e anticipando il futuro, facilitando la comprensione delle intenzioni senza snaturare la complessità del reale” (A. Berthoz, 2011).

Nello specifico, questi media coinvolgono due aspetti distinti delle connessioni senso-motorie:

1. le componenti dell'input dell'utente relative al movimento sono rappresentative della sua intenzione;
2. l'input dell'utente avviene in rapporto a un ambiente in continua evoluzione.

Il paradigma dei meccanismi di interazione continua che queste due qualità concorrono a costruire può essere definito “interazione enattiva”, con caratteristiche diverse dalla “interazione conversazionale”, discreta, basata sul *point-and-click* delle GUI.(Chow & Harrell, 2011)

L'interazione enattiva coinvolge non solo l'idea di spazio (modifica il rapporto con lo spazio che diventa sensibile), ma anche l'idea di tempo: il movimento, come ha scritto Claire Colebrook

illustrando il concetto dell'immagine-movimento in Deleuze, è “not just a change of place within a whole but a becoming in which the movement is a transformation of the body which moves” (Colebrook, 2002).

Questo tipo di interazione offre la possibilità di realizzare ambienti e strumenti in grado di tradurre nella pratica didattica una concezione della conoscenza e dell'apprendimento che, se sul piano teorico ha riconosciuto il ruolo del corpo in movimento, stenta sul piano operativo a definire metodologie e strumenti utilizzabili nell'attività quotidiana.

Le interfacce naturali comprendono input e output basati sui movimenti, sul tatto, sulla voce, ed evolvono verso un uso efficiente dei sensi nell'interazione con le macchine, capitalizzando le caratteristiche di devices di nuova generazione in grado di rilevare la posizione di punti nello spazio e il movimento.

Ad esempio, Microsoft Kinect, un accessorio della Xbox, è in grado di rilevare i segmenti del corpo di un utente posto di fronte alla telecamera e di utilizzare queste informazioni per spostare un avatar in un videogioco.

Di fatto assistiamo, non nei laboratori del MIT, ma nelle camerette degli studenti delle scuole medie, a forme di HCI (Human Computer Interaction) che vanno al di là della appiattimento sul piano cartesiano che ha caratterizzato finora il fenomeno videogame (S Di Tore, Aiello, Di Tore, et al., 2012).

L'analisi delle potenzialità didattiche delle tecnologie gesture-based si sviluppa a partire dalla consapevolezza che i dispositivi che incoraggiano a toccare, muoversi e ad esplorare sono considerati tendenzialmente interessanti per l'istruzione e la formazione. Il gesture-based computing probabilmente consentirà di prendere il controllo dell'esperienza educativa tramite il corpo e la voce, di trasformare l'agire didattico nei contesti digitali in un'esperienza naturale ed interattiva e di interagire in e con un ambiente aumentato per “manipolarlo”, influenzarlo e trasformarlo in maniera intuitiva (Faiella & Mangione, 2012).

La conoscenza diventa “incarnata” nella corporeità e nella “organismicità” dei soggetti che apprendono e degli ambienti che sinergicamente li includono convergendo sempre più verso l'idea che il corpo possa essere considerato come una delle dimensioni strutturanti e fondanti nella formazione delle architetture della conoscenza e del pensiero (Santoianni, Sabatano, Capasso, Sorrentino, & De Angelis, 2010).

3.6 Exergames

Una delle prime definizioni di exergaming in letteratura è quella proposta da Bogost:

“L'exergaming è la combinazione dei videogiochi con l'esercizio fisico” (Bogost, 2007)

Dal 2007, il concetto di exergame si è poi ampliato in modo da focalizzarsi non solo sullo sforzo fisico quanto piuttosto sull'elemento di novità introdotto dal movimento dell'utente, movimento che avviene nello spazio reale intorno all'utente e non solo nello spazio virtuale del game. I movimenti dell'utente nello spazio reale divengono modalità di input che costantemente ri-definiscono lo spazio virtuale dell'avatar, generando un loop *continuo* che è l'essenza di quella interazione enattiva descritta nel precedente capitolo.

In sostanza, con exergames ci riferiamo a quei giochi che integrano al tradizionale impianto del videogame l'elemento del movimento dell'utente, movimento che viene digitalizzato e reso al gameplay da una serie di controller di nuova generazione, quali il Wiimote e la Balance Board, accessori della console Wii di Nintendo, e il sensore Kinect, nato originariamente come accessorio della console Xbox ed evolutosi come periferica indipendente interfacciabile anche con i personal computer. In questa accezione più ampia, gli exergames ripropongono, nel contesto digitale, le questioni fondamentali della percezione e fenomenologia, confermando come le azioni incorporate all'interno di una interfaccia digitale siano "passaggi fluidi e funzionali tra ambiti fisici e virtuali" (Hansen, 2006).

Il primo utilizzo del termine risale, secondo Wordspy, al 2004. Sinclair (Sinclair, 2011) riporta la citazione di RajuNudhar sul Toronto Star del 20 Aprile.

“Nel tentativo di unire atleti e 'nerd' in maniera assolutamente inedita, la Nextfit, azienda con sede a Toronto, ha introdotto in Canada il primo bici-exergame.

Nella sua forma più semplice, il prodotto è una cyclette che si aggancia ad un personal computer. La bicicletta funge da joystick gigante. È possibile utilizzare il manubrio come controller; [...] i pedali della bicicletta servono come acceleratore. La periferica è dotata anche di simulatori di feedback, in grado di riprodurre sull'intera bici l'effetto 'rumble'” (RajuNudhar, "In hot pursuit of the Holodeck," The Toronto Star, April 20, 2004)

È sempre Sinclair, nell'articolo citato, a far notare come, attualmente, con exergaming ci si riferisca ad una serie di software precedentemente definiti in letteratura con diverse locuzioni che ne sottolineavano aspetti peculiari ma parziali: *Activity promoting video games*(Lanningham-Foster et al., 2006); *Interactive Video Games*(Hoysniemi, 2006); *Exertion interfaces*(Oh & Yang, 2010); (Yang, Smith, & Graham, 2008)

Gli stessi Oh e Yang, nell'articolo citato, riconoscono come l'indagine scientifica su questa particolare categoria di giochi sia "ancora nella sua fase infantile"(Oh & Yang, 2010).

Storicamente, la letteratura ha prima sottolineato le potenzialità degli exergames nell'educazione al benessere ed in particolare nella lotta allo stile di vita sedentario (Chamberlin & Gallagher, 2008); Nell'ambito degli studi legati all'apprendimento motorio, Staiano e Calvert hanno sottolineato una carenza di ricerche specifiche:

"Poiché molti exergame, come DDR (DanceRevolution) o Wii Sports Tennis, richiedono una efficiente coordinazione occhio-mano e occhio-piede, queste attività possono influire positivamente sulle capacità di coordinamento generale. Tuttavia, la maggior parte delle ricerche sull'utilizzo delle tecnologie videoludiche nella coordinazione degli anziani ha utilizzato video-giochi classici (sedentari), non exergames. I videogiochi sortiscono effetti positivi sulle competenze percettivo-motorie, sulla coordinazione occhio-mano, e sull'abilità motoria fine (Drew & Waters, 1986). Tuttavia, allo stato attuale, non vi è nessuna ricerca su questo argomento che riguardi specificamente gli exergames" (Staiano & Calvert, 2011).

Il valore aggiunto dell'exergaming in termini di coinvolgimento dell'utente è stato studiato (e riconosciuto) da Baranowski e Wigdor(Baranowski, Buday, Thompson, & Baranowski, 2008; Wigdor & Wixon, 2011).

Gli exergames, infatti, in quanto giochi complessi, creano un'esperienza di immersione in un ambiente virtuale che accende l'interesse nel gioco. Un apprendimento profondo richiede un impegno esteso e questo impegno è favorito da un processo di immedesimazione, sfida e controllo. Che le abilità acquisite, poi, nell'attività di gaming possano essere trasferite a contesti altri è tema ampiamente discusso in letteratura. Silberman(Silberman, 2009) offre, in uno studio di qualche anno fa, un resoconto complete delle diverse posizioni. Nello specifico degli exergames, la trasferibilità delle competenze è tema affrontato, ancora una volta , da Staiano e Calvert:

“Le competenze che i giovani acquisiscono durante il gioco con gli exergame si trasferiscono ad altre attività, a vantaggio dello sviluppo fisico, sociale e cognitivo. [...] Gli exergame interpretano i movimenti corporei di un giocatore come input associati a significati specifici per il gioco, traslando i movimenti reali nello spazio tridimensionale sullo schermo bidimensionale. Poiché il giocatore di exergame è fisicamente distante dall’avatar sullo schermo, necessita di abilità visuo-spaziali, di coordinazione oculomanuale e di rapidi tempi di reazione per operare con successo nel gioco.” (Staiano & Calvert, 2011).

Un ulteriore spunto, focalizzato sulla didattica speciale, arriva dalla ricerca di Cai e Kornspan (2012), che argomentano come *movement-based games* abbiano la capacità di sostenere l’apprendimento psico-motorio e cognitivo di attività motorie (*motorskills*) per studenti con disabilità. (Cai & Kornspan, 2012)

Una menzione a parte meritano gli studi sulla *Wiihabilitation*, neologismo nato dalla combinazione tra Wii e rehabilitation, tra i quali si citano i lavori di Alankus (Alankus, Lazar, May, & Kelleher, 2010) e di Burke (Burke et al., 2010), che hanno dimostrato l’efficacia del Wiimote (il telecomando-joystick della console Nintendo Wii) nel rilevare i movimenti del braccio per la riabilitazione post-ictus, e di Gerling, in cui vengono discusse le opportunità e le sfide della progettazione di giochi, con un focus particolare sulle attività di equilibrio per giocatori anziani basate sulla Balance Board. (Gerling, Schild, & Masuch, 2010)

A sottolineare il valore aggiunto in termini di motivazione all’apprendimento nello specifico campo educativo ci ha pensato, di recente, Sheehan, ponendo sul tappeto le questioni di carattere progettuale, in un paper non a caso intitolato “The practical and theoretical implications of flow theory and intrinsic motivation in designing and implementing exergaming in the school environment”:

“The intentional design of educationally appropriate video games that require the use of the whole body to play already affords students the personalized experience needed to find balance between the level of difficulty and their skill level. Once that agreement exists, other aspects associated with intrinsic motivation and e creative flow can be attended to (achievable goals, perception of control, prompt feedback, focused concentration, etc.) (Sheehan & Katz, 2012)

L’uso di attività legate all’exergaming nel sistema scolastico ha la necessità di bilanciare le esigenze dello studente con le aspettative curriculari. I ricercatori hanno da poco iniziato a studiare i fattori che

motivano gli studenti a partecipare a tali attività (Staiano & Calvert, 2011). L'ambito disciplinare più attivo, in questo senso, sembra però essere ancora confinato alla sola Physical Education.

“Exergaming and interactive fitness activities could provide the stimulus for engagement to those students who have started to lose interest in more traditional forms of physical activity and reengage them towards lifelong physical activity”(Sheehan & Katz, 2012).

Dalla revisione della letteratura emerge come gli studi sperimentali realizzati finora si siano concentrati sulla valutazione dell'efficacia didattica (in senso ampio) di exergames realizzati per il mercato videoludico, e non di prodotti espressamente pensati per l'utilizzo in ambito educativo, rendendo difficile una stima complessiva delle implicazioni cognitive ed educative dell' exergaming.

Tra le linee guida nella progettazione, si ritiene opportuno recuperare il lavoro di Young, che, già nel 2004, avvertiva l'esigenza di ricondurre la ricerca sui benefici dei videogiochi come ambienti di apprendimento nel quadro generale delle teorie dell'apprendimento:

“Per analizzare i videogiochi come ambienti di apprendimento, è indispensabile guardare con attenzione alle descrizioni qualitative dell'apprendimento in ambienti video ludici alla luce delle teorie sull'apprendimento.

Il punto di vista della psicologia ecologica mette in evidenza i principi sul primato di obiettivi e intenzioni che guidano la percezione-azione entro i limiti del game design e dell'interfaccia utente.

Dal punto di vista ecologico, quindi, il compito della progettazione dei videogiochi, del game design, diventa quello di selezionare obiettivi e di creare di ambienti in cui tali obiettivi possono essere perseguiti in modo ottimale, sfruttando quelle peculiarità che rendono i videogiochi un'esperienza coinvolgente.” (Young, 2004)

La caratteristica peculiare del movimento, inoltre, aggiunge un ulteriore livello di complessità all'attività di progettazione: i meccanismi di rilevamento dell'accuratezza del gesto (Gesture Recognition).

In un lavoro sul riconoscimento dei gesti nella prototipazione di software, Gacem ha individuato due tendenze:

1. La prima tendenza è stata definita dagli autori *Trigger Based*: il software verifica se un determinato gesto è stato effettivamente compiuto.
2. La seconda tendenza è stata etichettata come *Quality based*. Il software verifica se un particolare gesto è stato eseguito *correttamente*.

(Gacem et al., 2011)

Appare chiaro come, nell'ambito considerato da questo lavoro, sia fondamentale valutare la qualità dell'azione eseguita.

3.7 Interfacce enattive

L'interazione continua, enattiva che si verifica negli exergames si riferisce ad un'idea di interazione differente dalla gran parte delle forme di HCI attualmente diffuse. Seguendo Bruner, l'interazione "tradizionale" con l'informazione mediata da computer è basata su una conoscenza di tipo iconico o simbolico. Se, su questi piani, la conoscenza è codificata tramite sistemi di simboli o sotto forma di immagini, sul piano enattivo la conoscenza non è semplicemente mediata dal sistema senso motorio, ma è codificata in forma di risposte motorie e acquisita nell'azione (Bergamasco, 2005).

Il perno concettuale delle interfacce enattive diventa allora il ruolo fondamentale dell'azione motoria nella codifica e nell'acquisizione di conoscenza:

"Enactive Interfaces can be conceived to exploit this direct loop and the capability of recognising complex gestures. Intelligent interfaces recognise the gesture of the user at the beginning of the action and are able to interpret the gestures (in terms of intentions, skills and competence) and to adapt to them in order to improve the users performance"(Bergamasco, 2005).

Su queste premesse, e su queste sfide progettuali, poggia il percorso sperimentale, descritto nel prossimo capitolo, di declinazione in ambito didattico delle interfacce naturali ed enattive, che rappresenta l'ubi consistam del lavoro teorico sviluppato nei capitoli precedenti.

4 Interfacce naturali nella didattica: il percorso sperimentale

Il capitolo è dedicato alla presentazione delle sperimentazioni effettuate, i software qui descritti, la cui sperimentazione è attualmente in corso, sono da intendersi come singole parti di una batteria di mini-giochi o exergames didattici. Lo scopo della sperimentazione è quello di testare l'efficacia di nuove forme di interazione corporea, al fine di analizzare l'applicabilità dei principi esposti nel capitolo due e tre in ambito didattico per scopi formativi ed educativi. I moduli realizzati sono basati su tecnologie low-cost, portatili e non invasive e quindi particolarmente atte ad essere implementate ed adoperate in campo scolastico.

4.1 Il gioco delle forme

Nel 1998 Andy Clark, nel suo famoso articolo "extended mind", affermava:

"Consider three cases of human problem-solving:

- (1) A person sits in front of a computer screen which display images of various two dimensional geometric shapes and is asked to answer questions concerning the potential fit of such shapes into depicted "sockets". To assess fit, the person must mentally rotate the shapes to align them with sockets.
- (2) A person sits in front of a similar computer screen, but this time can choose either to physically rotate the image on the screen, by pressing a rotate button, or mentally rotate the image as before. We can also suppose, not unrealistically, that some speed advantages occurs to the physical rotation operation.
- (3) Sometime in the cyberpunk future, a person sits in front of a similar computer screen. This agent, however, has the benefit of a neural implant which can perform rotation operation as fast the computer in the previous example. The agent must still choose which internal resource to use (the implant or the good old-fashioned mental rotation), as each resource makes different demands on attention and other concurrent brain activity." (Clark & Chalmers, 1998)

Secondo Andy Clark, "la cognizione trascina fuori dal corpo nel mondo circostante"(analysis). L'autore considera la "mente cognitiva" come non situata all'interno del cranio, ma estesa in a tutti gli strumenti e strutture che utilizziamo per svolgere compiti (Quaderni, penne, matite, mouse, etc). Da questa affermazione possiamo rilevare due elementi significativi:

- (1) Come già accennato nel trattare le riflessioni platoniche sull'ergonomia cognitiva, il rapporto negoziale tra mente e medium prescinde dalla dimensione elettronica o digitale.
- (2) Le considerazioni di Clark escludono, o semplicemente non considerano, il ruolo giocato dal corpo in questa supposta estensione mente-medium; ancora una volta si prescinde dall'interfaccia.

Ciò che non viene preso in considerazione nell'esperimento mentale di Clark è il modo in cui un individuo, tramite il proprio corpo, mette in atto principi semplificativi atti a strutturare il significato di ciò con cui interagisce. Il modulo realizzato ripropone, a grandi linee, le attività presentate da Clark, con la sostanziale differenza: l'interazione all'interno del modulo è basata sul coinvolgimento dell'intero corpo.

4.1.1 Il framework teorico: Gestalt e integrazione visuomotoria

Il gioco delle forme si propone di valutare, misurare, ed "allenare", tramite un'attività ludica ad elevato grado di coinvolgimento corporeo, le abilità di integrazione visuo-motoria, abilità ritenute, dalla letteratura scientifica, strettamente vincolate ai processi di apprendimento e riportate al centro del dibattito pedagogico dalla recente attenzione alla componente legata all'elaborazione visuo-spaziale presente nei disturbi specifici di apprendimento. Già nel 1960, una lunga serie di studiosi, fra i quali ricordiamo Lefford, Bruner, Hunt, Piaget e Vereecken, avevano sviluppato "teorie che sostenevano una base sensomotoria nello sviluppo dell'intelligenza e dell'apprendimento. Secondo i loro studi, "i più alti livelli di pensiero e di comportamento richiedono una qualche integrazione tra gli input sensoriali e le azioni motorie"(K. E. Beery, 1967). Alcuni task motori come il ricopiare forme geometriche elementari erano però stati oggetto di ricerca fin dagli inizi del '900. Numerosi studi avevano infatti dimostrato che copiare forme geometriche correlava in modo significativo con determinate funzioni psicologiche. L'autore del V.M.I. test (Visual-Motor Integration test) rilevò, negli anni '60, una correlazione tra tali abilità e:

- Il rendimento scolastico (.50-.70).
- Le abilità di lettura (.40-.60).
- Il rendimento nell'aritmetica
- Il quoziente d'intelligenza

In particolare l'abilità di copiare forme geometriche era stata oggetto di un dettagliato studio da parte della psicologia della Gestalt.

Tali studi affondano le proprie radici nelle ricerche effettuate sulla percezione, ed in particolare sulla percezione visiva, da parte di Wertheimer, che, nel 1910, fornì una prima formulazione di *gestalt*.

- Si percepiscono oggetti come un tutto e non come la somma di singole sensazioni
- Gli elementi fondamentali della percezione sono forme strutturate in determinati modi (*gestalt*).

Nel 1912 Wertheimer pubblicò una ricerca sul fenomeno "*phi*", un particolare tipo di movimento chiamato apparente perché viene percepito pur non esistendo nella realtà (Max Wertheimer, 1912).

L'esperimento effettuato da Wertheimer sul "*fenomeno phi*" consisteva nel presentare due luci proiettate su uno schermo a una certa distanza l'una dall'altra, la cui accensione era separata da un breve intervallo temporale.

Lo studioso notò che quando l'intervallo temporale, che separava l'accensione delle luci, scendeva sotto una determinata soglia (200 millisecondi), i soggetti dell'esperimento dichiaravano di non percepire più due stimoli discreti, ovvero l'accensione due luci separate immobili, ma un'unica luce in movimento dalla prima alla seconda posizione.

Wertheimer diede molta importanza a questo fenomeno perché in esso due stimoli stazionari (le luci) danno origine ad una percezione unitaria di movimento (la luce che scorre dall'una all'altra posizione), dunque la nostra percezione non può essere in questo caso spiegata riducendola alle sue componenti elementari.

Il fenomeno *phi* dimostrava, infatti, come il fatto percettivo non fosse analizzabile tramite la scomposizione in stimoli elementari; il movimento della luce (ovvero il dato più importante che emergeva a livello percettivo) sarebbe infatti stato distrutto da un processo di analisi, che avrebbe portato solo a trovare degli stimoli stazionari e discreti. Secondo la psicologia della forma, quindi, quando percepiamo un oggetto non abbiamo a che fare con un insieme di sensazione frammentarie, che vengono analizzate e poi riunite in una sintesi, ma abbiamo sempre di fronte un'unità strutturata.

Nel 1923 Wertheimer formulò, partendo da queste basi, una serie di leggi atte a spiegare come gli stimoli percettivi vengono organizzati in forme:

- Legge della vicinanza, gli stimoli percettivi vengono organizzati in gestalt sulla base della loro distanza. Quanto meno sono distanti, tanto più è probabile che verranno raggruppati in forme.
- Legge della somiglianza, gli stimoli che presentano proprietà comuni (colore, densità, dimensione tendono a organizzarsi in forme strutturate.
- Legge del moto comune, gli stimoli che si muovono solidalmente tendono a essere percepiti come unità.
- Legge della chiusura, le forme chiuse vengono percepite meglio delle aperte.

(M. Wertheimer, 1923)

Generalmente si potrebbero sintetizzare queste leggi affermando che gli stimoli tendono a raggrupparsi in forme in base al loro grado di omogeneità, quanto più sono fra loro omogenei, tanto più è elevata la possibilità che si raggruppino in una gestalt (Katz & Arian, 1950; Köhler & De Toni, 1998).

Partendo da queste basi teoriche la psicologa Lauretta Bender pubblica nel 1928 la presentazione di un test atto a studiare la struttura visuo-motoria nell'adulto (Bender, 1938). La Bender ribadisce in questo testo la necessità di considerare come un tutto gli stimoli percettivi (gli oggetti) e le risposte dell'organismo ad essi (la strutturazione percettiva), tuttavia essa si distacca dal pensiero di Wertheimer su due punti principali:

- L'evoluitività dei fattori di strutturazione.
- La necessità di integrare la percezione nella sua componente espressiva.

La funzione di strutturazione visuo-motoria, infatti, costituiva per la psicologa una funzione in stretto rapporto con l'intelligenza, il linguaggio, il vissuto spazio-temporale e l'autrice riteneva che essa appartenesse ai livelli più alti della cognizione, in una prospettiva di funzionalismo gerarchizzato della personalità. Esaminando l'evoluzione delle capacità di riproduzione grafica, la Bender risale allo studio della maturazione visuo-motoria che si modifica articolandosi da una iniziale attività primitiva a forme via via più complesse, modificate dalle esperienze percettive, attraverso una continua interazione senso-motoria (Bender Gestal Test). E' utile però precisare che la serie di forme presentate nel test della Bender non costituisce una sequenza evolutiva, questo perché lo scopo primario del test non era quello di valutare e misurare le abilità di integrazione visuo-motorie in soggetti in età evolutiva, ma quello di individuare soggetti adulti in stato patologico.

4.1.2 Il Bender-Gestalt Test e il VMI

Le abilità di integrazione visuo-motorie costituiscono, come esposto, abilità fondamentali per il rendimento scolastico, questa motivazione si pone essenzialmente alla base dei numerosi test attualmente esistenti sviluppati per la valutazione, la quantificazione e la misurazione di queste abilità (Bender-Gestalt Test, V.M.I. Test- Visual-Motor integration test, T.P.V. test -Developmental Test of Visual Perception & Motor Integration, etc).

Il Bender Gestalt Test fu uno dei primi strumenti per la valutazione di tali abilità, e, numerosi fra i test moderni, seppur da mutate prospettive teoriche, si basano sulle stesse attività di copia e utilizzano forme geometriche simili a quelle implementate al suo interno. A causa della sua profonda influenza sui test di integrazione-visuomotori oggi più diffusi, si è ritenuto opportuno illustrarne in questa sede la storia e le radici teoriche. Il Bender Gestalt test fu ampiamente utilizzato fin dal 1938, tuttavia le forme su cui esso si basava erano state ideate per scopi diversi da Wertheimer e il test era pensato per individuare stati patologici in persone adulte. In seguito fu realizzata una versione ridotta del test e una scala di punteggio riadattata che consentivano la valutazione delle abilità di integrazione visuo-motoria nei bambini, questa versione del test permette di attribuire punteggi solo in una fascia di età compresa fra i 5 e i 9 anni. La figura 3 riporta la scheda valutativa della versione citata. Sopra l'intestazione delle colonne sono riportate le miniature delle figure che il test richiede di copiare. L'attribuzione del punteggio avviene qui in base alla presenza di determinate tipologie di errore, e non in base alla loro frequenza. Ad esempio, a prescindere da se l'errore di "frammentazione" sia presente su una, su due o in tutte le figure che presuppongono la possibilità di questo errore, nell'attribuzione del punteggio finale esso varrà sempre uno. Si valuta quindi solo se le tipologie di errori sono presenti o meno. La scala di punteggio, che identifica sei range,(0-3, 3-4, 4-5, 5-7,7-9, 9-12 errori presenti), appare orientata solo all'identificazione di possibili stati patologici e sembra essere inadatta a fornire quantificazioni precise e misurazioni accurate del livello di sviluppo delle abilità testate. Il sistema di ranking non prevede inoltre alcuna differenza nella comparazione ottenuta da soggetti di età differente, ponendo quindi gli stessi criteri di giudizio e di misurazione sia, ad esempio, per soggetti di 4 che per soggetti di 9 anni. È inoltre interessante notare come le categorie di errore identificate "Frammentazione", "Difficoltà di sovrapposizione", "Coesione", "Difficoltà di chiusura" siano diretta emanazione, o , quantomeno, siano in stretta correlazione con le leggi di strutturazione, prima esposte, identificate da Wertheimer. La figura 4 mostra una miniatura del risultato prodotto, dopo la somministrazione del test,

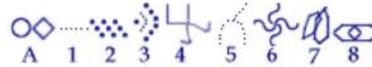
da parte di un soggetto femminile di nove anni e sei mesi con evidenti deficit relativi alle abilità di integrazione visuo-motorie.

BENDER-GESTALT TEST

Scoring Based on Lacks' Scoring System

Client: _____

Date: _____ Time to Complete: _____



Error	Description	A	1	2	3	4	5	6	7	8	Present
Rotation	Score if there is a rotation of 80° to 100° (including mirror-imaging) of the major axis of the whole figure (not a part of the figure). Do not score if S shifts the position of the card or paper and then draws the figure accurately.										
Overlapping Difficulty	Difficulty in reproducing the portions of the figures that should overlap. (a) Omission of the portions of the figure which overlap. (b) Simplification of figures only at the point of overlap. (c) Marked sketching or reworking only at the point of overlap. (d) Distortion of the figure at the point of overlap. (e) Figures overlap at the wrong place. (f) Failure of figures to overlap. DO NOT SCORE – parts of figures more than 1/8 in. apart, score Simplification.										
Simplification	Score if the figure is drawn in a simplified or easier form than that is not more primitive from a maturational point of view, from the stimulus. (a) Circles for dots on figure 1. (b) Nonoverlapping parts. (c) Joining parts of figures are more than 1/8 inch apart. (d) Very simplified drawing. DO NOT SCORE – (a) figures less than 1/8 inch apart, score Close Difficulty. (b) Curves substituted for angles, not an error.										
Fragmentation	Score if the figure is broken up into parts destroying the gestalt or if the figure is incomplete (unless S refuses to draw the entire figure).										
Retrogression	Substitution of a more primitive gestalt form than the stimulus. (a) Loops for circles (if persistent). (b) Dashes for dots (if extreme and persistent). (c) Triangle for diamond or hexagon. (d) Square for diamond. (e) Rectangle for hexagon. DO NOT SCORE – Do not score if curves are substituted for angles or angulation of bottom of hexagon on figure 7 is omitted.										
Perseveration	There are 2 kinds of Perseveration errors. If both occur, this error is still only scored once. TYPE A: Inappropriate substitution of the features of a preceding stimulus, such as replacing the circles of figure 2 with the dots of figure 1 (must have made dots, not circles on figure 1); replacing the dots of figures 3 & 5 with the circles of figure 2 (must have made circles on figure 2 and dots on 1). TYPE B: Intradesign perseveration on continuing to draw a figure beyond the limits called for by the stimulus. For figure 1, 14 or more dots must be present, for figure 2, 13 or more columns of circles.										
Collision or Collision Tendency	One figure is drawn as touching or overlapping another figure (collision) or is drawn within 1/4 inch or less of another figure but does not touch (collision tendency).										
Impotence	Behavioral or verbal expressions of inability to draw a figure correctly (often accompanied by statements such as "I know this drawing is not right but I just can't make it right"). (a) Repetitious drawings or numerous erasures of figures with similar inaccuracies. (b) S realizes that an error has been made and tries to correct it unsuccessfully or expresses inability to correct it. DO NOT SCORE – Second attempt that corrects an error.										
Closure Difficulty	Difficulty in getting the joining parts of figures together or getting adjacent parts of a figure to touch. If figures are more than 1/8 inch apart at joining point, score Simplification.										
Motor Incoordination	Irregular (tremor-like) lines, especially with heavy pressure. Behavioral observations are important for scoring this error. Be sure S is drawing on a smooth surface. (a) Marked and persistent gasp, overlap, re-drawing, sketching, erasures, increased pressure at points where parts of the design join one another. DO NOT SCORE – Parts of figures are more than 1/8 inch apart, score Simplification.										
Angulation	Severe difficulty in reproducing the angulation of figures. (a) Failure to reproduce angulation of a figure. (b) Angulation of the whole figure 45° to 80° rather than parts of a figure (but not greater than 80°, which would be rotation). (c) Variability of the angulation of more than half the rows of circles of figure 2. DO NOT SCORE – (a) Figure 3 should be scored leniently because its angulation is especially hard to reproduce. (b) Reversal of angulation on figure 2, score Rotation.										
Cohesion	Isolated decrease or increase in size of figures. Score very conservatively. This error is most frequently overscored. (a) Decrease in the size of part of a figure by more than 1/3 of the dimensions used in the rest of the figure. (b) Increase or decrease in the size of a figure by 1/3 of the dimensions used in the other drawings (not compared to the size of the stimulus cards). Exclude parts of drawing that are larger due to Perseveration.										
Time	Score if total time is greater than 15 minutes.										
Total Score											

Points:

- 1) Score presence of error, not frequency, and score conservatively. For example, even if Rotation is scored for each figure, score only 1 in the Present column.
- 2) If the subject rotates the card or paper and then draws correctly, it is correct.
- 3) Generally, 3 or fewer errors indicates an absence of visuoconstructive deficits or brain impairment; 4 errors is a borderline score; and 5 or 6 errors provide some evidence for brain impairment. The greater the number of errors, the greater the evidence for some type of brain impairment: strong evidence with 7 or 8 errors and very strong evidence with 9 to 12 errors. Five or more errors is serious, but not if the subject is lazy, impulsive, unmotivated, or uncooperative.

Figura 3 – Bender Score

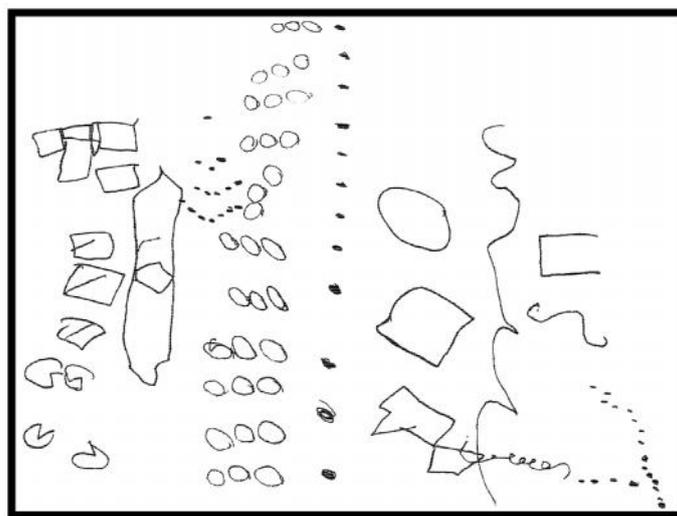


Figura 4 – Bender

La realizzazione di questa versione “ridotta” del Bender Gestal Test, ne permette la somministrazione a bambini in età scolare, tuttavia il test, resta comunque un strumento orientato non alla misurazione del livello di integrazione visuo-motoria, ma a discriminare fra soggetti sani e in stato patologico. Il Bender rimarrà comunque uno degli strumenti più diffusi in questo campo per un lungo periodo di tempo, il test è infatti tuttora adoperato. Negli anni '60 però altri autori, come riportato precedentemente, avevano sviluppato teorie che sostenevano una base sensomotoria nello sviluppo dell'intelligenza e dell'apprendimento, aumentando l'interesse della ricerca verso questa tematica. Di particolare interesse risultano, a questo proposito, gli studi di Kephart (Kephart, 1960) che enfatizzarono l'importanza dell'integrazione. Egli notò che un soggetto può avere capacità visive e motorie ben sviluppate, ma rimanere comunque incapace di integrarle. Vereecken (Vereecken, 1961) riportò che, copiando forme geometriche con una matita, un bambino deve essere innanzitutto cosciente della posizione e della direzione. Questa coscienza si esprime attraverso i movimenti oculari in una certa direzione. Il bambino procede poi verso una realizzazione costruttiva di questa posizione attraverso i movimenti del braccio corrispondenti ai movimenti degli occhi (K.E. Beery, 2004). Da queste basi iniziava la ricerca di K. Beery volta all'individuazione di una sequenza evolutiva di forme geometriche che consentisse di valutare il livello di sviluppo della funzione di integrazione sensomotoria nei bambini di diverse età. Nasceva in tal modo il V.M.I. test.

4.1.3 Il VMI test

Il VMI test si presenta come uno strumento, scientificamente validato, nativamente orientato alla misurazione ed alla quantificazione delle abilità di integrazione visuo-motorie in soggetti di età compresa fra i tre e i diciotto anni. Il test è di tipo “carta e matita” e richiede al soggetto di copiare una sequenza evolutiva di forme geometriche composta da un totale di 27 item, è virtualmente indipendente dai contesti culturali ed è esplicitamente pensato per scopi valutativi, preventivi e di ricerca. La figura 5 mostra una scheda compilata del VMI.

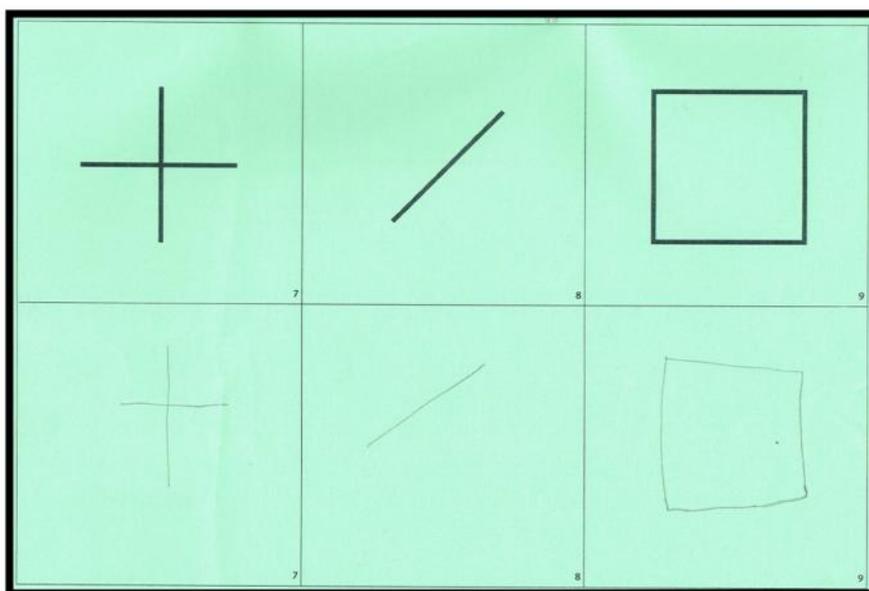


Figura 5

La figura 6 mostra la serie evolutiva di forme che il soggetto è tenuto a copiare.

Determinazione e registrazione del punteggio

N.	Forma	Età norma	Punteggio	Osservazioni	N.	Forma	Età norma	Punteggio	Osservazioni
1		2.0 imitata			14	✕	5.9		
2	—	2.6 imitata			15	↕	6.5		
3	○	2.9 imitata			16	⊗	6.8		
4		2.10 copiata			17	⋯	7.5		
5	—	3.0 copiata			18	∞	7.11		
6	○	3.0 copiata			19	◇	8.1		
7	+	4.1			20	⚡	8.11		
8	/	4.4			21	⋯	9.6		
9	□	4.6			22	⊗	10.2		
10	\	4.7			23	◇	10.11		
11	✕	4.11			24	⊗	11.2		
12	△	5.3			25	⊠	12.8		
13	⊔	5.6			26	⊠	13.2		
					27	☆	13.8		

Punteggio grezzo VMI = totale dei punti fino a 3 errori (0 punti) consecutivi. Riportare il punteggio grezzo in copertina. Vedere il manuale per le norme.

Figura 6

La terza colonna “età norma” indica l’età in cui il soggetto dovrebbe essere in grado di copiare la forma stimolo. Le figure riportate all’interno del test contengono, fra le altre, alcune delle figure presenti all’interno del Bender Gestalt Test (figura 7), aggiungendo però riferimenti all’età norma. I criteri di attribuzione del punteggio sembrano rispecchiare, per sommi capi, anche in questo caso, le leggi individuate da Wertheimer, anche se, in confronto al Bender, il VMI non presenta criteri generali di valutazione, ma è basato su criteri specifici relativi ad ogni singola forma. La figura 8 mostra una scheda relativa ai criteri di valutazione. I criteri di attribuzione del punteggio prevedono un’ampia libertà di interpretazione da parte dell’operatore, fornendo solamente alcuni vincoli che, in sintesi, potrebbero essere riassunti nel criterio che la forma stimolo non debba essere distrutta, ovvero che all’interno della riproduzione non vada persa la gestalt dello stimolo di partenza. La figura 8 presenta i criteri per l’attribuzione del punteggio alla forma 3.

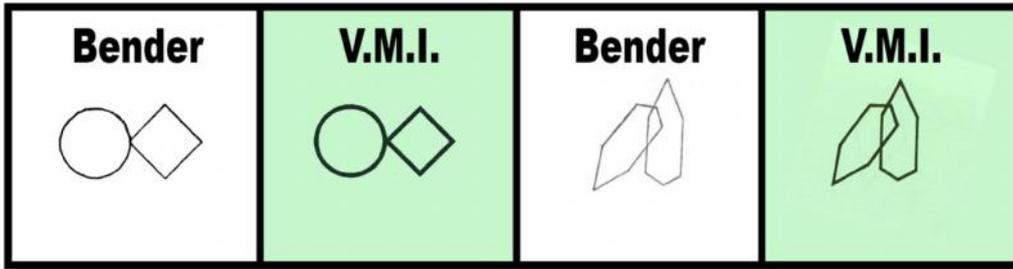


Figura 7

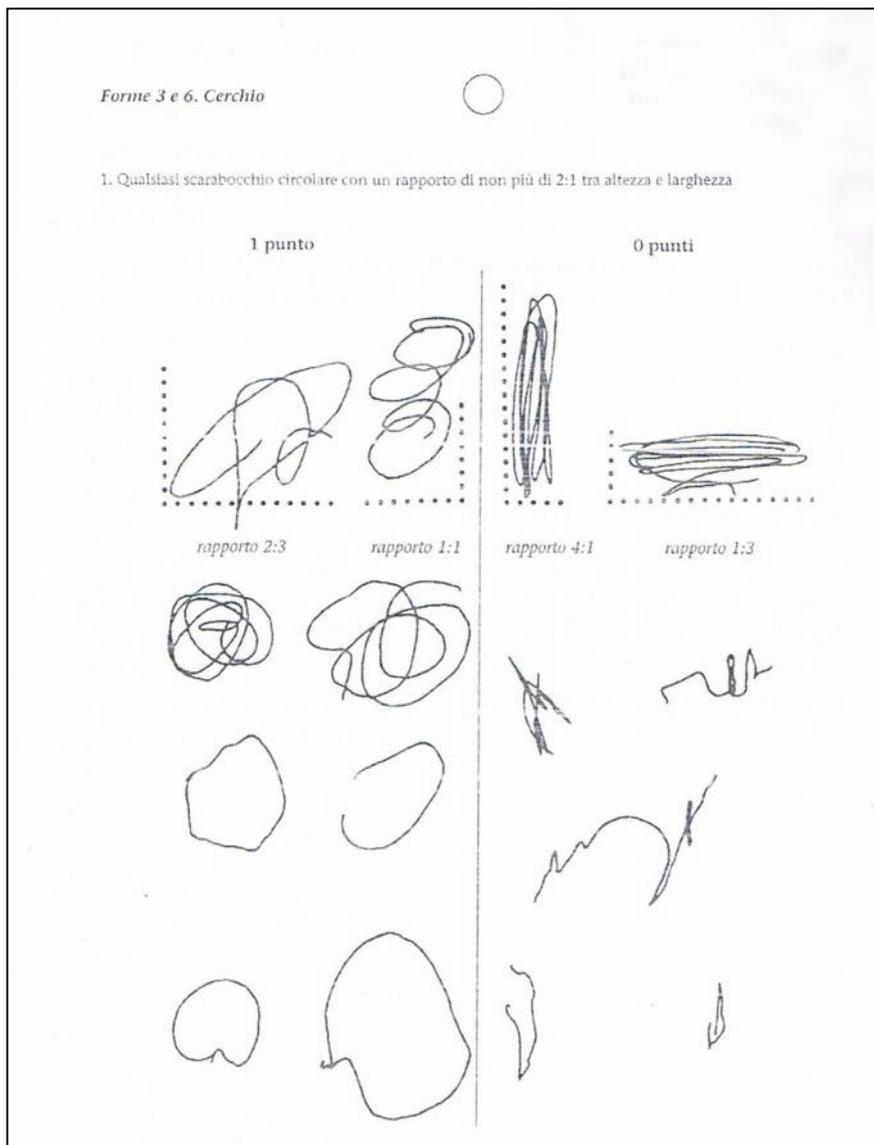


Figura 8

L'attribuzione del punteggio avviene su base binaria (1 punto per ogni figura ricopiata correttamente, 0 punti per ogni figura non ricopiata correttamente). Il meccanismo di attribuzione del punteggio è, in pratica, volto a valutare il numero di forme riprodotte con successo e non la presenza degli errori, come avviene per il Bender Gestalt Test. I punteggi "grezzi" così ottenuti vengono poi standardizzati secondo algoritmi forniti dal manuale. La standardizzazione dei risultati permette la comparazione dei punteggi ottenuti da parte di soggetti di età differenti. I punteggi standardizzati vengono così ricondotti ad una distribuzione normale con media pari a 100 e deviazione standard pari a 10. Nel manuale è inoltre presente una scala percentile per la comparazione dei risultati.

Generalmente il manuale indica che punteggi al di sotto del 5° percentile costituiscono evidenze forti della presenza di uno stato patologico. Oltre l'individuazione di stati patologici, risulta però chiaro come il V.M.I. sia dotato di una scala di valutazione molto precisa, che consente sia operazioni di monitoraggio che valutazioni di quanto il fenomeno indagato si distacchi dalle classi di normalità fornite. È inoltre interessante notare che il VMI è composto da un test principale, quello illustrato, e da due sub-test, uno incentrato sulla componente visiva ed uno incentrato sulla componente motoria. In presenza di anomalie riportate nel test principale vengono somministrati i due sub-test al fine di comprendere se il deficit rilevato sia di natura visiva, motoria o se riguardi l'integrazione di queste due componenti. Il V.M.I. test rappresenta uno dei test di valutazione delle abilità di integrazione visuo-motorie oggi più diffusi, e forse, potremmo azzardarci ad affermare, in virtù di quanto esposto, che esso costituisce una sorta di evoluzione del Bender Gestalt Test e delle teorie sviluppate da Lauretta Bender.

4.1.4 Obiettivi didattici

Attualmente la letteratura scientifica sembra quindi riconoscere che il movimento nel suo complesso svolga una funzione cruciale nell'integrazione di differenti processi mentali. A tale proposito, Hannaford ha ipotizzato che "ogni volta che ci muoviamo in modo organizzato, si verificano attivazioni ed integrazioni funzionali in tutto il sistema cerebrale, e la porta dell'apprendimento si apre in modo naturale"(Hannaford, 1995). Le risposte visuo-motorie possono essere considerate in quest'ottica come le prime integrazioni sensoriali dello sviluppo e appaiono, pertanto, come uno degli obiettivi cruciali che ogni sistema educativo dovrebbe perseguire. L'importanza dello sviluppo di queste abilità è riconosciuta anche a livello istituzionale e il suo sviluppo è espressamente indicato all'interno degli obiettivi di apprendimento riportati nell'omonima sezione per la classe quinta della scuola primaria all'interno delle indicazioni per il curriculum per la scuola dell'infanzia e per il primo

ciclo d'istruzione emanate dal MIUR nel 2007: "Riconoscere e valutare traiettorie, distanze, ritmi esecutivi e successioni temporali delle azioni motorie, sapendo organizzare il proprio movimento nello spazio in relazione a sé, agli oggetti, agli altri".

Data per assunta l'importanza delle funzioni di integrazione visuo-motorie e della possibilità di avere a disposizione strumenti in grado di misurarne il livello di sviluppo, processo utile sia al fine di individuare situazioni problematiche, sia per valutare l'efficacia di determinati interventi didattici, resta da analizzare se gli strumenti oggi in circolazione non siano soggetti a pecche particolari o a carenze cui sia possibile ovviare.

In particolare i test descritti nel presente capitolo, e in generale la maggioranza dei test "carta e matita" basati su attività di copia per la valutazione delle abilità di integrazione visuo-motorie, sono soggetti a problemi relativi essenzialmente a due fattori.

- Il comportamento dei soggetti.
- I criteri di valutazione e l'interpretazione dei risultati.

Il primo punto, toccato con mano durante la presente sperimentazione, è relativo al manifestarsi di comportamenti di impotenza, di ansia, o di demotivazione da parte dei soggetti cui il test viene somministrato. Soltanto i primi, i comportamenti di impotenza, costituiscono un elemento pertinente per l'identificazione di un possibile deficit, mentre i restanti due costituiscono, più che altro, una pecca tipica della tipologia di test presi in considerazione.

Affermazioni e domande come "non ci riesco", "mi darete un voto?", "quando finisce?", costituiscono comportamenti comuni da parte di alcune fasce di età prese in considerazione dalla tipologia di test. Altrettanto pericolosa è la demotivazione, che a volte non è immediatamente identificabile, ma è ravvisabile all'interno del processo e del prodotto finale, spesso infatti i soggetti cui il test è stato somministrato hanno saltato alcune forme, intrattenevano fra loro e conversazioni, etc. (i dati ottenuti in presenza di questi fenomeni non sono stati presi in considerazione e non sono stati riportati all'interno del paragrafo di analisi dei risultati). Comportamenti come quelli descritti rischiano di inficiare o invalidare i dati ottenuti attraverso la somministrazione del test.

Il secondo punto costituisce un aspetto piuttosto complesso. I criteri di valutazione presenti in questa tipologia di test consentono un ampio margine di libertà di interpretazione e sono difficilmente formalizzabili. Interpretare correttamente i risultati ottenuti tramite la somministrazione di test di

questo genere implicano quindi la presenza di un operatore esperto, cosa non sempre possibile all'interno delle scuole.

Sulla base di quanto esposto il presente studio è stato rivolto alla creazione di uno strumento che consentisse di ovviare ai problemi esposti.

Al fine di eliminare problematiche relative alla motivazione ed al comportamento si è deciso di creare un software che fosse in grado di elevare il grado di coinvolgimento emotivo dei soggetti, per questo motivo si è deciso di creare uno strumento che si presentasse come un videogioco, confidando nel fatto che la natura ludica dello strumento avrebbe potuto ad un tempo aumentare il grado di coinvolgimento emotivo e diminuire il livello di ansia.

Al fine di eliminare problematiche relative all'interpretazione dei dati, si è deciso di affidare al software la fase di elaborazione e analisi dei risultati. Questo ha causato non poche difficoltà data l'impossibilità di una completa formalizzazione dei criteri di valutazione. Le modalità tramite cui si è tentato di ovviare a questa problematica sono descritte e discusse nel seguente paragrafo.

4.1.5 Lo sviluppo dell'applicazione

“Si può scrivere la parola *amore* con il dito, la mano o anche con il piede” (A. Berthoz, 2011). Questo esempio di *generalizzazione* che Berthoz pone per introdurre il concetto di “*equivalenza motoria*” si sposa perfettamente con la tematica trattata in questo paragrafo. In effetti numerosi studi hanno dimostrato che le abilità necessarie a tracciare un grafema sono in parte indipendenti dall'effettore che viene utilizzato per svolgere il compito. I concetti di *equivalenza motoria* e di *programma motorio Generalizzato*, costituiscono oggetto di interesse scientifico fin dagli anni '40 (Bernstein, 1967; Keele & Jennings, 1992; Lashley, 1942; Raibert, 1977) e un classico esempio per illustrarli è dato, appunto, dagli esperimenti condotti sulla grafia manuale.

La figura 9 illustra il risultato di un esperimento condotto da Keele nel 1990. Nel corso dell'esperimento veniva richiesto ai soggetti di scrivere “motor equivalence” attraverso l'utilizzo della mano destra, della mano sinistra, dei denti e di scrivere lo stesso testo da destra a sinistra (Keele & Jennings, 1992).

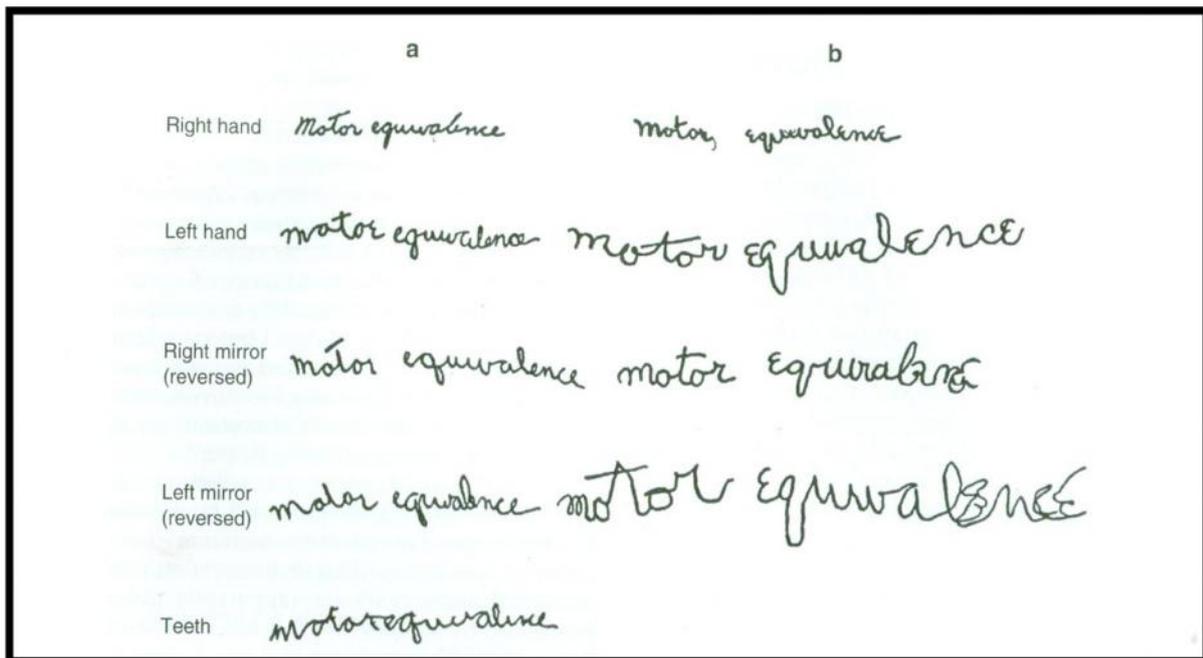


Figura 9

Come può essere osservato all'interno della figura, alcuni parametri del processo di scrittura (dimensione, tremolio e tempo) sono differenti a seconda dell'effettore utilizzato (mano, bocca) per eseguire il task e del modo in cui il processo viene eseguito (direzione), tuttavia negli esempi riportati sono presenti anche alcuni elementi comuni, come il modo di tracciare la linea verticale della "q" o la piccola curva a ricciolo della "m" (Schmidt & Wrisberg, 2008) che denotano una "sorta di *stile* comune a tutte le modalità di scrittura utilizzate" (S. Di Tore, 2012). I risultati sembrano quindi suggerire la presenza di elementi strutturali e di codifica condivisi per l'esecuzione di specifiche classi di movimenti (Latash, 1998) e sembrano confermare la tesi che "la geometria del movimento sia determinata in modo molto generale" (A. Berthoz, 2011) e che lo spazio possa costituire il "*codice comune*" (A. Berthoz, 2011) attraverso cui sono strutturate tali geometrie. In questo senso, la stessa scrittura in generale può essere considerata come "gesto nello spazio che spazializza un'idea o un fatto materiale" (A. Berthoz, 2011). Lo sviluppo dell'abilità necessaria "a tracciare una "o" sarebbe quindi vincolato alla codifica spaziale sotto forma di concetto della "o" o di "*cerchio*", e non solo alle abilità motorie o all'uso di effettori specifici, così come l'acquisizione di figure geometriche elementari in termini di "*concetti*" spazialmente codificati costituirebbe uno dei presupposti necessari per l'acquisizione e lo sviluppo delle abilità di letto-scrittura" (S. Di Tore, 2012). Il concetto espresso da Berthoz, secondo il quale forme e grafemi costituirebbero dei concetti che trovano nello spazio il loro

linguaggio di codifica, costituisce il punto di sintesi del progetto qui presentato. L'attività di tracciare forme geometriche elementari, richiesta dal V.M.I. e le attività di rotazione, orientamento e spostamento di forme geometriche, presentate nell'esperimento mentale di Clark, costituirebbero attività che, seppur fra loro molto distanti, condividono un elemento fondamentale: la manipolazione di concetti spazialmente codificati. Partendo da questo quadro teorico si è deciso di sviluppare un exergame basato essenzialmente sulla manipolazione di forme che potesse coinvolgere l'intero corpo, aspetto fondamentale sia per la valutazione delle abilità di integrazione visuo-motorie che per il coinvolgimento emotivo dell'utente in quanto "motor activity – not representationalist verisimilitude – holds the key to fluid and functional crossings between virtual and physical realms"(Hansen, 2006); tale attività può inoltre essere considerata come un'abilità propedeutica all'acquisizione spaziale di concetti come forme geometriche, grafemi etc.

Le attività sulla base delle quali è stato strutturato l'exergame sono quindi quelle di afferrare, ruotare, spostare forme geometriche al fine di farle combaciare con altre figure presenti sullo schermo. Il primo passo compiuto per la realizzazione dell'exergame ha previsto l'analisi dei dispositivi per l'acquisizione del movimento oggi a disposizione, nella piena consapevolezza che la tecnologia da utilizzare avrebbe dovuto essere un dispositivo low-cost, portatile e non invasivo.

Fortunatamente negli ultimi anni abbiamo assistito ad una grande diffusione di dispositivi in grado di implementare interfacce naturali, accelerometri, giroscopi, touch screen costituiscono device che si accompagnano oggi a numerosi dispositivi, tablet, smart-phone, portatili, L.I.M. etc. Il campo dove però questo trend appare più evidente è quello del videogaming. Tutte le console di gioco di ultima generazione fanno infatti uso di motion sensors di varia natura e genere, e tutte queste tecnologie sono essenzialmente low-cost e pensate per una platea composta da giovanissimi. Inoltre questi dispositivi sono già conosciuti dalla maggior parte dei ragazzi di età compresa fra i 6 e i 25 anni, contribuendo in tal modo a far percepire la somministrazione del test come un'attività di carattere ludico.

I dispositivi che sono stati presi in analisi sono il Sony EyeToy, i controller della console di gioco Wii, noti come Nunchuk, il PlayStation Move e la periferica Microsoft Kinect. Tali sistemi, che permettono di interagire con scenari virtuali, possiedono, grazie all'alto grado di immersione cognitiva che consentono, preziose potenzialità didattiche. La Principale pecca di questi sistemi è che spesso essi consentono di rilevare il movimento solo di un determinato punto ma non di identificare il movimento del soggetto o di identificarne i segmenti corporei che lo compiono in quel momento. Il sistema Kinect, originariamente sviluppato dalla Microsoft nell'ambito delle tecnologie video-ludiche è esente dal succitato limite, essendo in grado di rilevare ed identificare diversi segmenti corporei fra l'altro in

modo assolutamente non invasivo. Tale caratteristica è decisamente funzionale alla presente ricerca. L'economicità e la trasportabilità del sistema lo rendono inoltre particolarmente adatto ad un'implementazione nelle scuole per scopi didattici. Alla luce di quanto esposto l'uso del dispositivo Kinect quale device per l'acquisizione dei dati relativi al movimento dei soggetti è apparsa come una scelta assolutamente naturale. Risulta dunque opportuno introdurre in modo più dettagliato le caratteristiche di questo dispositivo. Kinect è equipaggiato con un video-camera ad infrarossi ed un emettitore di infrarossi che gli permettono di ottenere una "depth map", una mappa di profondità, basata su scale di grigio, relativa all'ambiente circostante. Il sistema è inoltre dotato di una camera RGB e di un array di microfoni, posti su entrambi i lati dell'apparecchio, al fine di rilevare immagini a colori, suoni e informazioni sulla conformazione dell'ambiente circostante. La periferica può misurare distanze con 1cm di precisione entro i due metri di distanza. Kinect può essere utilizzato insieme a software per il body tracking e può essere utilizzato con un normale pc, oltre che con la console di gioco "Microsoft xbox 360". La figura 10 fornisce uno schema del dispositivo.

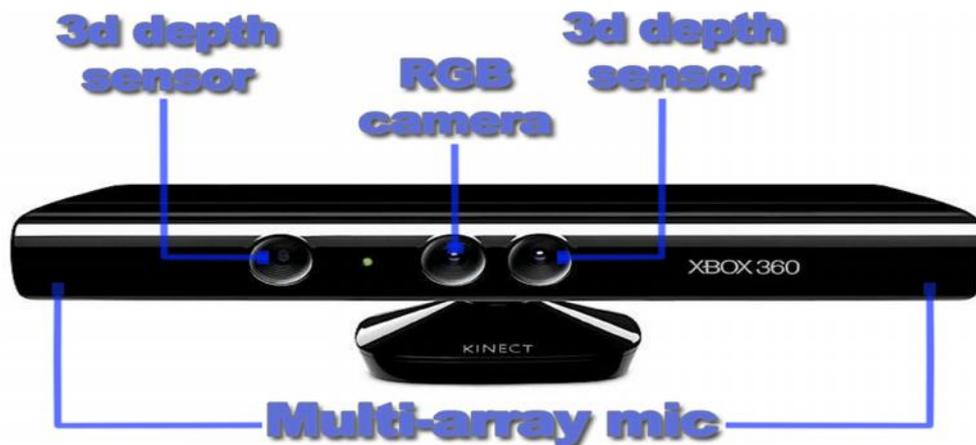


Figura 10

Allo stadio attuale di sviluppo il sistema Kinect è in grado di identificare 20 segmenti corporei, come riportato nella figura 11.

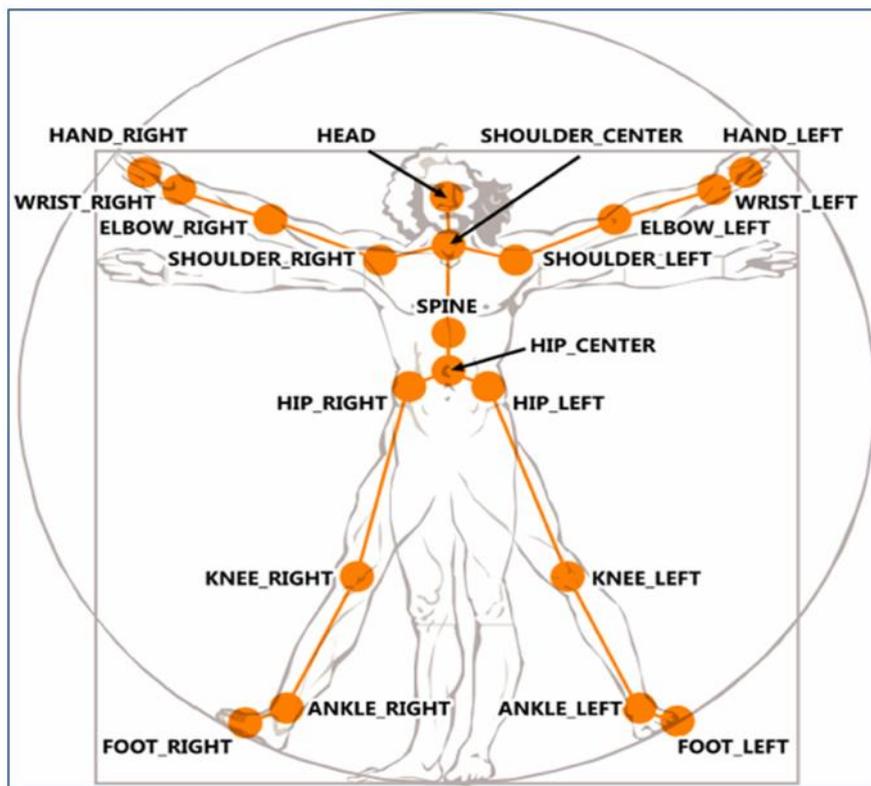


Figura 11

È importante precisare ancora una volta che Kinect non rappresenta uno strumento invasivo, i dati relativi all'identificazione del soggetto e alla posizione dei segmenti corporei vengono infatti desunti dal dispositivo attraverso algoritmi di analisi delle forme a partire dai dati rilevati dalla camera ad infrarossi e dalla camera RGB. Il dispositivo permette inoltre forme di interazione in uno spazio tridimensionale e consente di rilevare i movimenti del soggetto in un range di circa 3 metri e mezzo, garantendo in tal modo uno spazio più che sufficiente per le forme di interazione progettate all'interno del modulo. Il modulo realizzato consiste quindi in uno shape-game dove il soggetto deve riconoscere delle forme, ruotarle e disporle all'interno di apposite aree dello schermo attraverso l'uso congiunto delle mani e della posizione del corpo. come illustrato nelle figure 12 e 13.



Figura 12



Figura 13

La figura 13 è costituita da alcuni frames di un filmato ripreso durante la fase di sperimentazione, nel riquadro in basso a destra è possibile vedere l'utente che manipola le forme e che si sposta all'interno dello spazio di interazione, nel riquadro grande è possibile osservare ciò che era proiettato davanti

all'utente e con cui l'utente interagiva. I due cerchi presenti nel riquadro grande rappresentano la posizione delle mani dell'utente. Le forme presenti all'interno del modulo sono state realizzate sulla base della sequenza di forme evolutive presenti all'interno del test V.M.I. ed il modulo prodotto è stato realizzato, come argomentato in precedenza, in accordo con la teoria alla base del VMI TEST. Lo shape-game infatti non solo condivide con il VMI le stesse figure ma si propone anche di sollecitare e stimolare la funzione di integrazione visuo-motoria misurata dal test. Appare dunque del tutto naturale che tale test sia stato anche scelto per quantificare il livello delle abilità di integrazione e coordinazione visuo motoria dei soggetti che hanno partecipato alla sperimentazione con il fine di stabilire un eventuale correlazione fra i punteggi ottenuti all'interno del modulo e al VMI e per stabilire se il modulo realizzato sia o meno effettivamente in grado di sollecitare e favorire i processi di coordinazione ed integrazione visuo-motoria (S Di Tore, Aiello, Palumbo, et al., 2012).

4.1.6 Metodologia

La metodologia che si è scelta di seguire all'interno del presente studio ha previsto le seguenti fasi:

1. Analisi della letteratura
2. Individuazione degli obiettivi educativi da perseguire
3. Progettazione e design delle forme di interazione
4. Individuazione delle tecnologie da utilizzare
5. Individuazione del campione
6. La prima fase di testing ha previsto:
 - Somministrazione dell'exergame realizzato
 - Somministrazione del test V.M.I.
7. La seconda fase di testing ha previsto:
 - Somministrazione del V.M.I.
 - Somministrazione dell'exergame realizzato.
8. Analisi ed interpretazione dei dati

4.1.7 La fase di testing

Allo stato attuale del progetto è stata portata a termine la fase di alpha-testing del prototipo realizzato. La fase di alpha-testing è stata condotta su un campione di 78 alunni frequentanti la classe quinta del primo ciclo della scuola primaria italiana. In particolare, la sperimentazione ha previsto due gruppi differenti:

- Un primo gruppo di studenti cui è stato somministrato il test V.M.I. ed in seguito è stato richiesto di “giocare” con il modulo realizzato.
- Un secondo gruppo di studenti cui è stato richiesto di “giocare” con il modulo realizzato ed in seguito è stato somministrato il test V.M.I..

Scopo di questa fase è stato quello di ottenere dei feedback relativi al modulo che consentissero di evidenziarne eventuali punti critici, al fine di una ri-progettazione ed una rimodulazione dello stesso, e di stabilire l'eventuale esistenza di una relazione fra il modulo e le abilità di integrazione visuo-motoria quantificate attraverso l'uso del test V.M.I. Occorre dunque esplicitare il modo in cui il software realizzato attribuisce il punteggio. Il punteggio ottenuto attraverso la fruizione del modulo è relativo al numero di forme che i ragazzi sono riusciti correttamente a ruotare ed ad inserire all'interno dell'apposita area. Il tempo a disposizione per ogni forma è stato settato in 25 secondi, superati i quali il sistema passa alla forma successiva senza attribuire alcun punteggio. Ogni forma piazzata correttamente entro 25 secondi corrisponde ad un punto.

4.1.8 Risultati

I risultati della fase di testing sono riportati nella tabella 1 dove sono elencati: i singoli punteggi ottenuti all'exergame e il punteggio standardizzato ottenuto al VMI per entrambi i gruppi esaminati.

Gruppo 1			Gruppo 2		
id studente	Punteggio exergame	Punteggio VMI standardizzato	id studente	Punteggio VMI standardizzato	Punteggio exergame
Studente 1	24	100	Studente 1	113	22
Studente 2	23	113	Studente 2	106	16
Studente 3	24	102	Studente 3	119	24
Studente 4	20	95	Studente 4	106	23
Studente 5	20	85	Studente 5	98	19
Studente 6	23	100	Studente 6	100	24
Studente 7	23	117	Studente 7	101	22
Studente 8	21	96	Studente 8	90	17
Studente 9	24	117	Studente 9	103	20
Studente 10	23	99	Studente 10	106	24
Studente 11	24	99	Studente 11	114	24
Studente 12	20	80	Studente 12	105	21
Studente 13	24	110	Studente 13	89	18
Studente 14	24	116	Studente 14	113	24
Studente 15	20	106	Studente 15	110	22

Studente 16	22	128	Studente 16	92	18
Studente 17	18	80	Studente 17	109	20
Studente 18	22	102	Studente 18	94	19
Studente 19	16	84	Studente 19	106	24
Studente 20	24	119	Studente 20	112	24
Studente 21	22	118	Studente 21	118	24
Studente 22	18	100	Studente 22	105	22
Studente 23	21	95	Studente 23	112	24
Studente 24	18	89	Studente 24	110	20
Studente 25	24	110	Studente 25	115	24
Studente 26	24	115	Studente 26	105	23
Studente 27	16	90	Studente 27	104	24
Studente 28	21	97	Studente 28	106	22
Studente 29	14	84	Studente 29	95	19
Studente 30	22	104	Studente 30	100	24
Studente 31	20	100	Studente 31	98	22
Studente 32	24	119	Studente 32	95	18
Studente 33	23	111	Studente 33	112	23
Studente 34	21	111	Studente 34	89	20
Studente 35	24	110	Studente 35	98	24
Studente 36	24	116	Studente 36	105	22
Studente 37	18	101	Studente 37	90	17
Studente 38	24	111	Studente 38	100	24
Studente 39	14	87	Studente 39	99	24

Tabella 1

La tabella 2 illustra invece il coefficienti di correlazione fra il punteggio ottenuto dai due gruppi all'interno del modulo ed il punteggio ottenuto al test V.M.I..

Report
Correlazione Ranking
VMI/Exergame
0,6809

Tabella 2

L'indice di Pearson pari a .68 sembra suggerire l'esistenza di una effettiva relazione fra le abilità misurate dal modulo sviluppato e le abilità misurate dal V.M.I..

Nella piena consapevolezza che un campione costituito da 78 studenti non può essere considerato valido per trarre inferenze attendibili, è comunque lecito affermare che i risultati fin ora ottenuti

sembrano essere incoraggianti. È inoltre necessario precisare che nessuno degli studenti esaminati presentava certificazione di disabilità, e che nessuno dei soggetti esaminati è risultato al di sotto del 5° percentile (il quinto percentile è la soglia al di sotto della quale il manuale indica una forte evidenza relativa alla presenza di deficit a carico delle abilità di integrazione visuo-motorie). Sarebbe quindi necessario allargare la base del campione, comprendendo al suo interno studenti con deficit a carico delle abilità di integrazione visuo-motorie. Relativamente all'accoglienza dell'exergame da parte dei soggetti, sebbene non siano stati somministrati questionari al riguardo, il livello di gradimento è parso elevato. Durante le "partite" effettuate con il videogioco nessun ragazzo ha espresso comportamenti di impotenza, di ansia, o di demotivazione. La natura ludica dello strumento e le dinamiche di competizione nate durante il suo utilizzo hanno certamente contribuito a determinare un elevato grado di coinvolgimento emotivo.

Relativamente agli sviluppi futuri, al fine di ottenere una correlazione più alta fra le abilità misurate dagli strumenti, potrebbe rivelarsi utile agire su due fattori.

Innanzitutto aumentare il grado di difficoltà dell'exergame, l'attività svolta nel modulo si è rivelata infatti, seppur senza dati oggettivi a supporto di questa tesi, troppo semplice rispetto all'attività di disegno proposta nel V.M.I..

In secondo luogo sarebbe opportuno prendere in considerazione come alcune forme presenti all'interno del V.M.I. presuppongano il riconoscimento e la manipolazione di figure multiple sovrapposte o tridimensionali (Figura 14).

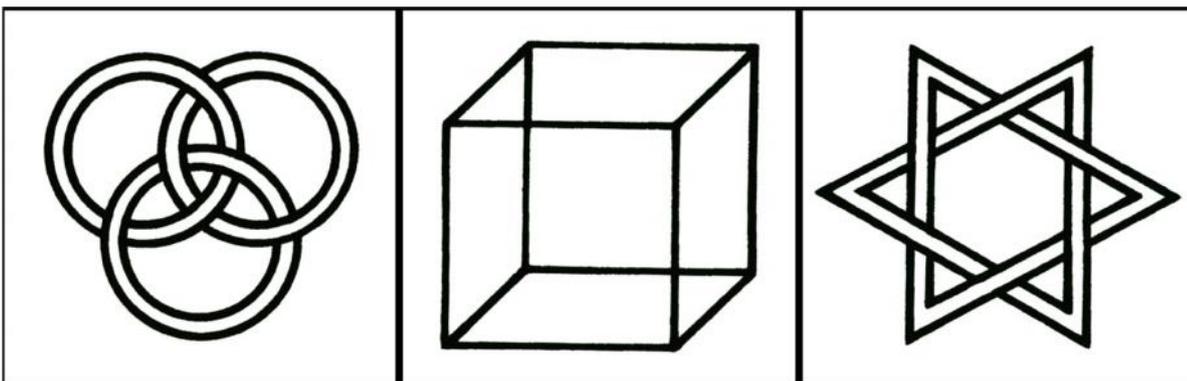


Figura 14

In tal senso le forme presenti all'interno dell'exergame essendo essenzialmente forme singole, non consentono la stessa tipologia di interazione presente all'interno del V.M.I. (Figura 15).

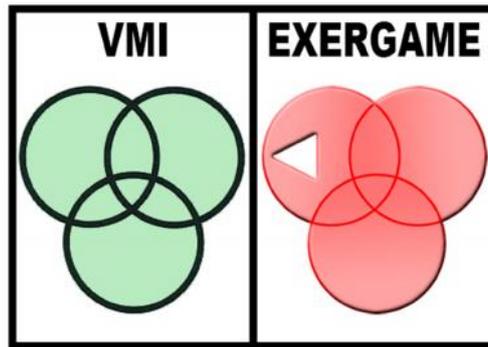


Figura 15

Al fine di ovviare a questa problematica è attualmente in corso una fase di riprogettazione delle forme di interazione utilizzate all'interno dell'exergame sviluppato. Si tratta, in sintesi, di accompagnare il modulo realizzato con altri due moduli che presentino attività di carattere differente.

Le attività che si intende sviluppare nei due moduli ulteriori sono relative ad attività:

- di costruzione e manipolazione di forme a partire da elementi grafici dati (linee, curve, rettangoli, etc).
- di tracciamento attraverso l'utilizzo del corpo (tracciamento di determinate forme nello spazio attraverso l'uso di mani, testa e altri effettori).

I due moduli sono attualmente in fase di sviluppo presso l'Università degli Studi di Salerno.

Studi futuri saranno mirati a verificare l'efficacia del modulo realizzato relativamente ad attività di "training" delle abilità di integrazione visuo-motorie.

4.2 L'acchiappanuvole

Il progetto denominato “acchiappanuvole” è nato nel tentativo di creare strumenti software atti a favorire le skill di lateralizzazione, orientamento e organizzazione spazio-temporale funzionali all'apprendimento della lettoscrittura, nel più generale quadro dell'attenzione dedicata, nel periodo recente, ai disturbi specifici di apprendimento. Il progetto ha portato alla realizzazione di un exergame, espressamente pensato per la fascia d'età della scuola primaria, focalizzato su lateralizzazione e orientamento. Diversamente dal “Gioco delle Forme”, l'exergame sviluppato ha previsto, in fase di design, la presenza di un avatar che, in un ambiente bidimensionale, replicasse in tempo reale i movimenti dell'utente. Gli studi preliminari per il design dell'interfaccia hanno fatto, inizialmente, riferimento a principi di controllo motorio utilizzati regolarmente nell'Interface Design. Come risultato accessorio, alcune osservazioni emerse nella fase di design (e confermate nella fase di test), hanno rivelato come elementi considerati ormai acquisiti nel design delle GUI non possano essere applicati immediatamente nel design di interfacce naturali, in virtù della differenza tra interazione continua e interazione discreta introdotta nel capitolo precedente. Il presente capitolo intende illustrare sia il software realizzato, sia evidenziare i numerosi spunti di riflessione emersi durante le fasi di design, di sviluppo e di test dell'applicazione. In tal senso, dopo aver descritto lo scenario che lega abilità di lettoscrittura e l'elaborazione a livello visuo-spaziale, il testo illustra, in quanto pertinenti agli scopi complessivi di questo lavoro, alcuni elementi di controllo motorio acquisiti nel design di interfacce e ne introduce i punti di criticità nello sviluppo di interfacce naturali. Nel paragrafo conclusivo, i dati raccolti nella fase di alpha testing vengono presentati a dimostrazione di questi elementi di criticità.

4.2.1 Scenario: organizzazione spazio-temporale e apprendimento della lettoscrittura

Attualmente una tematica di particolare interesse in campo pedagogico e didattico è costituita, a causa anche di un mutato scenario legislativo, dal dibattito relativo ai disturbi specifici di apprendimento. Relativamente alla legislazione in merito, si riporta di seguito l'articolo 1 della legge 170 del 2010.

- 1) “La presente legge riconosce la dislessia, la disgrafia, la disortografia e la discalculia quali disturbi specifici di apprendimento, di seguito denominati «DSA», che si manifestano in presenza di capacità cognitive adeguate, in assenza di patologie neurologiche e di deficit sensoriali, ma possono costituire una limitazione importante per alcune attività della vita quotidiana.

- 2) Ai fini della presente legge, si intende per dislessia un disturbo specifico che si manifesta con una difficoltà nell'imparare a leggere, in particolare nella decifrazione dei segni linguistici, ovvero nella correttezza e nella rapidità della lettura.
- 3) Ai fini della presente legge, si intende per disgrafia un disturbo specifico di scrittura che si manifesta in difficoltà nella realizzazione grafica.
- 4) Ai fini della presente legge, si intende per disortografia un disturbo specifico di scrittura che si manifesta in difficoltà nei processi linguistici di transcodifica.
- 5) Ai fini della presente legge, si intende per discalculia un disturbo specifico che si manifesta con una difficoltà negli automatismi del calcolo e dell'elaborazione dei numeri.
- 6) La dislessia, la disgrafia, la disortografia e la discalculia possono sussistere separatamente o insieme.
- 7) Nell'interpretazione delle definizioni di cui ai commi da 2 a 5, si tiene conto dell'evoluzione delle conoscenze scientifiche in materia.” (LEGGE 8 ottobre 2010, n. 170, Nuove norme in materia di disturbi specifici di apprendimento in ambito scolastico.)

Generalmente questi disturbi sono diagnosticati quando “the individual's achievement on individually administered, standardized tests in reading, mathematics, or written expression is substantially below that expected for age, schooling, and level of intelligence. The learning problems significantly interfere with academic achievement or activities of daily living that require reading, mathematical, or writing skills. A variety of statistical approaches can be used to establish that a discrepancy is significant. Substantially below (in DSM IV, NdR) is usually defined as a discrepancy of more than 2 standard deviations between achievement and IQ. [...]”

Relativamente al comma 7 dell'articolo 1 della legge 170, la letteratura scientifica in merito ai DSA riporta che questi “must be differentiated from normal variations in academic attainment and from scholastic difficulties due to lack of opportunity, poor teaching, or cultural factors [...] In individuals with Reading Disorder (which has also been called "dyslexia"), oral reading is characterized by distortions, substitutions, or omissions; both oral and silent reading are characterized by slowness and errors in comprehension. [...] Mathematics Disorder and Disorder of Written Expression are commonly associated with Reading Disorder, and it is relatively rare for either of these disorders to be found in the absence of Reading Disorder. [...] Particularly when Reading Disorder is associated with high IQ, the child may function at or near grade level in the early grades, and the Reading Disorder may not be fully apparent until the fourth grade or later. With early identification and intervention, the prognosis is good

in a significant percentage of cases. Reading Disorder may persist into adult life. [...]Disorder of Written Expression is commonly found in combination with Reading Disorder or Mathematics Disorder. There is some evidence that language and perceptualmotor deficits may accompany this disorder". (American Psychiatric, 1996) dalle voci Learning Disorders, Reading Disorder, Math Disorder, Written expression Disorder).

La letteratura scientifica ha evidenziato, quindi, come le difficoltà nell'apprendimento della lettoscrittura classificate nell'ambito dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento, siano di natura biologica e siano connesse con l'elaborazione:

- a livello visivo e visuo-spaziale (Pavlidis, 1985)
- a livello uditivo (Tallal, 1991)
- a livello fonologico (Temple & Marshall, 1983)
- a livello metafonologico (Lovett, 1992)

Tali difficoltà non hanno carattere patologico ma rappresentano "una variante individuale dello sviluppo che determina nel soggetto condizioni che ostacolano l'acquisizione e lo sviluppo di alcune abilità"(Stella, 2003).

Ci sono quindi numerose evidenze che disturbi quali dislessia, discalculia, disortografia e disgrafia siano in stretta relazione con deficit di natura percettivo-motoria(American Psychiatric, 1996).

L'acquisizione e lo sviluppo delle abilità di letto-scrittura, presuppongono infatti "una serie di prerequisiti, che la maggior parte dei bambini acquisisce spontaneamente nel periodo che coincide con l'inizio della scolarizzazione e, proprio per questo, spesso vengono erroneamente dati per scontati. Fra questi si indicano l'acquisizione dello schema corporeo, la lateralizzazione, l'orientamento e l'organizzazione spazio-temporale. La lettura, infatti, così come la scrittura, segue una precisa direzionalità, e presuppone un adeguato sviluppo delle competenze spazio-temporali e della lateralizzazione; l'organizzazione spaziale è poi implicata nel processo di differenziazione delle forme in base al loro poter essere simmetriche verticalmente o orizzontalmente ".La lettoscrittura richiede, dunque, la padronanza di una lunga catena di abilità: la disponibilità e la fiducia di poter svolgere il compito, il riconoscimento dei caratteri, l'abbinamento al loro suono, l'unione dei fonemi per il riconoscimento della parola, la memoria della loro sequenza, l'automatismo della direzione Sinistra-Destra, l'attribuzione del giusto significato all'insieme dei simboli grafici, la capacità di orientarsi

spazialmente e temporalmente. “Before children can learn to write they should have developed skills that are prerequisites for handwriting. These skills include understanding of directional terms, the ability to recognize similarities and differences in forms, a functional pencil grasp, and the ability to copy lines and shapes. These skills require adequate performance in visual–motor coordination, motor planning, cognitive and perceptual skills, and accurate processing of tactile and kinaesthetic information”(Van Hoorn, Maathuis, Peters, & Hadders-Algra, 2010).

L’analisi della letteratura scientifica sembra quindi suggerire che le abilità di lettoscrittura dipendano, fra gli altri, dai seguenti pre-requisiti:

- Orientamento spazio- temporale,
- Riconoscimento delle forme grafiche,
- Memoria delle sequenze(Byron & Gabor, 1971).

Il denominatore comune di tali abilità è la lateralizzazione, prerequisito dell’orientamento spazio-temporale, del riconoscimento delle forme grafiche, della memoria delle sequenze(Byron & Gabor, 1971) e, più in generale, prerequisito imprescindibile per un completo sviluppo psicomotorio. La lateralizzazione implica, infatti, la capacità di identificare la destra e la sinistra sul proprio corpo e sul corpo degli altri e la capacità di proiettare tale distinzione sullo spazio in generale. La lateralizzazione costituisce il processo attraverso cui si sviluppa la lateralità, ovvero la conoscenza e la consapevolezza dei lati sinistro e destro del proprio corpo e l’uso che viene fatto dei due lati del corpo durante l’azione e il movimento.

Il presente progetto si è mosso, quindi, verso la realizzazione di un exergame che fosse in grado di facilitare lo sviluppo del processo di lateralizzazione.

4.2.2 Il controllo motorio nello User Interface Design

Il primo passo compiuto in questa direzione è stato costituito dalla progettazione di un’interfaccia naturale che favorisse la propriocezione nello spazio digitale.

Nello studio preliminare, si è fatto riferimento ad alcuni principi ergonomici tradizionalmente applicati al design delle interfacce, quali le leggi di Hick e di Fitts e il concetto di compatibilità tra risposta e stimolo. (Fitts, 1954; Fitts & Seeger, 1953; Hick, 1952). I risultati, parzialmente inattesi, emersi

durante la fase di alpha-testing dell'applicazione rendono necessario introdurre sommariamente tali principi.

Gli studi sullo User Interface Design, infatti, hanno in molte occasioni messo a frutto i risultati delle ricerche effettuate nel campo del controllo motorio, riferendosi generalmente ad un modello elementare di elaborazione dell'informazione noto come "information-processing approach" (Schmidt & Wrisberg, 2008) sviluppato nell'ambito della psicologia cognitiva. In questo modello, la persona inizia ad interagire con le informazioni derivate dall'ambiente (input), le processa attraverso differenti operatori, e produce un'azione (output). L'input è generalmente rappresentato da uno stimolo (ad esempio un segnale audio, un'immagine, una luce) che lo sperimentatore presenta al soggetto dell'esperimento. Questo approccio suddivide il processo che va dall'identificazione dello stimolo alla produzione del comportamento motorio in tre fasi principali.

- Identificazione dello stimolo.
- Selezione della risposta motoria.
- Programmazione della risposta motoria (Schmidt & Wrisberg, 2008).

Durante la prima fase il soggetto è chiamato a compiere un'azione di identificazione e selezione delle informazioni in entrata. In questa fase il soggetto ha un ruolo attivo nel determinare e nell'assemblare informazioni provenienti dall'esterno (come colori, bordi etc) per identificare un determinato stimolo e il suo comportamento. Durante la seconda fase il soggetto deve utilizzare le informazioni provenienti dal primo step per decidere come agire.

Nella terza fase, infine, dopo aver preso una decisione relativa a come agire, e prima che l'azione abbia effettivamente inizio, il soggetto dovrà richiamare il programma motorio da utilizzare e prepararsi effettivamente all'azione.

Terminate queste fasi, l'output motorio potrà avere inizio. Le fasi del processo sono riassunte e schematizzate nella figura 16.

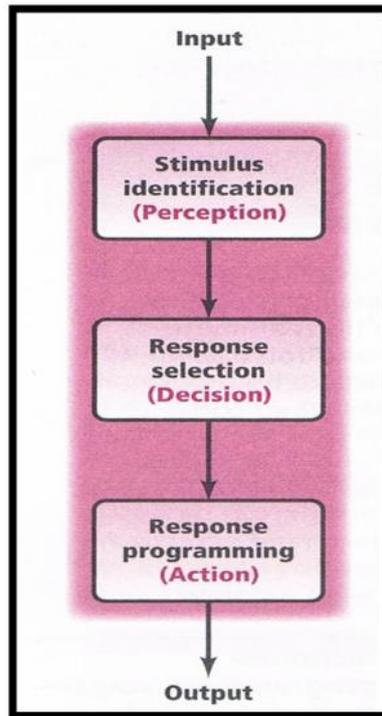


Figura 16 – Information Processing Approach (Schmidt &Wrisberg, 2008)

Il modello proposto di schematizzazione dei processi di presa di decisione o di information-processing presuppone le fasi del processo come discrete, separate e non sovrapponibili; con queste premesse, i tempi di risposta costituiscono un potenziale estimatore globale della durata delle tre fasi riportate nella figura 14.

Questi vengono infatti generalmente considerati come dei buoni indicatori della velocità del processo di decision-making e dell'information-processing, poiché iniziano quando lo stimolo viene presentato e terminano quando il movimento ha effettivamente inizio. Gli studi di User Interface Design hanno, conseguentemente, attribuito un peso consistente ai fattori in grado di influenzare i tempi di risposta e il processo di presa di decisione.

4.2.3 Legge di Hick

Tra i fattori in grado di influenzare i tempi di risposta e il processo di presa di decisione, un ruolo chiave è attribuito al numero di stimoli, ognuno implicante forme di azione differenti, che il soggetto si trova a dover elaborare. Un esperimento comunemente condotto per verificare questo fenomeno consiste nel richiedere ad un soggetto di rispondere a stimoli differenti in modo differente. Generalmente, task che richiedono di reagire ad un singolo stimolo, che implica una singola forma di

reazione, richiedono tempi di risposta minori rispetto a task in cui sono presenti stimoli differenti che implicano reazioni differenti. In particolare la legge di Hick-Hyman afferma che esiste una “relazione lineare fra i tempi di risposta e il logaritmo del numero di coppie stimolo-risposta possibili”, ovvero che il tempo richiesto “agli utenti per prendere decisioni è determinato dal numero di possibili scelte che hanno a disposizione. Gli esseri umani non considerano un gruppo di possibili scelte una ad una. Piuttosto, suddividono le scelte in categorie, eliminando circa metà delle scelte rimanenti ad ogni passo del processo decisionale. Applicando la legge di Hick al design delle interfacce, se ne deduce che un utente farà delle scelte più velocemente da un menù di 10 elementi piuttosto che da due menu di 5 elementi ciascuno” (Saffer, 2007).

Più in dettaglio, come è possibile evincere dai grafico 1, i tempi di risposta aumentano sensibilmente quando il numero delle alternative aumenta da uno a due. All’aumentare delle possibili coppie stimolo-risposta, il tempo di reazione continua a salire, tuttavia l’incremento diminuisce gradualmente.

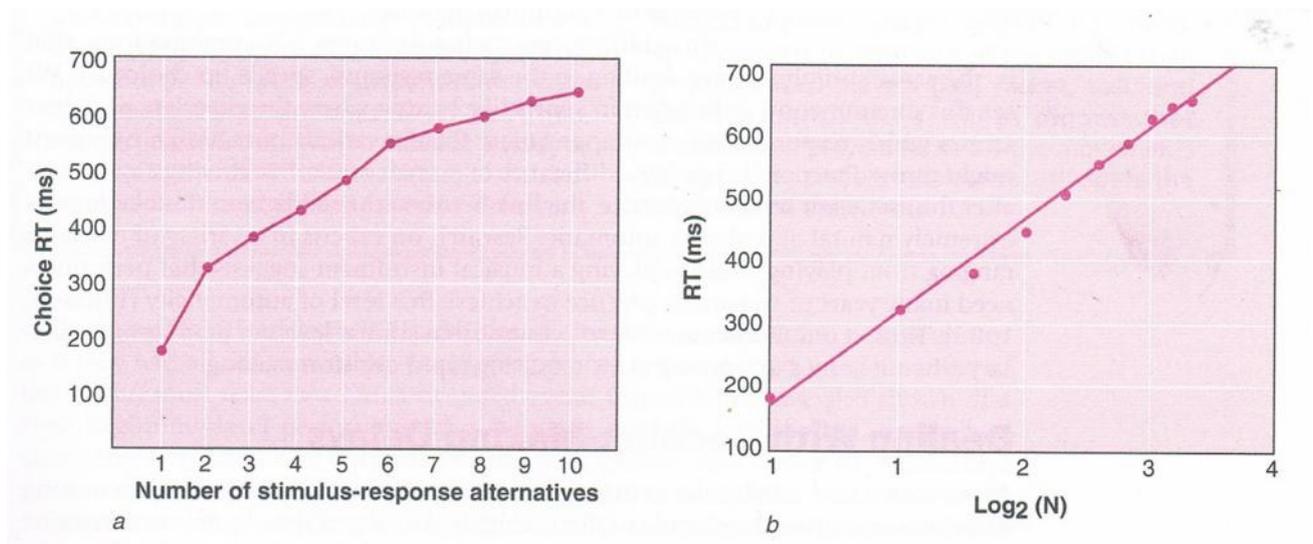


Grafico 1 - fonte Schmidt & Wrisberg, 2008

4.2.4 Compatibilità stimolo-risposta

Un altro importante fattore in grado di influenzare i tempi di risposta è costituito dalla compatibilità fra stimolo-risposta, generalmente questa è definita come una “naturale connessione fra lo stimolo e la risposta” che questo può generare. Per esempio, usare la mano destra, al posto della sinistra, per rispondere ad uno stimolo che si muove verso destra, ed alla nostra destra, costituisce uno stimolo compatibile perché sia lo stimolo che la risposta si muovono nella stessa direzione.

Si consideri l'esempio fornito da Schmidt e riportato nella figura 17.

Nell'esperimento proposto il soggetto ha due stimoli (le lampadine) e due risposte possibili (due pulsanti da premere). Nella situazione (a) il soggetto dovrà rispondere all'accensione della luce-stimolo sinistra attraverso la pressione con la mano sinistra del pulsante sinistro e all'accensione della luce-stimolo destra attraverso la pressione con la mano destra del pulsante destro. Nella situazione (b) il soggetto dovrà rispondere all'accensione della luce-stimolo sinistra attraverso la pressione del pulsante destro con la mano destra e all'accensione della luce-stimolo destra attraverso la pressione del pulsante sinistro con la mano sinistra.

Nell'esempio riportato, la coppia stimolo-risposta rappresentata sulla sinistra (a) risulta essere più compatibile rispetto a quella sulla destra (b) poiché la posizione dello stimolo e della risposta è la stessa, ed il tempo di reazione risulterà minore rispetto alla situazione (b).

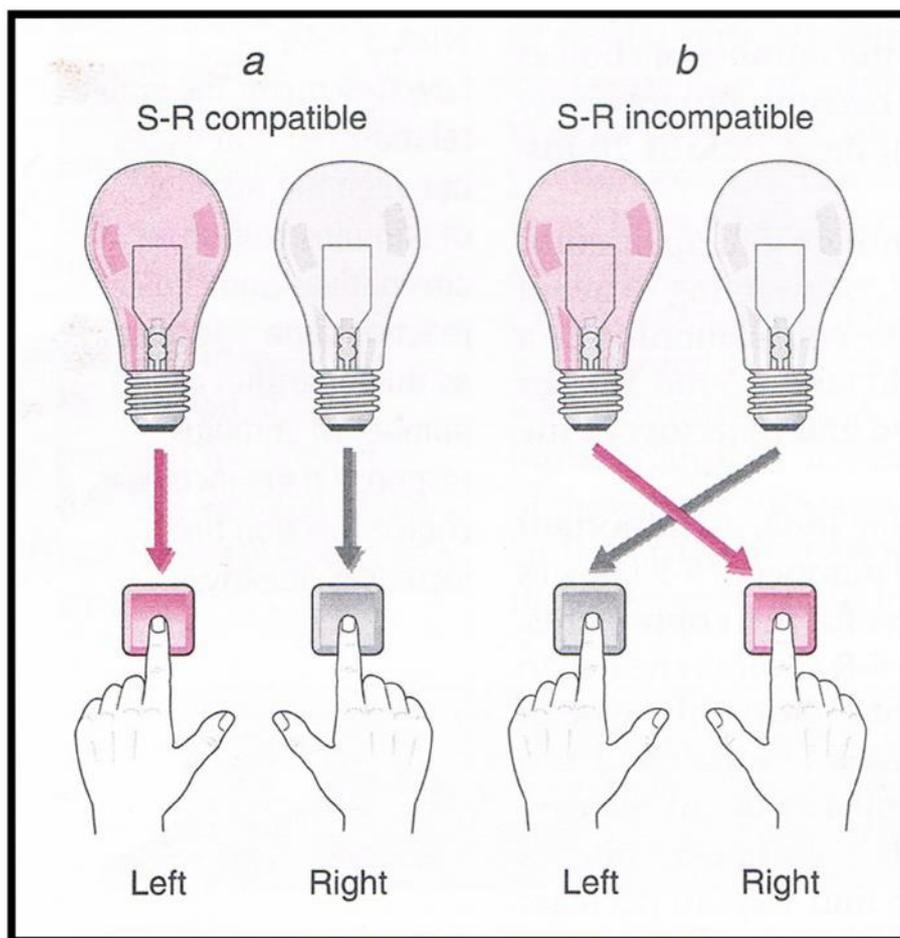


Figura 17, compatibilità S-R, Schmidt & Wrisberg, 2008

Generalmente, i tempi di risposta saranno minori per le coppie stimolo-risposta compatibili e maggiori per le coppie stimolo-risposta incompatibili.

4.2.5 Legge di Fitts

Un altro fattore che ha una profonda influenza sui tempi di risposta è quello studiato dallo psicologo Paul Fitts ed esposto nella *“legge di Fitts”*.

Questa legge dichiara che “il tempo richiesto per spostarsi da una posizione di partenza a un bersaglio finale è determinato da due fattori: la distanza dal bersaglio e la dimensione del bersaglio. La legge di Fitts modella l’atto del puntare, sia con un dito che con un dispositivo come un mouse. Più grande è il bersaglio, più veloce è il puntamento. Analogamente più vicino è il bersaglio, più velocemente possiamo puntarlo”(Saffer, 2007).

4.2.6 Immagine tempo e immagine movimento: ancora su discreto e continuo

Lo studio sui tempi di reazione e sui fattori che li influenzano è stato utilizzato con profitto nel design delle interfacce. Le ragioni di questo profitto sono probabilmente ravvisabili in una caratteristica comune che lega la natura delle interfacce (GUI) e il modello di Information Processing descritto. Come illustrato nel precedente capitolo, l’interazione che si realizza nelle GUI è un’interazione discreta, dialogica, che ben si sposa con un modello teorico che prevede fasi discrete e non sovrapponibili. In sostanza, questo modello è funzionale ad un’interazione che escluda, o riduca al minimo, l’embodiment e che consideri spazio e tempo come elementi separati, coerentemente con una concezione del tempo come qualcosa in movimento rispetto ad un osservatore statico, un percorso lineare da A a B in cui collocare il nostro corpo. Non a caso, si sente spesso parlare di “flusso” del tempo. Contro la metafora del flusso si è già scagliato, a suo tempo, Merleau-Ponty, affermando che il tempo “is not like a river, not a flowing substance” and “it is not the past that pushes the present, nor the present that pushes the future, into being”. Piuttosto, “I belong to space and time, my body combines with them and includes them”(M. Merleau-Ponty, 1962).

Le riflessioni di Merleau-Ponty trovano eco in Deleuze che, all’idea di immagine movimento, giustappone l’idea di immagine-tempo(Deleuze, 1983, 1985). Come già accennato sopra, in questa concezione, “each movement is not just a change of place within a whole but a becoming in which the movement is a transformation of the body which moves” (Colebrook, 2002).

L'idea del divenire, rifuggendo qui da citazioni più lontane nel tempo, è alla base dell'interazione continua, enattiva che costituisce il potenziale più interessante delle NUI: "today's creative computing system can present powerfully evocative meanings by invoking a sense of the "becoming" whole in spatiotemporally embodied interaction. This means that users are engaged in interfaces that highlight perceivable continuity and variation. Hence, we argue, in creative computing systems the idea of embodiment must be reconsidered from the perspective of engagement in a holistically transformative and partially responsive world" (Chow & Harrell, 2011).

4.2.7 Lo sviluppo dell'applicazione

Il progetto ha portato alla creazione di un exergame ("l'acchiappanuvole"), basato sulla tecnologia Kinect di Microsoft, in cui il giocatore controlla un avatar sullo schermo (tutti i movimenti del giocatore, con qualunque parte del corpo, diventano movimenti dell'avatar). Il target di riferimento è la fascia d'età della scuola primaria (ragazzi tra i 6 e gli 11 anni di età).

Scopo del gioco è colpire con le mani delle nuvole (stimoli) che appaiono in maniera casuale in una zona qualsiasi dell'area di gioco e si dirigono verso destra o verso sinistra. Se il giocatore colpisce le nuvole, guadagna un punto; se non le colpisce, le nuvole scompaiono dall'area di gioco. Il gioco si interrompe quando il giocatore manca 10 nuvole. Man mano che si guadagnano punti, aumenta la velocità delle nuvole.

Sfruttando una delle caratteristiche peculiari di Kinect (la possibilità di identificare i segmenti corporei dell'utente), le nuvole-stimolo sono state divise in due categorie e associate alle mani del giocatore, di modo che alcuni stimoli possano essere colpiti solo con la mano sinistra ed altri solo con la mano destra. Le mani dell'avatar sono state colorate in maniera corrispondente ai due tipi di stimolo in maniera da semplificarne il riconoscimento (nuvole rosse da colpire con la mano rossa, nuvole verdi da colpire con la mano verde). In accordo alle osservazioni emerse in fase di design, cui si è fatto precedentemente riferimento, il software è stato corredato di un modulo di raccolta dei dati progettato per distinguere stimoli ad alta compatibilità da stimoli a bassa compatibilità.

L'ipotesi legata allo Information Processing Approach vorrebbe che le leggi generali riguardanti il rapporto tra il numero di coppie SR possibili ed i tempi di reazione (cfr, legge di Hick) si applichino anche nel contesto digitale e che, pertanto, i tempi di reazione aumentino sistematicamente in presenza di stimoli a bassa compatibilità.

L'alpha-testing è stato condotto su un campione di 70 studenti provenienti da un istituto comprensivo del centro di Napoli e della scuola primaria e secondaria di primo grado dell'isola di Procida, in occasione di una manifestazione scolastica nazionale, ed ha dimostrato la funzionalità dell'exergame. I dati raccolti, analizzati in via preliminare, non confermano pienamente l'ipotesi citata: la media dei tempi di reazione agli stimoli classificati come "stimoli ad alta compatibilità" presenta valori leggermente più alti rispetto alla media dei tempi di reazione agli stimoli classificati come "stimoli a bassa compatibilità". Il campione ristretto e le modalità di raccolta dei dati (i risultati sono presentati nel paragrafo successivo) non consentono generalizzazioni, ed al momento non è possibile escludere l'influenza di una componente casuale o di un eventuale errore. Tuttavia, se confermato da successive sperimentazioni condotte ad hoc, il ribaltamento della "naturale attesa" della relazione tra tempi di risposta e compatibilità dello stimolo potrebbe essere collegato col recupero della dimensione proattiva e con il capovolgimento dello schema percezione-azione descritto da Berthoz (si veda il paragrafo *Livello biologico* nel capitolo 2), recupero reso possibile dal coinvolgimento dell'intero corpo dell'utente nel controllo dell'avatar.

Si specifica comunque che l'analisi statistica è stata per ora condotta utilizzando gli indici di posizione standard e ci si riserva di sottoporre i dati raccolti ad un test di ipotesi. Le attuali ipotesi di sviluppo dell'exergame riguardano: lo "speed-accuracy-trade-off" (introduzione di stimoli per verificare l'applicabilità della legge di Fitts), gli effetti dell'aumento del numero di stimoli sui tempi di reazione (legge di Hick), l'influenza della specularità nell'exergame (rilascio di due versioni, una speculare ed una omolaterale dell'exergame e confronto dei risultati).



Figura 18

4.2.8 Risultati

La seguente tabella, a titolo di esempio, riporta i dati relativi alle interazioni di un singolo utente durante la fase di gioco. La tabella riporta i dati così come registrati dal software. La prima colonna è relativa all'ID utente, la seconda colonna riporta la posizione di partenza dello stimolo, la terza l'identificativo dello stimolo. La quarta e la quinta colonna rilevano rispettivamente ascissa e ordinata, al momento della comparsa dello stimolo, della mano dell'utente associata allo stimolo. Sesta e settima colonna rilevano la posizione dello stimolo al momento della comparsa. L'ottava colonna riporta il livello di compatibilità dello stimolo, calcolata in base alla relazione tra posizione dello stimolo al momento della comparsa, posizione, al momento della comparsa dello stimolo, della mano associata, e posizione del baricentro del corpo dell'utente. Le ultime due colonne riportano rispettivamente l'esito dell'interazione e il tempo intercorso tra comparsa e scomparsa dello stimolo.

Utente	Tipo_nuvola	Id	X_mano	Y_mano	X_nuvola	Y_nuvola	Compatibilità	Colpito	Tempo
5h	startdx	manodx0	24	10	534	0	alta	colpito	0,6
5h	startsx	manosx0	17	264	900	413	alta	colpito	0,6
5h	startdx	manodx1	24	232	286	480	alta	colpito	1
5h	startdx	manodx2	24	10	392	33	alta	NO	0
5h	startdx	manodx3	24	240	248	255	alta	colpito	2,4

5h	startdx	manodx4	25	16	315	120	alta	colpito	7
5h	startsx	manosx1	16	14	184	0	bassa	colpito	7
5h	startsx	manosx2	16	5	19	554	bassa	colpito	7
5h	startsx	manosx2	15	128	507	678	alta	colpito	7
5h	startdx	manodx5	23	5	303	20	alta	colpito	2,3
5h	startdx	manodx6	25	8	766	19	bassa	colpito	3,8
5h	startdx	manodx6	25	408	357	100	alta	colpito	3,8
5h	startdx	manodx7	27	15	51	509	alta	colpito	4,2
5h	startsx	manosx2	14	11	987	10	alta	colpito	4,2
5h	startdx	manodx8	19	3	57	75	alta	colpito	1,4
5h	startdx	manodx9	8	11	211	10	bassa	NO	0
5h	startdx	manodx10	21	11	285	304	alta	colpito	0,8
5h	startdx	manodx11	19	14	299	25	alta	colpito	0,6
5h	startdx	manodx12	488	13	345	620	alta	colpito	0,8
5h	startdx	manodx13	21	12	226	479	alta	colpito	0,8
5h	startdx	manodx14	384	17	334	333	alta	NO	0
5h	startdx	manodx15	22	296	153	113	alta	colpito	3,9
5h	startsx	manosx3	11	176	412	696	alta	colpito	3,9
5h	startdx	manodx16	16	21	150	0	alta	colpito	1,7
5h	startdx	manodx17	14	11	627	344	bassa	colpito	0,6
5h	startdx	manodx18	26	9	213	302	alta	colpito	0,9
5h	startdx	manodx19	336	19	132	657	alta	colpito	2,5
5h	startsx	manosx3	12	14	66	266	bassa	colpito	2,5
5h	startsx	manosx3	13	13	591	598	alta	colpito	2,5
5h	startdx	manodx20	328	240	204	342	alta	colpito	0,7
5h	startdx	manodx21	23	13	595	417	bassa	NO	0
5h	startdx	manodx22	24	14	90	101	alta	colpito	4,4
5h	startsx	manosx4	472	18	488	622	alta	colpito	4,4
5h	startsx	manosx5	14	22	805	73	alta	colpito	4,4
5h	startdx	manodx23	17	17	82	93	alta	colpito	4,3
5h	startsx	manosx6	472	10	257	261	bassa	colpito	4,3
5h	startsx	manosx7	13	13	962	391	alta	colpito	4,3
5h	startdx	manodx24	16	15	166	290	alta	colpito	10,2
5h	startsx	manosx8	632	18	84	436	bassa	colpito	10,2
5h	startsx	manosx8	320	464	599	76	alta	colpito	10,2
5h	startdx	manodx25	552	7	636	158	bassa	colpito	10,7
5h	startsx	manosx9	16	264	289	615	bassa	colpito	10,7
5h	startsx	manosx10	224	16	874	432	alta	colpito	10,7
5h	startdx	manodx25	22	12	105	324	alta	colpito	10,7
5h	startsx	manosx11	344	14	181	9	bassa	colpito	10,7
5h	startdx	manodx26	16	19	597	620	bassa	colpito	8
5h	startsx	manosx11	13	16	533	628	alta	colpito	8
5h	startdx	manodx27	26	352	191	491	alta	colpito	8,9
5h	startsx	manosx12	13	17	583	73	alta	colpito	8,9
5h	startdx	manodx28	20	408	304	152	alta	colpito	8,8
5h	startsx	manosx13	17	16	854	608	alta	colpito	8,8
5h	startdx	manodx29	21	14	187	535	alta	colpito	8,8
5h	startsx	manosx14	15	17	255	447	bassa	colpito	8,8

5h	startdx	manodx30	21	368	75	264	alta	colpito	6,3
5h	startsx	manosx15	16	16	832	452	alta	colpito	6,3
5h	startdx	manodx31	23	16	225	203	alta	colpito	6,8
5h	startsx	manosx16	16	16	997	509	alta	colpito	6,8
5h	startdx	manodx32	21	16	709	333	bassa	colpito	5,5
5h	startdx	manodx32	21	13	355	697	alta	colpito	5,5
5h	startsx	manosx17	320	14	94	255	bassa	colpito	5,5
5h	startsx	manosx18	336	392	716	25	alta	colpito	5,5
5h	startdx	manodx33	21	16	613	403	bassa	NO	0
5h	startsx	manosx19	14	10	938	315	alta	NO	0
5h	startdx	manodx33	22	14	516	372	alta	NO	0
5h	startsx	manosx20	16	16	121	190	bassa	NO	0

Tabella 3

La tabella seguente riporta le medie dei tempi, espresse in secondi, relative rispettivamente a stimoli ad alta e a bassa compatibilità. La tabella è relativa alle interazioni dell'intero campione esaminato e prende in considerazione esclusivamente le interazioni concluse con esito positivo.

Come è possibile dedurre dai grafici 2 e 3, l'incidenza degli insuccessi sul numero totale delle interazioni non varia tra stimoli ad alta o a bassa compatibilità in percentuale tale da autorizzare l'ipotesi che il dato riportato in precedenza sia viziato dal numero degli insuccessi relativi agli stimoli a bassa compatibilità.

Media tempi alta compatibilità	11,09
Media tempi bassa compatibilità	10,93

Tabella 4

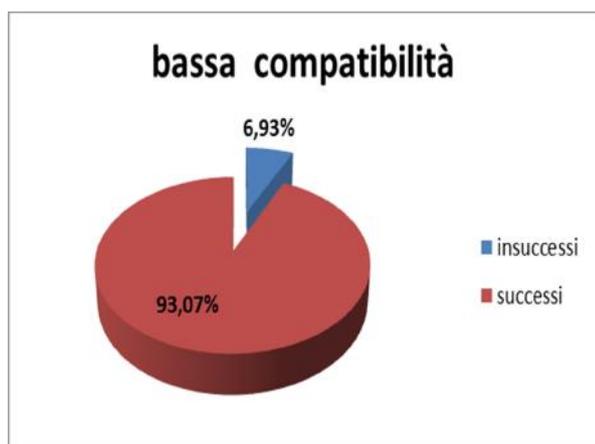


Grafico 2

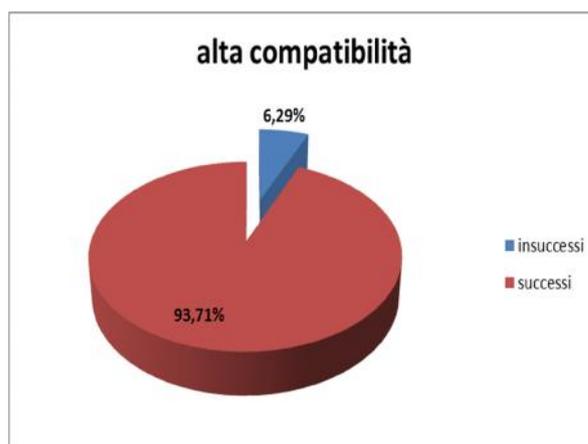


Grafico 3

Il trend evidenziato nella tabella 4, relativa all'intero campione, risulta confermata dalle medie dei tempi di ogni singolo utente, che qui vengono omesse per brevità.

4.3 La montagna e il mouse: edizione digitale di un classico problema Piagetiano

Il terzo progetto, tuttora in corso, ha portato, nel quadro più generale dello studio sulle potenzialità educative dei narrative games, alla progettazione e all'avvio della fase di sviluppo di un edu-game orientato all'assessment delle capacità empatiche del giocatore. La valutazione dell'empatia, nel quadro dell'*Aptitude-Treatment Interactions*, è funzionale all'adattamento dei giochi narrativi alle caratteristiche degli studenti. L'*Aptitude-Treatment Interactions* (ATI) (Cronbach & Snow, 1981; Snow & Swanson, 1992; Tobias, 1989), richiede, infatti, l'individuazione delle caratteristiche distintive di uno studente e utilizza i risultati di questa ricerca per adattare il processo di instructional design, selezionando le strategie più opportune per facilitare il processo di apprendimento individuale. Il progetto quindi è nato intorno al tentativo di trovare una strategia per misurare e valutare ciò che J.P. Gee ha definito *empathetic embodiment* (J. P. Gee, 2004), ovvero il processo di immersione in un contesto sul piano narrativo, interattivo e percettivo, al fine di intervenire, tramite meccanismi adattivi, direttamente sulle strutture narrative degli edu-games.

4.3.1 Misurare l'empatia: lo status quo

Non esistendo una definizione unica di empatia, non ci sono indici assoluti per misurarne il livello.

Di conseguenza, l'idea della misurazione dell'empatia ha avuto storia lunga e complessa.

Due aggettivi, tuttavia, sono presenti in molte definizioni di empatia: affettivo e cognitivo.

Generalmente il termine empatia emotiva è utilizzato per definire una risposta affettiva congruente con quella di un altro stato emotivo, e il termine empatia cognitiva è utilizzato per definire la capacità di assumere la prospettiva di un'altra persona, al fine di comprenderne lo stato emotivo.

Le diverse tecniche di misurazione di empatia possono quindi essere classificate in base agli aspetti che prendono in considerazione: cognitivi (Hogan, 1969), affettivi (Mehrabian & Epstein, 1972) e multidimensionali (Davis, 1980).

Nella seconda metà del '900, la ricerca ha riconosciuto la necessità dell'integrazione degli aspetti affettivi e cognitivi. Teorici dell'empatia e ricercatori, infatti, hanno sostenuto che la comprensione del livello di empatia possa risultare più completa con l'esplicito riconoscimento della compresenza delle componenti affettive e cognitive nella risposta empatica (Hoffman, 1977), e sulla base di questo

approccio multidimensionale Davisha sviluppato una scala per la misura delle differenze individuali di capacità empatica (Interpersonal Reactivity Index-IRI)(Davis, 1980).

L'approccio multidimensionale non considera l'empatia come un singolo costrutto unipolare, ma come un insieme di costrutti collegati. La scala realizzata da Davis è composta infatti da diverse sottoscale (Fantasy-empathy, Perspective taking, Empathic concern and Personal distress)che riguardano differenti aspetti del concetto globale di empatia.

4.3.2 Empathy reloaded: il punto di vista della fenomenologia

Rispetto allo scenario delineato in precedenza, maturato principalmente in ambito psicologico, le recenti evidenze provenienti dall'ambito neuroscientifico e le elaborazioni concettuali sulla cognizione incarnata contribuiscono ad arricchire (e a complicare) il quadro, tanto che non si rende possibile una trattazione esaustiva in questa sede. Occorre quindi rendere esplicito come la definizione adottata in questo studio non intenda includere le numerose varianti del concetto di empatia, ma si concentri su uno dei meccanismi fondamentali del processo empatico particolarmente funzionale nel design delle interfacce ed in particolar modo delle interfacce naturali: la manipolazione dei sistemi di riferimento spaziali.

Alain Berthoz ha proposto una *teoria spaziale dell'empatia*, basata sull'abilità umana di intervenire sulla gestione del punto di vista. Secondo Berthoz, "empathy is important for social relation and to guess the opinions of others. Finally, it is essential to rational thinking, because it allows to examine the facts and arguments from different points of view. This mental operation assumes that you accomplish a sort of mental rotation on themselves, in relation to the environment, or an object environment, maintaining a main perspective environment in question" (A. Berthoz, 2011).

La riflessione di Berthoz, maturata negli studi sulla *Physiologie du changement de point de vue*(A. Berthoz, 2004),si inserisce nella scia della tradizione fenomenologica:"In relation to a modern conception of the philosophical tradition of phenomenology and a primary role of cognitive Embodiment" Berthoz showed "that there is a basic difference between sympathy and empathy. While sympathy is akin to an emotional contagion and does not require the subject to adopt the point of view of others, empathy requires a dynamic and complex manipulation of spatial reference systems". (A. Berthoz & Thirioux, 2010).

Basandosi sulla distinzione operata in ambito filosofico da Gérard Jorland in *“L’Empathie, histoire d’un concept”* (Jorland, 2004), Berthoz afferma che i meccanismi neurali alla base della manipolazione dei sistemi di riferimento spaziali è il nodo centrale della differenza tra le due modalità di relazione intersoggettiva (A. Berthoz, 2004).

Adottando questo approccio, l’empatia è una modalità che ci consente di entrare in relazione con l’altro senza attribuire a noi stessi “what the other is experiencing”, piuttosto entrando nel corpo altrui per assumerne il punto di vista, ovvero per vedere il mondo con occhi altrui. La filosofia tedesca aveva già sottolineato, alla fine del 19° secolo, questo aspetto, utilizzando il termine “Einfühlung”, to “feel (fühlen) into (ein)” (Vischer, 1927); (Husserl, 1973)

In *Einfühlung*, il prefisso *ein-* “dentro” – si riferisce a un processo spaziale di simulazione mentale tramite il quale noi ci proiettiamo nell’altro, ovvero immaginiamo di essere posizionati nel corpo altrui (aspetto spaziale). La radice *fühlen* invece si riferisce ad una esperienza soggettiva a carattere sensoriale o emozionale. La stessa struttura linguistica, pertanto, suggerisce una interazione dinamica tra le esperienze simultanee del proprio corpo e del corpo altrui (A. Berthoz & Thirioux, 2010).

Così, nell’approccio fenomenologico l’empatia è un meccanismo decisamente più complesso della simpatia, poichè richiede un cambio di prospettiva e una forma di esperienza extracorporea che ci separi dal nostro corpo e navighi nel corpo altrui tramite un nostro “second self” o “mental double,” (A. Berthoz & J. L. Petit, 2006) o “doppelgänger” (Brugger, 2002). Di fatto, quest’approccio costituisce un ribaltamento rispetto alle linee neuroscientifiche che *“addressed the question of the neural basis of sympathy and emotion via emotional contagion and resonance and do not address the complex dynamic mechanisms of empathy”*.

Nel campo delle neuroscienze, infatti, l’interesse per la relazione con gli altri è stato sollecitato dalla scoperta dei “neuroni specchio” nella corteccia premotoria ventrale (area F5) e nel lobulo parietale inferiore del cervello del macaco, che si attivano sia quando il macaco compie un’azione - come afferrare una nocciolina - e quando si osserva la stessa azione eseguita da un altro individuo - ad esempio, lo sperimentatore (Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996; Rizzolatti, Fadiga, Fogassi, & Gallese, 1999). L’interesse per l’empatia è aumentato quando gli studi che utilizzano immagini di risonanza magnetica funzionale (fMRI) hanno rivelato che aree specifiche del cervello umano si attivano durante l’elaborazione delle proprie emozioni, intenzioni, sensazioni o azioni, ma anche durante l’elaborazione delle emozioni, intenzioni, sensazioni o azioni altrui. Questa corrispondenza

diretta autorizza l'idea di una forma diretta di comprensione dell'azione basata sulla simulazione, uno specifico meccanismo per mezzo del quale il sistema cervello / corpo modella la sua interazione con il mondo (Gallese, 2007).

Nell'ipotesi sviluppata al Collège de France, sono stati identificati quattro processi alla base delle relazioni empatiche:

1. La costruzione di una percezione coerente del nostro corpo e delle sue relazioni con l'ambiente.
2. La capacità di risuonare con le emozioni e le percezioni altrui.
3. La capacità di cambiare punto di vista o prospettiva e muovere il nostro corpo e il nostro cervello nel corpo e nel cervello altrui ("*Einführung*").
4. La capacità di abbandonare la prospettiva egocentrica o eterocentrica (il nostro punto di vista o il punto di vista altrui) per adottare una prospettiva allocentrica, inibendo il contagio emozionale (A. Berthoz & Thirioux, 2010).

Compiutamente, l'ipotesi di Berthoz è che tali processi richiedano il contributo (sia pure non esclusivo) di diversi meccanismi cerebrali coinvolti nella percezione spaziale, nella manipolazione mentale dei sistemi di riferimento e nel cambio di prospettiva. Il problema dell'empatia non è però riducibile alla gestione delle informazioni spaziali e all'assunzione meccanica della posizione altrui nello spazio. Il nodo centrale è nell'essere al contempo se stessi e l'altro. Non è riducibile semplicemente al sistema dei neuroni specchio, non concerne l'abilità di simulare l'azione, l'esperienza o l'emozione altrui, ma riguarda l'abilità di cambiare punto di vista rimanendo al contempo noi stessi.

I meccanismi empatici sopra descritti sono differenti in base ad una nutrita serie di fattori, tra i quali menzioniamo in primis il sesso e la distanza, e la letteratura scientifica non offre molte evidenze.

Berthoz&Thirioux sottolineano che "neuropsychologists have already revealed different networks for body space, reaching space, near locomotor space as well as far environmental space, which was confirmed by modern fMRI studies (WEISS et al. 2000). Therefore, our hypothesis is that empathy involves different networks depending upon the distance at which the other is located. This aspect has been completely ignored until now."

A maggior ragione, è possibile affermare che gli studi che analizzino questo problema nel contesto digitale sono ancora pochi. Questo sembra ancora più interessante se si ricorda:

- come molti videogiochi assumano la prospettiva in prima persona come prospettiva dominante (FPC – First Person Camera) ma consentano al tempo stesso di cambiare prospettiva all’occorrenza (TPC –ThirdPerson Camera), e come, di conseguenza, l’abitudine di switchare tra le diverse prospettive sia consolidata e ritenuta efficace tra i gamers
- come la diffusione massiccia di interfacce naturali nei videogames (basata su periferiche come, ad esempio, il wiimote o Kinect) abbia contribuito a ridefinire il concetto di spazio, rendendo “sensibile” lo spazio del gamer.

L’ipotesi che studi di questa natura siano applicabili al contesto virtuale è affermata sperimentalmente dallo stesso Berthoz:

“We designed a behavioral study in which participants interacted spontaneously with a life-sized virtual tightrope walker walking forward, backward and leaning to her left or right on a rope. Here, we report results showing that participants automatically embodied the avatar’s leaning movements. Moreover, the form of the participants’ motor behavior (i.e., automatic leaning movements to their right and left when the tightrope walker was leaning to her own right and left, respectively) revealed that participants, using mental imagery, located spontaneously themselves in the avatar body position, suggesting that they embodied the avatar’s visuo-spatial perspective in the avatar’s body position to take its visuo- spatial perspective, suggesting that embodiment process is not necessarily exhibited by a physically mirroring body posture. We further propose a model of self–other interaction showing how perspective-taking mechanisms may relate on mental body transformation and enabling to deepen the description of the different sorts of inter-subjectivity.”(A. Berthoz & Thirioux, 2010)

4.3.3 Il prototipo di edu-game

L’ipotesi di realizzare un edu-game sul perspective taking e sul cambio di punto di vista ha riportato immediatamente alla memoria un esperimento classico.

“Una prova sperimentale molto nota è quella offerta da Piaget: partendo da un disegno che rappresenta una persona che sta fotografando tre piramidi o cumuli (di sabbia o altro), si chiede al bambino: «come si vedrà la fotografia: sarà a, b, c, d, oppure e?» (Figura 1). Tenendo presente la posizione del fotografo, la scelta dovrebbe cadere sulla figura «c». Questa è la posizione di chi è capace di porsi in situazioni spaziali diverse da chi guarda solo centralmente; un bambino, invece, ancora immerso in un

punto di vista egocentrico, trova difficoltà a scegliere una figura fuori dal suo stretto punto di vista. Uscire dall'egocentrismo, quindi, vuol dire essere capaci di vedere la realtà (non solo quella spaziale, ma anche una realtà mentale, linguistica o di altro tipo) da più punti di vista, comunque diversi dal proprio" (Trisciuzzi & Zappaterra, 2011).

La figura in basso mostra riproduce il "compito delle tre montagne".

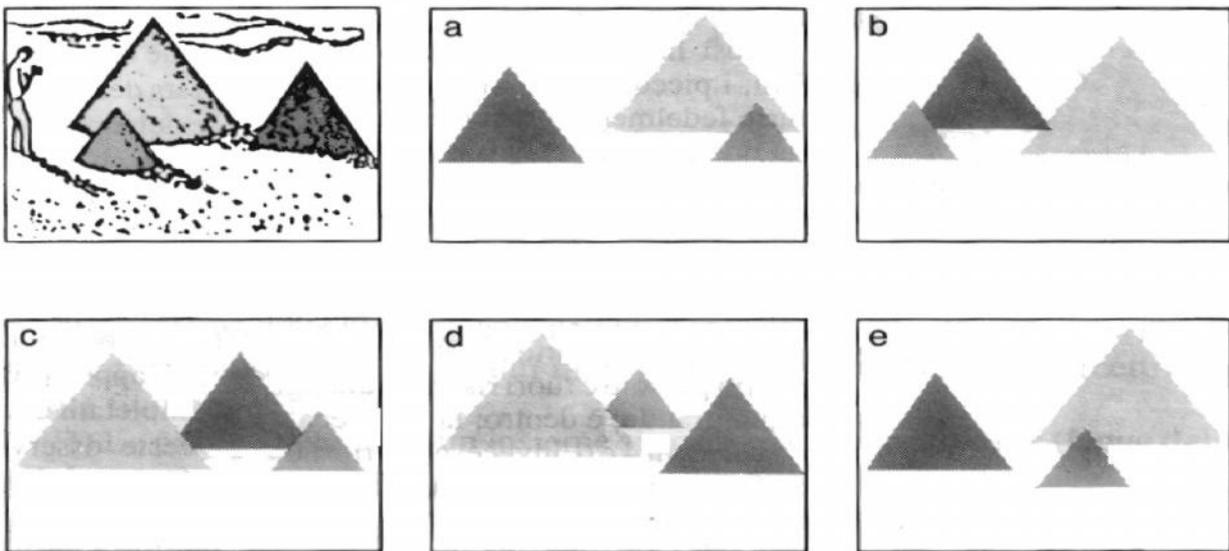


Figura 19 - il compito delle tre montagne – fonte: (Trisciuzzi & Zappaterra, 2011)

Sulla scorta del task piagetiano, il prototipo di videogame realizzato allo stato attuale richiede all'utente di navigare in uno spazio tridimensionale tramite un avatar. Differenti ambienti tridimensionali sono stati elaborati e popolati con differenti characters. Per ogni ambiente, vengono fornite all'utente due prospettive globali (allocentriche), da cui è possibile inferire la posizione dei characters e di oggetti con funzione di punti di riferimento. Il software, dopo aver indicato all'utente le prospettive allocentriche, mostra i punti di vista eterocentrici dei character e chiede all'utente di collegare le prospettive con i character cui queste appartengono

Le figure in basso mostrano le due prospettive globali, allocentriche, e i character utilizzati nel game.

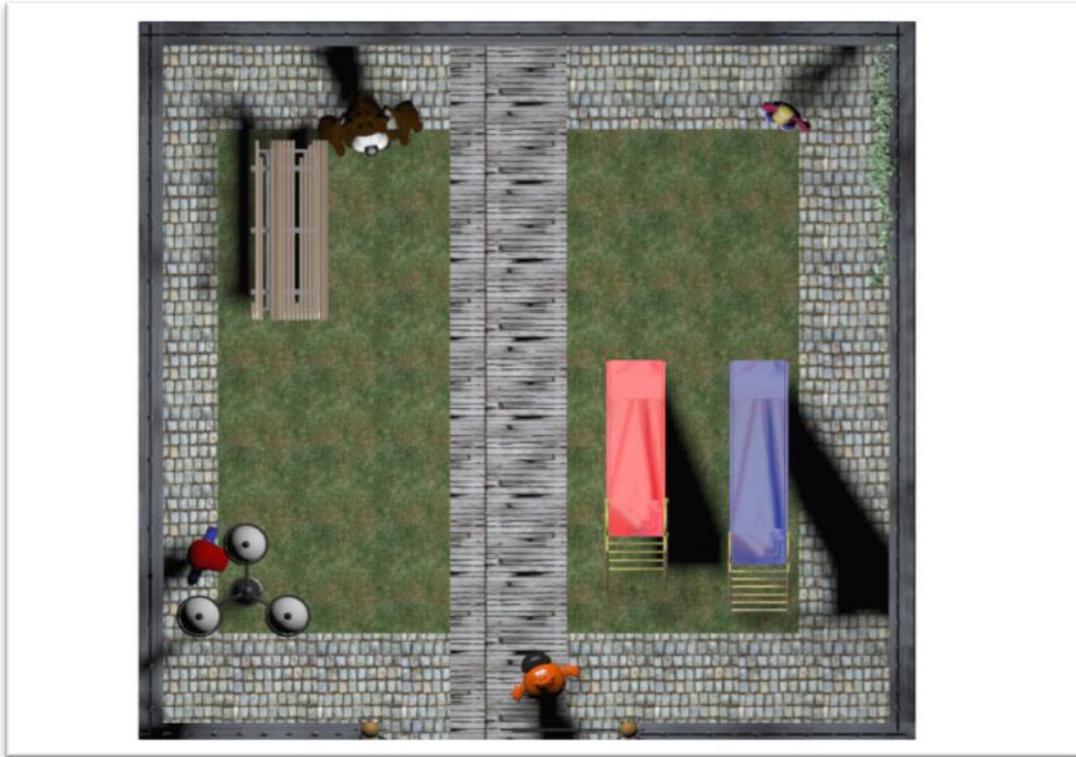


Figura 20 – Global Scene, prospettiva dall'alto (alloeentrica)



Figura 21 - Global scene (secondo punto di vista alloeentrico)

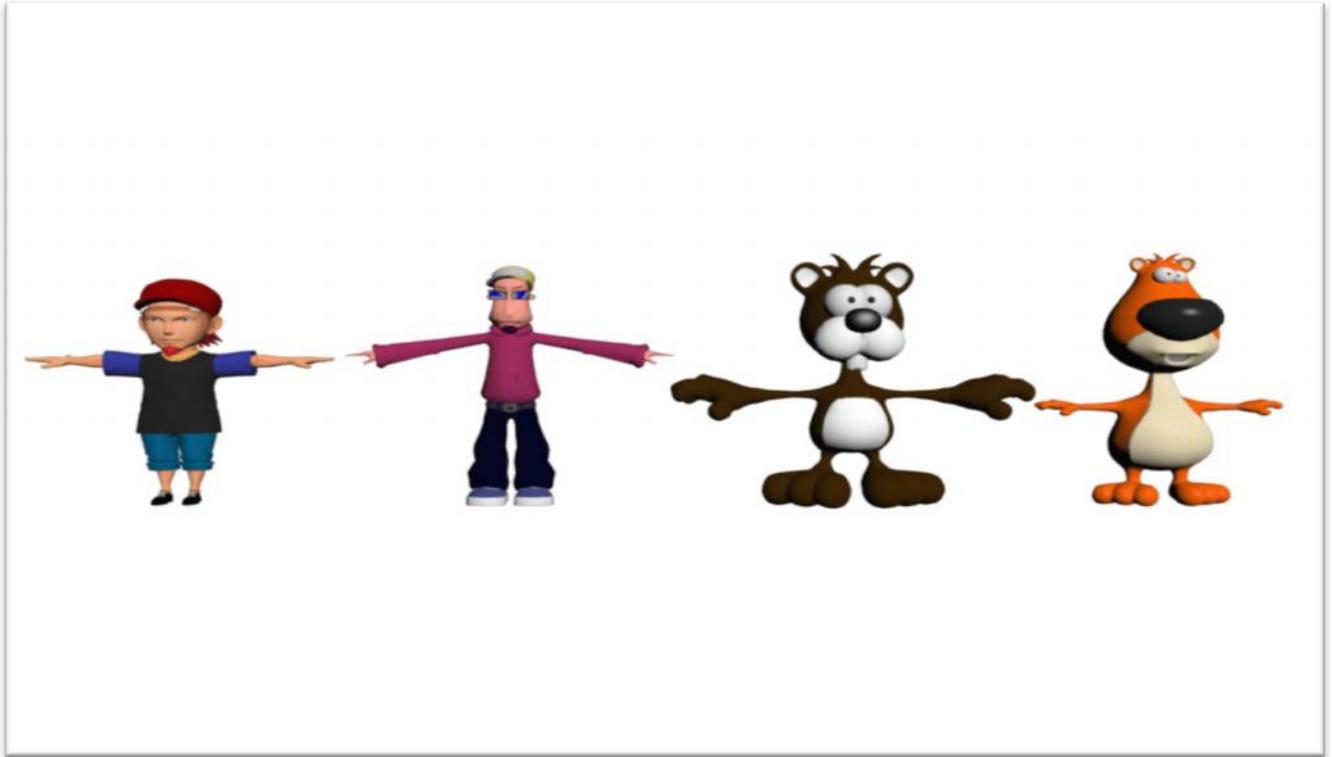


Figura 22 - Characters

Le figure sottostanti mostrano il punto di vista di due character, il ragazzo dal cappello rosso e l'orso arancione.

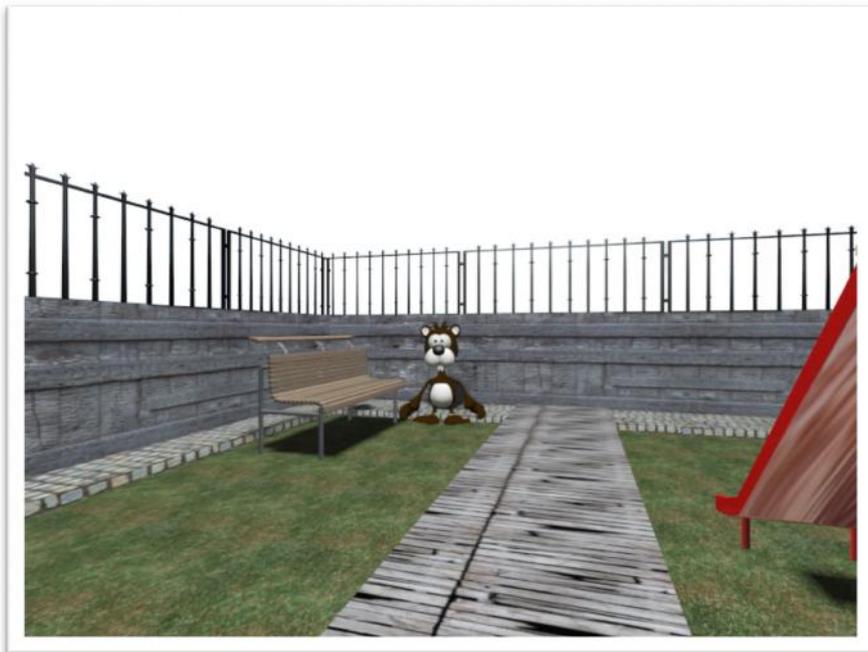


Figura 23 - punto di vista dell'orso arancione



Figura 24 - punto di vista del ragazzo dal cappello rosso

4.3.4 Future works

Come già menzionato, obiettivo dello studio pilota è stata la produzione di un tool in grado di misurare l'abilità di perspective taking. La fase attuale del progetto ha prodotto un videogame al momento in fase di alpha testing. Non sono state realizzate, al momento, rilevazioni di dati. Superata la fase di alpha testing, il game verrà testato nelle scuole, nel tentativo di dimostrarne affidabilità e validità, tramite la comparazione dei risultati del gioco con i risultati di una batteria di test somministrati contestualmente, tra i quali si ritiene necessario citare il VMI tests (K.E. Beery, 2004; S. Di Tore et al., 2011; M Sibilio, 2012b), le scale per l'assessment della mental imagery (McKelvie, 1995) e il test IRI (Davis, 1980).

L'assessment delle capacità empatiche è, in questo contest, tappa di un più ampio percorso di indagine che adotta una specifica accezione di empatia nell'indagine dei rapporti tra empatia e apprendimento e

che appare particolarmente utile nel design di interface enattive per oggetti digitali destinati al contest educativo, con un riferimento particolare allo user interface design nell'ambito elearning.

Conclusioni

Questo testo riassume un'attività di ricerca iniziata oltre quattro anni fa e tuttora in corso. Il lavoro, in questo senso, si distacca dalla presentazione di un percorso sperimentale canonico.

Il percorso descritto nelle pagine precedenti non presenta, infatti, una ipotesi di ricerca circoscritta, da verificare con metodi e strumenti noti e condivisi. Piuttosto, tratta dello sviluppo di strumenti e applicativi che costituiscono un tentativo di traduzione nell'attività didattica dei Simplifying Principles for a Complex World (A. Berthoz, 2011) cui più volte si è accennato nel corso della trattazione. La scelta di tali principi, intesi quali strumenti concettuali e metodologici più che come paradigma teorico "finito", è stata dettata da uno studio di carattere teorico ed epistemologico, di cui si è dato conto nel secondo capitolo. Lo scenario da cui tale riflessione ha preso le mosse, descritto nel primo capitolo, è lo scenario delle corporeità didattiche (M. Sibilio, 2011), del corpo aumentato (S Di Tore, Aiello, Di Tore, et al., 2012), delle relazioni corpo, tecnologia e agire didattico (Rivoltella & Rossi, 2012; M Sibilio, 2012a): uno scenario "di frontiera", eppure familiare a chi abbia collaborato con il gruppo di ricerca all'interno del quale questo percorso è maturato, passando rapidamente da intuizione, prospettiva vaga a studio e lavoro quotidiano.

Quello che qui si intende sottolineare è che il lavoro tende a rendere la cifra non di un singolo approfondimento, ma di una linea di ricerca nativamente interdisciplinare, che a sua volta è la faccia di una medaglia a N dimensioni costituita dall'intera attività di indagine svolta dal gruppo in cui questa linea ha *preso corpo*. La ricerca, in altre parole, non si fa da soli, e l'attività, di cui questo testo costituisce un rendiconto parziale e per forza di cose non esente da sbavature, è un'attività che ha potuto darsi perché si è innestata su un lavoro che viene da lontano, che ha esplorato l'idea del corpo intelligente (M. Sibilio, 2002) lungo tutte le deviazioni suggerite dallo studio e dal confronto quotidiano con la pratica didattica a tutti i livelli. Un lavoro che ha interpretato, negli anni, l'idea del laboratorio come percorso formativo (Maurizio Sibilio, 2002), che ha saputo confrontarsi e trovare linfa nuova sul piano nazionale e su quello internazionale. Questo testo, insomma, è il prodotto, uno dei prodotti, di una scuola, e chi scrive ha scritto nella speranza e con l'obiettivo di riuscire ad interpretare quel principio ologrammatico che costituisce un pilastro dell'epistemologia della complessità, rendendo ragione, nel particolare, del generale dell'attività di un intero gruppo. Questa pretesa (e quest'onere) è alla base della scelta di presentare l'intero percorso sperimentale, rinunciando alla discussione analitica dei singoli progetti, ma tracciando il quadro generale da cui possano emergere gli elementi di risonanza tra percorsi differenti. Questo ha generato un testo complesso, nella cui bibliografia trovano posto Platone e la BalanceBoard, i neuroni specchio e lo specchio di Alice. Pure, a chi scrive, sembra che tutto si tenga, e che lo spirito della complessità sia nell'abbandonare la settorialità senza rinunciare alla coerenza.

Bibliografia

- Agamben, G. (2002). *L'aperto: l'uomo e l'animale*: Bollati Boringhieri.
- Aiello, P. (2012). *Metodi e strumenti della ricerca didattica sul corpo in movimento*. Lecce: Pensa Editore.
- Alankus, G., Lazar, A., May, M., & Kelleher, C. (2010). *Towards customizable games for stroke rehabilitation*.
- American Psychiatric, A. (1996). DSM-IV Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali. *Masson, Milano-Parigi-Barcellona*. Bartholomew, K., Horowitz, LM (1991), *Attachment styles among young adults: A test of a four-category model*, *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 226-244.
- Atlan, H. (1985). Complessità, disordine e autocreazione del significato. *La sfida della complessità*, 158-178.
- Baranowski, T., Buday, R., Thompson, D. I., & Baranowski, J. (2008). Playing for real: Video games and stories for health-related behavior change. *American journal of preventive medicine*, 34(1), 74-82. e10.
- Beery, K. E. (1967). *Developmental test of visual-motor integration: Administration and scoring manual*: Follett Pub.
- Beery, K. E. (2004). The Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration, (Beery VMI-5). *Minneapolis: NCS Pearson*.
- Bender, L. (1938). A visual motor Gestalt test and its clinical use. *Research Monographs, American Orthopsychiatric Association*.
- Bergamasco, M. (2005). *Multimodal Interfaces: an Introduction to ENACTIVE systems*. Paper presented at the Eurographic.
- Bernštejn, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*: Pergamon Press.
- Berthoz, A. (2004). Physiologie du changement de point de vue. *L'empathie*, 251-275.
- Berthoz, A. (2008). *Neurobiology of "Umwelt": How Living Beings Perceive the World*: Springer.
- Berthoz, A. (2009). The human brain "projects" upon the world, simplifying principles and rules for perception. *Neurobiology of "Umwelt"*, 17-27.
- Berthoz, A. (2011). *La semplicità*: Codice.
- Berthoz, A., & Petit, J.-L. (2003). Nouvelles propositions pour une physiologie de l'action: Repenser le corps, l'action et la cognition avec les neurosciences. *Intellectica*(36-37), 367-372.
- Berthoz, A., & Petit, J.-L. (2006). *Phénoménologie et physiologie de l'action*: Odile Jacob.
- Berthoz, A., & Petit, J. L. (2006). *Physiologie de l'action et Phénoménologie*: Odile Jacob.
- Berthoz, A., & Thirioux, B. (2010). A Spatial and Perspective Change Theory of the Difference Between Sympathy and Empathy. *Paragrana*, 19(1), 32-61.
- Bocchi, G., & Ceruti, M. (2007). *La sfida della complessità*: Mondadori Bruno.
- Bogost, I. (2007). *Persuasive Games: The Expressive Power of Videogames*: Mit Press.
- Brier, S. (2008). *Cybersemiotics: Why Information is Not Enough!* : University of Toronto Press.
- Brugger, P. (2002). Reflective mirrors: perspective-taking in autoscopic phenomena. *Cognitive Neuropsychiatry*, 7(3), 179-194.
- Burke, J., McNeill, M., Charles, D., Morrow, P., Crosbie, J., & McDonough, S. (2010). Designing engaging, playable games for rehabilitation.
- Byron, P. R., & Gabor, A. T. (1971). Lateralizing significance of WISC verbal-performance discrepancies for older children with learning disabilities. *Perceptual and Motor Skills*, 33(3), 875-883.
- Cai, S. X., & Kornspan, A. S. (2012). The Use of Exergaming with Developmentally Disabled Students. *Strategies: A Journal for Physical and Sport Educators*, 25(3), 1-40.
- Calvani, A. (1998). Costruttivismo, progettazione didattica e tecnologie. *Progettazione formativa e valutazione*. Roma: Carocci.
- Calvani, A. (2007). *Tecnologia, scuola, processi cognitivi. Per una ecologia dell'apprendere*: FrancoAngeli.
- Carroll, L. (2012). *Attraverso lo Specchio*: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Chamberlin, B., & Gallagher, R. (2008). *Exergames: Using video games to promote physical activity*.

- Chignola, S. (2007). IL CONCETTO DI BIOPOLITICA IN FOUCAULT. from http://www.treccani.it/scuola/lezioni/in_aula/scienze_umane_e_sociali/foucault/2.html
- Chow, K. K. N., & Harrell, D. F. (2011). *Enduring interaction: an approach to analysis and design of animated gestural interfaces in creative computing systems*. Paper presented at the Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and cognition.
- Clarizia, L., Lombardi, M. G., & Quatrano, F. (2011). L'offerta informale di competenze nell'autopercezione degli insegnanti. In G. Bertagna & C. Xodo (Eds.), *Le competenze dell'insegnare. Studi e ricerche sulle competenze attese, dichiarate e percepite*. Soveria Mannelli (Catanzaro): Rubbettino.
- Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *analysis*, 7-19.
- Colebrook, C. (2002). Understanding Deleuze.
- Cronbach, L. J., & Snow, R. E. (1981). *Aptitudes and instructional methods: A handbook for research on interactions*: Irvington Pub.
- Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy.
- Deleuze, G. (1983). *Cinéma: L'image-mouvement*: Éd. de Minuit.
- Deleuze, G. (1985). *Cinéma II. L'Image Temps*. Paris: Minuit.
- Di Tore, P. A. (2012). Umwelt, interfacce, semplicità: premesse di un approccio bio-costruttivista. In M. Sibilio (Ed.), *Traiettorie non lineari nella ricerca. Nuove scenari interdisciplinari*. Lecce: Pensa.
- Di Tore, S. (2012). Gesture & shapes recognition per la didattica inclusiva. In M. Sibilio (Ed.), *La dimensione pedagogica ed il valore inclusivo del corpo e del movimento*. Lecce: Pensa.
- Di Tore, S., Aiello, P., Di Tore, P. A., & Sibilio, M. (2012). Can I Consider the Pong Racket as a Part of My Body?: Toward a Digital Body Literacy. *International Journal of Digital Literacy and Digital Competence (IJDLC)*, 3(2), 58-63.
- Di Tore, S., Aiello, P., Gomez Paloma, F., Macchi, C., & Sibilio, M. (2011). Evaluating the integration of the sensory-motor abilities to facilitate teaching learning processes: a comparison between Italian and Indian models of teaching through the use of VMI test. *Journal of Physical Education and Sport-JPES* 11 (2), 127-132.
- Di Tore, S., Aiello, P., Palumbo, C., Vastola, R., Raiola, G., D'Elia, F., . . . Sibilio, M. (2012). Sensory Motor Interaction in Virtual Environment to Promote Teaching-Learning Process. *Problems Of Education In The 21st Century*, 42, 8.
- Drew, B., & Waters, J. (1986). Video games: Utilization of a novel strategy to improve perceptual motor skills and cognitive functioning in the non-institutionalized elderly. *Cognitive Rehabilitation*.
- Faggioli, M. (2011). *Tecnologie per la didattica*: Apogeo.
- Faiella, F., & Mangione, G. (2012). *E-learning. Le pratiche consolidate e i nuovi scenari di ricerca*. Lecce: Pensa.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of experimental psychology*, 47(6), 381.
- Fitts, P. M., & Seeger, C. M. (1953). SR compatibility: spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of experimental psychology*, 46(3), 199.
- Foucault, M. (2001). *Dits et écrits II, 1976-1988*. Paris: Gallimard.
- Gacem, B., Vergouw, R., Verbiest, H., Cicek, E., van Oosterhout, T., Bakkes, S., & Kröse, B. (2011). Gesture Recognition for an Exergame Prototype.
- Gallese, V. (2007). Before and below 'theory of mind': embodied simulation and the neural correlates of social cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 659-669.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119(2), 593-609.
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive neuropsychology*, 22(3-4), 455-479.
- Gee, J. P. (2004). Videogames: Embodied empathy for complex systems. Retrieved October, 28, 2004.
- Gee, J. P. (2004). *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy*: Palgrave MacMillan.
- Gell-Mann, M. (1995). What is complexity. *Complexity*, 1(1), 16-19.

- Gennari, M. (1996). *Didattica generale*: Bompiani.
- Gerling, K. M., Schild, J., & Masuch, M. (2010). *Exergame design for elderly users: the case study of SilverBalance*.
- Ginzburg, C. (1979). *Spie. Radici di un paradigma indiziario in Miti*: Einaudi.
- Hannaford, C. (1995). *Smart Moves: Why Learning Is Not All in Your Head*: ERIC.
- Hansen, M. B. N. (2006). *Bodies in Code: Interfaces with Digital Media*: Routledge.
- Harrison, C., Tan, D., & Morris, D. (2010). *Skinput: appropriating the body as an input surface*.
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1), 11-26.
- Hoffman, M. L. (1977). *Empathy, its development and prosocial implications*. Paper presented at the Nebraska symposium on motivation.
- Hogan, R. (1969). Development of an empathy scale. *Journal of consulting and clinical psychology*, 33(3), 307.
- Hoysniemi, J. (2006). International survey on the Dance Dance Revolution game. *Computers in Entertainment (CIE)*, 4(2), 8.
- Husserl, E. (1973). *Zur Phänomenologie der Intersubjektivität: Texte aus dem Nachlaß. Zweiter (Vol. 12)*: Springer.
- Iezzi, A. (2011). *Fedro*: REA.
- Infante, C. (2004). Performing media: azione e sguardo teatrale in ambiente multimediale. *Economia della Cultura*, 14(2), 199-212.
- Jorland, G. (2004). L'empathie, histoire d'un concept. Berthoz, A. & Jorland, G. *L'empathie*. Paris: Odile Jacob.
- Katz, D., & Arian, E. (1950). *La psicologia della forma (Vol. 17)*: Einaudi.
- Keele, S. W., & Jennings, P. J. (1992). Attention in the representation of sequence: Experiment and theory. *Human Movement Science*, 11(1), 125-138.
- Kephart, N. C. (1960). The slow learner in the classroom.
- Krueger, M. W. (1991). Artificial reality: Past and future. *Virtual Reality: Theory, Practice and Promise/Ed. SK Helse, JP Roth.-Westport, London: Meckler*, 19-26.
- Köhler, W., & De Toni, G. A. (1998). *La psicologia della Gestalt*: Feltrinelli.
- Lanningham-Foster, L., Jensen, T. B., Foster, R. C., Redmond, A. B., Walker, B. A., Heinz, D., & Levine, J. A. (2006). Energy expenditure of sedentary screen time compared with active screen time for children. *Pediatrics*, 118(6), e1831-e1835.
- Lashley, K. S. (1942). The problem of cerebral organization in vision.
- Latash, M. L. (1998). *Neurophysiological Basis of Movement*: Human Kinetics.
- Le Moigne, J.-L. (1985). Progettazione della complessità e complessità della progettazione. G. Bocchi e M. Ceruti (a cura di), *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano, 85.
- Licata, I. (2010). Leggi di Protezione, Analogie e Metafore InterattiveLa Ragionevole Efficacia del Crossing Disciplinare. *Riflessioni Sistemiche*(3), 8.
- Llinás, R. R. (2002). *I of the Vortex: From Neurons to Self*: Mit Press.
- Longo, G. O. (1995). *Dal Golem a Godel e ritorno SISSA - ISAS, Macchine e automi, Laboratorio Interdisciplinare dell'Immaginario scientifico*. Napoli: Cuen.
- Lovett, M. W. (1992). Developmental dyslexia.
- Massa, R. (2000). *Educare o istruire ? : la fine della pedagogia nella cultura contemporanea*: Unicopli.
- Maturana, H. R., Varela, F., & Ceruti, M. (1992). *L'albero della conoscenza*: Garzanti Milán.
- McKelvie, S. J. (1995). The VVIQ as a psychometric test of individual differences in visual imagery vividness: A critical quantitative review and plea for direction. *Journal of Mental Imagery*.
- McLuhan, M. (2001). *Understanding Media: The Extensions of Man*: Routledge.
- Mehrabian, A., & Epstein, N. (1972). A measure of emotional empathy¹. *Journal of personality*, 40(4), 525-543.
- Melandri, E. (2004). *La linea e il circolo: studio logico-filosofico sull'analogia (Vol. 18)*: Quodlibet.
- Menary, R. (2010). *The Extended Mind*: Mit Press.
- Merleau-Ponty, M. (1962). *Phenomenology of Perception: An Introduction*: Routledge & Kegan Paul.

- Merleau-Ponty, M. (2003). *Nature: Course notes from the Collège de France*: Northwestern University Press.
- Morin, E. (1988). *Scienza con coscienza*: Franco Angeli.
- Morin, E. (1993). *Introduzione al pensiero complesso. Gli strumenti per affrontare la sfida della complessità*: Sperling & Kupfer.
- Morin, E. (2000). *La testa ben fatta. Riforma dell'insegnamento e riforma del pensiero*: Cortina Raffaello.
- Morin, E. (2011). *La sfida della complessità*: Le Lettere.
- Noë, A. (2004). *Action In Perception*: Mit Press.
- NUIGroup. (2009). Multi-Touch Technologies. *Community Release*: May.
- Oh, Y., & Yang, S. (2010). *Defining Exergames & Exergaming*.
- Pavlidis, G. T. (1985). Eye Movements in Dyslexia Their Diagnostic Significance. *Journal of learning disabilities*, 18(1), 42-50.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1984). *Order out of chaos: man's new dialogue with nature*: Bantam Books.
- Raibert, M. H. (1977). Motor control and learning by the state space model.
- Rapoport, A. (1966). Mathematical Aspect of General System Theory. *General System*, 11, 8.
- Rivoltella, P. C. (2006). *Screen generation: gli adolescenti e le prospettive dell'educazione nell'età dei media digitali*: Vita e Pensiero.
- Rivoltella, P. C. (2012). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*: Cortina Raffaello.
- Rivoltella, P. C., & Rossi, P. G. (2012). *L'agire didattico. Manuale per l'insegnante*. Brescia: La Scuola.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., & Gallese, V. (1999). Resonance behaviors and mirror neurons. *Archives italiennes de biologie*, 137(2), 85-100.
- Rossi, P. G. (2011). *Didattica enattiva. Complessità, teorie dell'azione, professionalità docente*, Milano, FrancoAngeli.
- Roth, W. M., & Lawless, D. (2002). Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. *Learning and Instruction*, 12(3), 285-304.
- Saffer, D. (2007). *Design dell'interazione. Creare applicazioni intelligenti e dispositivi ingegnosi con l'interaction design*: Pearson Italia Spa.
- Santojanni, F., Sabatano, C., Capasso, M., Sorrentino, M., & De Angelis, S. (2010). ON LINE/OFF LINE, GLOBALE/LOCALE, RETE/INDIVIDUO. C'È " SPAZIO " PEDAGOGICO TRA LE FACCE DELLA MEDAGLIA? *ISDM Journal International des Sciences de l'Information et de la Communication*, 39(689), 12.
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance: a situation-based learning approach*: Human Kinetics Publishers.
- Sheehan, D. P., & Katz, L. (2012). The practical and theoretical implications of flow theory and intrinsic motivation in designing and implementing exergaming in the school environment. *Loading...* 6(9).
- Sibilio, M. (2002). *Il corpo intelligente* (Vol. 1): Simone SpA.
- Sibilio, M. (2002). *Il laboratorio come percorso formativo* (Vol. 2): Simone SpA.
- Sibilio, M. (2011). *Ricerca corporeamente in ambiente educativo*: Pensa Editore.
- Sibilio, M. (2012a). Corpo e cognizione nella didattica. In P. C. Rivoltella & P. G. Rossi (Eds.), *L'agire didattico. Manuale per l'insegnante*. Brescia: La Scuola.
- Sibilio, M. (2012b). *Il corpo e il movimento nella ricerca didattica. Indirizzi scientifico-disciplinari e chiavi teorico-argomentative*: Liguori.
- Sibilio, M. (2012c). La dimensione semplice dell'agire didattico. In m. Sibilio (Ed.), *Traiettorie non lineari nella ricerca. Nuove scenari interdisciplinari*. Lecce: Pensa.
- Silberman, L. (2009). *DOUBLE PLAY: ATHLETES' USE OF SPORT VIDEO GAMES TO ENHANCE ATHLETIC PERFORMANCE*. University of Wisconsin.
- Simon, H. A. (1962). The architecture of complexity. *Proceedings of the american philosophical society*, 467-482.
- Sinclair, J. (2011). Feedback control for exergames.
- Singer, W. (2009). The Brain's View of the World Depends on What it has to Know. *Neurobiology of "Umwelt"*, 39-52.

- Snow, R. E., & Swanson, J. (1992). Instructional psychology: Aptitude, adaptation, and assessment. *Annual Review of Psychology*, 43(1), 583-626.
- Staiano, A. E., & Calvert, S. L. (2011). Exergames for physical education courses: Physical, social, and cognitive benefits. *Child Development Perspectives*, 5(2), 93-98.
- Stella, G. (2003). *La dislessia: aspetti clinici, psicologici e riabilitativi* (Vol. 133): Franco Angeli.
- Tallal, P. (1991). Hormonal influences in developmental learning disabilities. *Psychoneuroendocrinology*, 16(1), 203-211.
- Tanoni, I. (2003). Videogiocando s' impara. *Dal divertimento puro al divertimento-apprendimento*, Centro Studi Erickson, Gardolo (TN).
- Temple, C. M., & Marshall, J. C. (1983). A case study of developmental phonological dyslexia. *British Journal of Psychology*, 74(4), 517-533.
- Tinti, T. (1998). La sfida della complessità verso il terzo millennio. *Rivista Novecento*, 18(12).
- Tobias, S. (1989). Another look at research on the adaptation of instruction to students characteristics. *Educational Psychologist*, 24(3), 213-227.
- Trisciuzzi, L., & Zappaterra, T. (2011). Dislessia, disgrafia e didattica inclusiva. *ANNALI DELLA PUBBLICA ISTRUZIONE*, 2, 25.
- Van Hoorn, J. F., Maathuis, C. G. B., Peters, L. H. J., & Hadders-Algra, M. (2010). Handwriting, visuomotor integration, and neurological condition at school age. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(10), 941-947.
- Varela, F. (1990). Il corpo come macchina ontologica. *Ceruti M. e Preta L. (a cura di), Che cos' è la conoscenza*, Ed. Laterza, Bari.
- Varela, F. J., Thompson, E. T., & Rosch, E. (1992). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*: MIT Press.
- Vereecken, P. (1961). *Spatial development: Constructive praxia from birth to the age of seven*: Wolters.
- Vincenzi, A. B. (2005). *Conoscere la classe e lo studente. Costruire e usare questionari pedagogici*: Centro Studi Erickson.
- Vischer, R. (1927). Über das optische Formgefühl (1872); Der ästhetische Akt und die reine Form (1874): Über ästhetische Naturbetrachtung (1890). *Drei Schriften zum ästhetischen Formproblem—Leipzig*.
- von Bertalanffy, L. (2004). *Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppo, applicazioni*: Mondadori.
- Von Foerster, H. (1984). *Observing Systems*: Intersystems Publ.
- Von Glasersfeld, E. (1985). Reconstructing the concept of knowledge. *Archives de psychologie*.
- von Uexküll, J., & Kriszat, G. (1934). *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen: Ein Bilderbuch unsichtbarer Welten*: J. Springer.
- von Uexküll, J., & Müller, P. (2004). *Mondes animaux et monde humain: suivi de Théorie de la signification*: Pocket.
- Wertheimer, M. (1912). *Experimentelle studien über das sehen von bewegung*: JA Barth.
- Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II. *Psychological Research*, 4(1), 301-350.
- Wigdor, D., & Wixon, D. (2011). *Brave NUI world: designing natural user interfaces for touch and gesture*: Morgan Kaufmann.
- Yang, S., Smith, B., & Graham, G. (2008). Healthy video gaming: Oxymoron or possibility. *Journal of Online Education*, 4(4).
- Young, M. (2004). An ecological description of video games in education. *Thinking*.