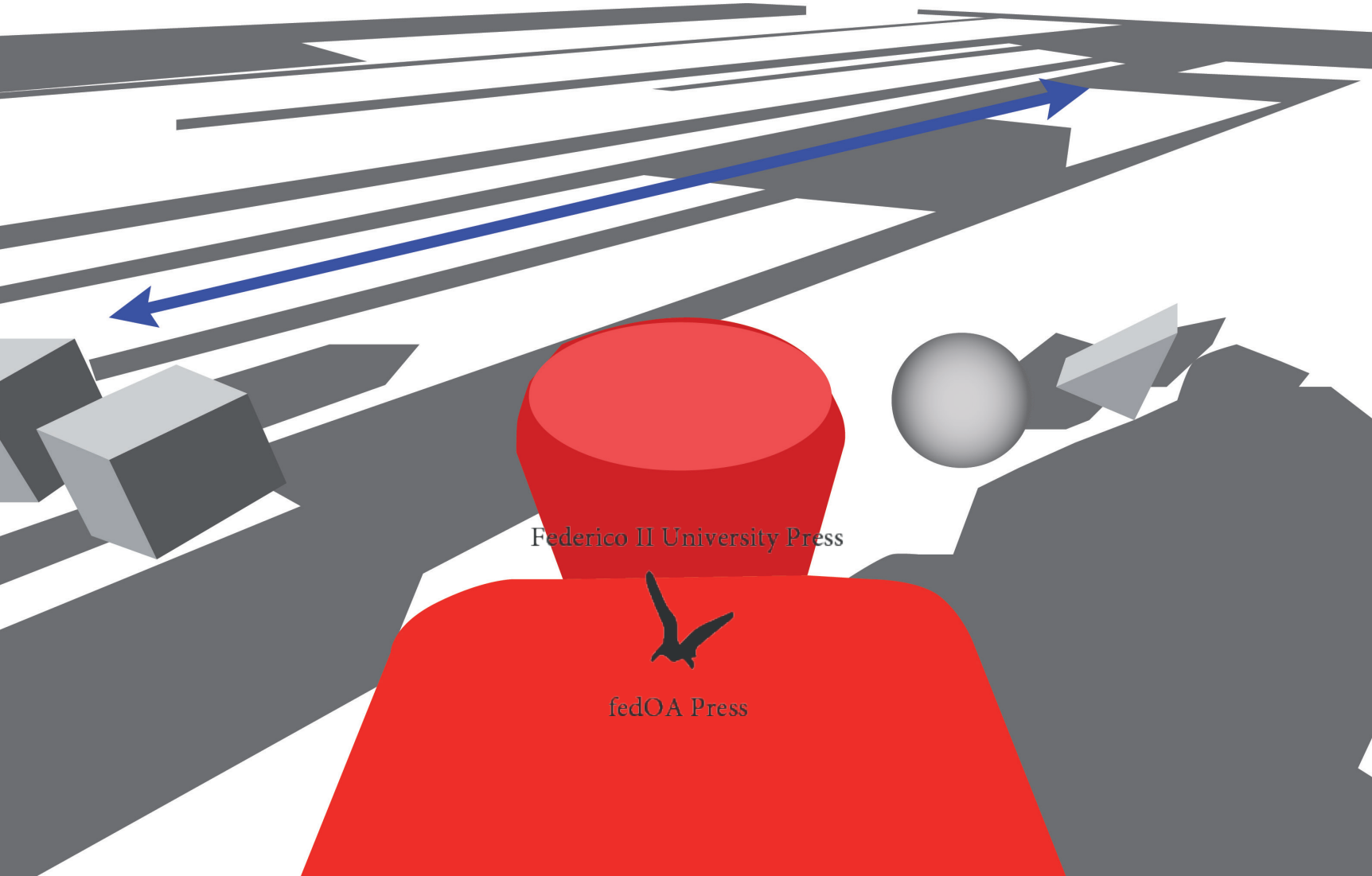
Anna Lisa Pecora

Lo spazio rappresentato per il Disturbo dello Spettro Autistico (DSA)



In copertina
Elaborazione dell'autrice.

Università degli Studi di Napoli Federico II

BA

Beyond Accessibility

1

Collana **Beyond Accessibility**

Direttrici:
Erminia Attaianese, Alessandra Pagliano
(Università degli Studi di Napoli Federico II)

Comitato scientifico:
Barbara Ansaldi (Ph.D., Università di Napoli Federico II); Greta Attademo (Università di Napoli Federico II); Maresa Bertolo (Polimi); Carmela Bravaccio (Università Federico II di Napoli); Cristina Candito (Università di Genova); Francesco Delizia (Certosa e Museo di San Martino); Tommaso Empler (La Sapienza); Laura Farroni (Università Roma Tre); Paolo Giulierini (MANN); Giovanni Minucci (Tulipano Art Friendly); Nigel Newbutt (IALT); Anna Lisa Pecora (Ph.D., Ministero della Pubblica Istruzione), Loretta Secchi (Alma Mater di Bologna); Thaisa Sampaio (Universidade Federal De Alagoas); Zilsa Maria Santiago (Universidade Federal do Ceará); Isabella T. Steffan (Architetto Esperto in Design for All); Pierfrancesco Talamo (PAFLEG); Francesca Tosi (Università di Firenze), Maria Venditti (FISH).

Comitato editoriale: Morena Barilà, Alessandra Coppola, Daniele De Pascale, Carlo Lubrano, Laura Papa, Giulio Salvatore.

Caratteri e scopi della collana

La possibilità di fruire appieno del patrimonio culturale, nelle sue diverse espressioni e dimensioni, è una libertà fondamentale della persona, basata sui principi cardine di eguaglianza e non discriminazione delle norme internazionali a tutela dei diritti umani. Tra queste, la Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità sancisce che è riconosciuto il diritto di tutti gli individui alla vita culturale in condizioni di uguaglianza, adottando misure adeguate a garantire l'accesso ai prodotti culturali, di qualsiasi tipo e natura, e ai luoghi che rappresentano o che accolgono attività culturalmente significative. Questo principio è confermato nella Carta dei diritti fondamentali dell'Unione Europea, che riconosce il diritto delle persone con disabilità a beneficiare di tutte le garanzie per la promozione di autonomia, inserimento sociale e professionale, e partecipazione alla vita della comunità. Ma il tema dell'accesso e della piena fruizione riguarda tutti gli individui, poiché alla luce della nuova accezione di disabilità, introdotta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 2001 (ICF, 2001), ogni persona, nell'arco della propria vita, può trovarsi in una situazione che gli provoca condizioni di limitata abilità, fisica, mentale, intellettiva e sensoriale. Per questo, i concetti di abilità/disabilità, riferiti alle persone, si legano a quelli di accessibilità/barriera/ostacolo, riferiti all'ambiente, dal momento che, le caratteristiche dei contesti fisici e informativi, possono ridurre o annullare, ma anche favorire e valorizzare, le sue capacità funzionali e di partecipazione sociale, realizzando di fatto, i presupposti per lo sviluppo di diseguaglianze e discriminazioni, o al contrario, le premesse per garantire uguaglianza e inclusione. Del resto il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio sancisce che promuovere la conoscenza del patrimonio culturale e assicurare le migliori condizioni per la sua piena fruizione per tutti, sono attività centrali per la valorizzazione dei siti culturali, i quali sono chiamati, in maniera attiva, a offrire adeguati livelli di accessibilità, fisica e/o percettivo-cognitiva, soddisfacendo i bisogni e le esigenze espresse, implicite o speciali, della più ampia fascia di pubblico, a prescindere da diversità e disabilità, temporanee o permanenti.

Sulla base di queste premesse, la collana intende ospitare gli esiti di ricerche e applicazioni sul tema della progettazione inclusiva per l'accessibilità, la fruizione e la percezione fisica, cognitiva ed emotiva del Patrimonio Culturale, dai siti di interesse culturale ai prodotti culturali, di qualsiasi tipo e natura, ai luoghi che rappresentano o accolgono attività culturalmente significative, secondo l'approccio del Design for All. Tale approccio impone al progetto una dimensione inclusiva che va oltre il concetto di disabilità, ponendo al centro il rispetto dell'uomo reale, la sua variabilità, diversità e autonomia, in una chiave human-centred. Nella collana il tema del progetto inclusivo si integra con quello delle tecnologie digitali applicate all'esperienza di fruizione, le quali, se concepite e sviluppate anch'esse secondo principi inclusivi, possono rappresentare strumenti innovativi di grande efficacia per il potenziamento delle abilità umane, il superamento delle barriere e l'accesso alla cultura di un pubblico sempre più vasto e globale, contribuendo ad una reale valorizzazione del Patrimonio Culturale, e per questo, al miglioramento della società.

Lo spazio rappresentato per il Disturbo dello Spettro Autistico (ASD)

Federico II University Press

fedOA Press

Lo spazio rappresentato per il disturbo dello spettro autistico / Anna Lisa Pecora – Napoli : FedOAPress, 2023. – 307 p. : 96 ill. ; 26 cm. – (Beyond Accessibility ; n.1).

Accesso alla versione elettronica:
www.fedoabooks.unina.it

ISBN: 978-88-6887-174-1
DOI: 10.6093/978-88-6887-174-1

© 2023 FedOAPress - Federico II University Press
Università degli Studi di Napoli Federico II
Centro di Ateneo per le Biblioteche “Roberto Pettorino”
Piazza Bellini 59-60
80138 Napoli, Italy
http://www.fedoapress.unina.it/
Published in Italy
First edition: April 2023

Gli E-Book di FedOAPress sono pubblicati con licenza Creative Commons Attribution 4.0 International

Indice

Introduzione....12

CAPITOLO 1
Dalla Disabilità alla non tipicità....26
1.1 Oltre il concetto di disabilità....26
1.2 Peculiarità dell'autismo....32
1.3 Non neurotipicità cognitive e ambienti virtuali per l'apprendimento....40

CAPITOLO 2
La percezione dello spazio architettonico....54
2.1 Le percezioni sensoriali nell'architettura attraverso i secoli....54
2.2 Gli elementi segnici dello spazio rappresentato: dallo spazio matematico allo ambiguo 70
2.3 L'ambiente virtuale e la comunicazione dello spazio....89
2.4 Cos'è la realtà virtuale e come può diventare una strada verso l'autonomia e l'inclusione...111
2.4.1 I sistemi di realtà virtuale....111
2.4.2 Aspetti tecnologici....113
2.4.3 Aspetti di fattore umano. nell'interazione con il sistema....127
2.4.4 Una strada verso l'inclusione....139

CAPITOLO 3
Autismo e spazio architettonico....146
3.1 Le percezioni nell'autismo. Profili percettivi 146
3.2 Peculiarità visive e condizionamento ambientale....153
3.3 Processo gestaltico e visione a tunnel....159
3.4 La propriocezione e il rapporto corpo-spazio architettonico....165
3.4 Esperienze progettuali per un'architettura dell'inclusione....170

CAPITOLO 4
Ambienti virtuali per l'autismo.....184
4.1 La realtà virtuale per l'apprendimento nelle persone ASD: un dibattito aperto.....184
4.2 Stato dell'arte uno sguardo generale.....186
4.3 Studi su VR e autismo: una visione critica.....196
4.3.1. VR usability test.....200
4.3.2. VR per l'apprendimento delle life skills.....220
4.3.3. VR per l'apprendimento delle social skills e interaction.....231
4.3.4. VR e special education.....247
4.3.5. VR per l'apprendimento delle job skills.....250
4.4. Osservazioni e possibilli sviluppi.....252

CAPITOLO 5
Autism Friendly VR design.....258
5.1 Una progettazione Human Centered.....258
5.2 Sviluppi di ricerca.....262
Tabelle: linee guida tabelle sinottiche.....269

Conclusioni.....274
Gli obiettivi della ricerca.....275
Esemplificazione della metodologia di progetto.....276

Glossario.....280

Bibliografia.....292

Introduzione

Introduzione

Negli ultimi anni le discipline del disegno, supportate dalla dilagante diffusione delle nuove tecnologie, giocano un ruolo fondamentale come *medium* interdisciplinare in campo educativo. Questo fa sì che l'impiego delle *Information and Communication Technologies (ICT)* per la rappresentazione, possa estendersi a settori di studi non ancora analizzati con i mezzi propri delle discipline ICAR 17, le quali potranno offrire nuovi strumenti operativi e una diversa chiave di lettura dei dati scientifici. In particolare, in ambito disciplinare, l'educazione speciale è stata presa in carico, fino a oggi, da professionalità afferenti al settore medico e pedagogico, anche quando il canale della comunicazione è stato prioritariamente quello dell'immagine. È infatti unanimemente riconosciuto il valore e l'efficacia dell'immagine nel processo educativo e, in particolare, nel campo dell'educazione speciale dove la figurazione assume un ruolo cardine nel sostituire altre forme di linguaggio meno dirette e universali. La maggior parte dei *software* didattici o dei programmi culturali dedicati a persone non neurotipiche, ad esempio, fa uso di immagini come principale e, a volte, unica forma comunicativa, in considerazione del fatto che, in questi casi, una delle aree più compromesse è quella linguistica. Se nel passato "pensare per immagini" era una modalità cognitiva considerata secondaria, oggi diventa centrale per intraprendere un percorso di conoscenza *human centered* che estenda a chiunque l'accesso ai suoi contenuti culturali. La capacità delle immagini di superare barriere di comunicazione, le rende lo strumento più utilizzato anche al di fuori dell'ambiente scolastico, nei luoghi che accolgono e promuovono cultura, quando si voglia ampliare l'utenza di riferimento in ragione di principi di eguaglianza e inclusione. Tuttavia, nonostante le immagini abbiano un forte potenziale nella gestione del sapere, non sempre la loro configurazione è seguita da professionalità dell'area ICAR 17, capaci di gestirne con puntualità e proprietà operative le matrici strutturali. La loro "messa in forma" e il loro impiego non sono azioni scontate, ma sono il frutto di una profonda conoscenza dei codici che sono alla base della figurazione e dei contenuti che essi veicolano. È attraverso un appropriato uso di tecniche e strumenti della rappresentazione che si rende possibile tradurre in "materia grafica" il "pensiero visivo"; è solo tale conoscenza che consente di operare con consapevolezza per mettere in atto azioni mirate all'apprendimento.
Gestire con contezza l'apparato segnico della figurazione, significa produrre immagini che possano contribuire alla diffusione di una cultura visuale anche in campi finora dominati da altre discipline, «non solo con l'obiettivo di agevolare l'informazione, ma soprattutto come *medium* operativo nel concepimento delle idee nel quale [i linguaggi visivi] svolgono la funzione di vere e proprie esenzioni della mente capaci di "far volare alto" il pensiero»[1]. Roberto de Rubertis sintetizza così il ruolo dell'immagine come tramite culturale: «L'immagine entra in modi diversi nella sua interazione col pensiero: nel caso della scienza aiuta a concepire l'idea e si fa strumento per elaborarla e comunicarla, ma non si sostituisce ad essa; nel caso dell'arte si fa addirittura oggetto dell'idea, e diventa il prodotto concreto e finale del pensiero; nel caso dell'architettura è talmente interna e partecipe al processo di produzione dell'idea da far talora confondere se stessa in quanto strumento grafico (il progetto e le sue apparenze visibili) con se stessa in quanto prodotto funzionale (l'oggetto costruito e il suo scopo)»[2].
Il carattere di universalità che connota le immagini, pertanto, le rende il *medium* preferenziale per un approccio diretto alla conoscenza, svincolato dall'*handicap* delle decodificazioni verbali e in grado di stare al passo con i rapidi tempi della comunicazione in rete. Demoliti i confini fisici di supporto alle rappresentazioni analogiche, con il digitale non c'è più limite alle applicazioni pedagogiche delle immagini che, calate nei contesti di fruizione culturale, assumono valenze polisemiche con un incredibile potenziale comunicativo ed educativo.
La presente ricerca ha l'obiettivo di analizzare i codici figurativi della rappresentazione in *VR* per approdare a uno strumento educativo di inclusione e comunicazione dell'architettura. Lo studio si focalizza sulle problematiche dell'autismo, non per progettare uno strumento di nicchia, ma al contrario, per consentire un accesso indiscriminato ai contenuti culturali del patrimonio costruito, partendo dal presupposto che, l'ordinata gestione del flusso delle informazioni spaziali, possa essere un valido strumento di apprendimento per un pubblico quanto più vasto possibile.
Quest'esigenza si è acuita con la recente emergenza sanitaria e il conseguente *look down*, durante il quale numerosi *tour* virtuali hanno tentato di sopperire alle visite in vivo. Tuttavia, in assenza di una mirata progettualità degli apparati figurativi, l'attenzione si è spostata maggiormente sugli aspetti tecnologici e di spettacolarizzazione piuttosto che percettivi e comunicativi. Il settore ICAR 17 ha recepito la necessità di intervenire come guida nelle rappresentazioni di ambienti virtuali, spesso non armoniche con lo scopo della rappresentazione stessa, focalizzando lo sguardo sul fruitore e sulla sua interazione con lo spazio.

1 De Rubertis, Roberto."Il progetto XY digitale." Editoriale, Gennaio 2016. p.5
2 De Rubertis, Roberto, in Pellegatta , Cristina."Immagine o Disegno?" Convegno UID 2019. Perugia: Gangemi Editore International, 2019. 183-191. p. 4

Questo percorso di studi è, tuttavia, complicato dalla difficoltà di definire un quadro comportamentale per l'utenza di riferimento, caratterizzata da una gamma di specificità estremamente ampia, al punto che oggi, sempre più spesso, si parla di autismi piuttosto che di autismo. In particolare, destano la nostra attenzione alcuni studi come quelli di Hermelin e O'Connor, che mettono in risalto il ruolo dei sensi e che legano i comportamenti problematici più comuni, a compromissioni dell'area percettiva, come l'agnosia sensoriale[1]. Questa disfunzione può ostacolare l'attribuzione di senso alle immagini recepite e sovvertire alcuni dei processi gestaltici più comuni. Un'alterata lettura delle configurazioni spaziali sarebbe, quindi, all'origine di quei malesseri che possono condizionare, in modo problematico, i comportamenti e la socialità. Allo stesso tempo, una tendenza comune nelle persone autistiche, è quella di tradurre gli *input* provenienti dal mondo esterno, in immagini. Temple Grandin, docente con sindrome Asperger alla *Colorado State University*, nel raccontare in prima persona la sua esperienza percettiva del mondo, spiega: «Uno dei più grandi misteri dell'autismo è la straordinaria capacità della maggior parte delle persone autistiche di eccellere nelle abilità visuospaziali, fornendo invece prestazioni estremamente scadenti nelle abilità verbali […]. Tutte le soluzioni che ho trovato a problemi di progettazione sono scaturite dalla mia capacità di visualizzare e di vedere il mondo in immagini»[2]. Le immagini, quindi, costituiscono per l'uomo un fondamentale mediatore nei confronti del modo che ci circonda, soprattutto quando, come nel caso di persone *ASD*, esso può generare ansie, stress o persino sensazioni di dolore, dovute ad un eccesso di *input* registrati dai sensi.
Mentre per il mondo delle idee la trasposizione in immagini mentali non ha filtri interpretativi, se non i processi mentali dello stesso osservatore, per il mondo rappresentato il percorso è più complesso. La codifica dello spazio in immagini consta di passaggi intermedi in cui i segni grafici devono "leggere", "interpretare", "tradurre" e "significare" l'oggetto della comunicazione. I fattori e le variabili che entrano in gioco sono talmente tanti che l'esito è tutt'altro che scontato. Per questo è estremamente importante

1 Arnheim definisce l'agnosia come"l'incapacità patologica di afferrare uno schema globale: i soggetti affetti da tale anomalia possono, mediante una serie di movimenti del capo o delle dita, tracciare i contorni di una data figura […]", ma essi sono incapaci di "leggere" la forma osservata nella sua totalità e attribuirvi un significato. Arnheim, Rudolf. Arte e percezione visiva . 1954. Traduzione di Gillo Dorfles. Milano: Feltrinelli, 1997. p. 63

2 Gradin, Temple. *Thinking in pictures and Other Reports from my life with autism.* New York: Vintage books, 1996. p.23.

che tali passaggi siano gestiti da chi padroneggia il mondo dei segni: se lo spazio virtuale rappresentato mediante le nuove tecnologie digitali può mediare il rapporto con il mondo fisico al punto da influenzare i comportamenti individuali, è essenziale che la riflessione sui prodotti, ma anche sui processi, sia condotta nel campo disciplinare che da sempre si occupa della rappresentazione dello spazio, ovvero le discipline del settore ICAR 17.
L'attivazione di un processo di conoscenza attraverso la mediazione del senso della vista è possibile soltanto se le proprietà rilevanti dei segni, oggetto dell'osservazione, sono esplicitate. «Talvolta si dà per scontato che la semplice esposizione alle immagini che rappresentano il tipo specifico di oggetti condurrà lo studente a essere colpito da un'idea, allo stesso modo in cui uno è colpito da un raffreddore. […] percepire un oggetto non è semplicemente ingoiare la sua immagine ma diventare coscienti di alcune sue proprietà. […] Queste proprietà e relazioni devono essere descritte nello schermo attraverso opportune figure, realizzate mediante luce ed ombra, e le figure devono essere spazialmente orientate in modo da non presentarsi distorte a chi le guarda. Le so*vr*apposizioni devono essere rese chiare per mezzo del contorno e del contrasto. Figura e sfondo devono essere nettamente distinti. In altre parole, nessuna informazione intorno al soggetto, sarà trasmessa direttamente all'osservatore se non si presenta in una figura leggibile»[3]. Solo così si può pensare di migliorare il rapporto con lo spazio e di conseguenza il rapporto con sé stessi e con gli altri.
È sotto quest'aspetto che le discipline del disegno possono costituirsi come fondamentale *medium* per una corretta lettura dei codici morfologici dello spazio fisico reale volti alla rappresentazione degli stessi in ambito virtuale. In tal modo sarà possibile fornire un prezioso ampliamento delle competenze in un ambito di ricerca che attualmente è di esclusiva pertinenza di altri settori scientifici.
Alla luce delle ricerche analizzate e pubblicate negli ultimi venticinque anni sul tema *VR* e autismo, si definisce, infatti, un quadro scientifico fortemente focalizzato su temi psicologici e tecnologici. Quest'aspetto è ovviamente influenzato dalle discipline che maggiormente si dedicano a questi studi, tra cui è totalmente assente la disciplina del disegno. Ciò condiziona anche il taglio che vien dato alle pubblicazioni, nelle quali mancano in tutto o in parte, dati e dunque riflessioni, relativi alle configurazioni delle scene. Queste vengono desunte spesso dal mondo del *gaming*, utilizzando applicazioni come *Second Life*, quindi con scarse possibilità di customizzazione delle configurazioni spaziali.

3 Arnheim, Rudolf. *Pensiero visuale.* Sesto San Giovanni MI: MIMESIS , 2013. pos.125.

L'assenza di osservazioni che riguardano la risposta dell'utenza alle caratteristiche figurative delle ambientazioni, comporta una lacuna sostanziale in questo campo nel quale, invece, l'aspetto percettivo è fondamentale e nel quale il presente studio intende collocarsi.
In riferimento ai recenti studi sull'autismo, do*vr*emmo partire dal presupposto che la maggior parte delle risposte all'ambiente, sia fisico che virtuale, dipendono proprio dalle modalità con cui le informazioni provenienti dal contesto vengono trasmesse e, di conseguenza, interpretate dal sistema percettivo. In tal senso, il disegno ricopre un valore strategico nell'ambito del percorso educativo che accompagna la lettura dello spazio.
All'interno dell'iter di ricerca l'apporto disciplinare Icar 17 fornisce le strutture di base per un approccio pedagogico utile alla decodifica del linguaggio architettonico. «Pertanto, l'insieme dei saperi che connotano le discipline del disegno non deve interpretarsi come un mero ausilio al progetto già formulato (o, formulato 'altrove'), ma deve intendersi quale fecondo contributo nel divenire del processo progettuale [dello spazio virtuale] al fine di sorreggerne sia lo sviluppo logico, che quello applicato: Disegno, dunque come insieme di saperi, codici, metodi e tecniche orientati al governo del progetto […]»[4].
Le discipline della rappresentazione definiscono, in un contesto scientifico e di ricerca quale quello sopracitato, l'interfaccia tra la personale visione del mondo ed il mondo fisico che ci circonda, nella duplice veste di analisi del patrimonio esistente e di interprete dei suoi codici morfologici. È solo grazie al filtro della rappresentazione che diventa possibile analizzare, selezionare e interpretare l'incredibile quantità di dati e informazioni trasmesse dall'ambiente architettonico e che nella nostra mente assumono significato.
«Il disegno diventa così, attraverso la linea, "il fondamento logico della continuità dello spazio, la base primaria della sua intelligenza e della sua descrizione". E la densità di informazioni insita nella composizione dell'immagine disegnata non risulta determinante ai fini della sua significazione, perché anche un'immagine costruita con pochi segni, apparentemente 'povera e spoglia' può risultare straordinariamente piena di significazione e così 'dal vuoto si passa alla pienezza, proprio la pienezza del segno […]»[5].
In particolare, quando si vuole estendere a tutti, in maniera indiscriminata, la cultura del patrimonio architettonico, diventa fondamentale analizzare

4 Zerlenga Ornella in Amoruso, Giuseppe. *La ricerca nel disegno di design.* Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore, 2011. Pp.70-71.
5 Florio, op. cit., p.101.

con attenzione e in maniera mirata, il complesso segnico della configurazione rappresentata. «La strategia comunicativa deve oggi quindi spostare la propria attenzione dal bene culturale al fruitore, interrogandosi, caso per caso, su quale possa essere la metodologia e le tecniche più adatte per la comprensione del monumento»[6]. Solo così il sistema virtuale potrà porsi a supporto di un iter pedagogico che ponga al centro gli aspetti di fattore umano e di inclusione. Mentre le discipline del disegno costruiscono gli indispensabili ponti interdisciplinari per una gestione trasversale del progetto, le *ICT* possono rappresentare un ambiente sicuro all'interno del quale consentire a persone con autismo di fare esperienze nuove, solitamente precluse loro. Secondo Riva e Morganti è infatti possibile avviare un processo di conoscenza attraverso l'interazione con un ambiente simulato in realtà virtuale: «se siamo disposti ad abbracciare una visione della conoscenza come emergente da un processo di co-definizione fra soggetto che conosce e oggetto conosciuto non sarà difficile comprendere come proprio la possibilità di interazione risulterà essere il processo attraverso il quale l'acquisizione di conoscenza ha luogo. Se assumiamo infatti che è attraverso interazione senso-motoria che si co-determina il mondo, l'ampia possibilità di interazione consentita nei sistemi di realtà virtuale, ed il senso di presenza che ne deriva, farà in modo che l'ambiente simulato divenga uno dei tanti modi possibili da cui acquisire conoscenza»[7].
L'indagine è stata condotta sulla letteratura finora pubblicata sul tema *VR* e autismo, analizzata sulla base di preziose interlocuzioni avute nei mesi precedenti con associazioni attive nell'ambito dell'inclusione sociale. A tal proposito, è stato fondamentale il corso sulla Progettazione tecnologica e *design for all* della professoressa Attaianese, co*tutor* della presente ricerca, durante il quale non solo ho potuto ampliare il concetto di inclusione, nella società e nella progettazione ma, allo stesso tempo, ho potuto cogliere importanti occasioni d'incontro con i professionisti del settore e ascoltare le loro esperienze[8]. Tali esperienze mi hanno consentito di formulare osservazioni critiche sugli aspetti della rappresentazione spaziale secondo

6 Pagliano, Alessandra. "Strategie comunicative per la trasmissione del valore: il teatro Miseno e di Pietrabbondante." In *Sistemi di conoscenza per l'Archeologia. I luoghi dei teatri e degli anfiteatri romani in Campania*, di Massimiliano Campi, 57-64. Napoli, 2017, p.57.
7 Morganti, Francesca, e Giuseppe Riva. *Conoscenza, comunicazione e tecnologia. Aspetti Cognitivi della Realtà Virtuale.* LED on line, 2005. p.59-60.
8 Giovanni Minucci, Presidente dell'associazione Cilento 4all e da anni attivo nella divulgazione della cultura dell'inclusione, ha condotto alcuni incontri e seminari nell'ambito del corso sulla *Progettazione tecnologica e design for all* della professoressa Attaianese..

il punto di vista delle discipline del disegno con lo scopo di individuare elementi, caratteristiche e invarianti che possano fornire una base per la redazione di linee guida nella progettazione dello spazio virtuale per l'educazione speciale.
Confrontando, ove possibile, l'analisi delle strutture spaziali rappresentate con i dati di *output* degli esperimenti, ho potuto estrapolare utili considerazioni sulle configurazioni dello spazio virtuale. Queste costituiranno le basi per una sinossi di linee guida e, pertanto, il presupposto per la progettazione di uno spazio virtuale *autism-friendly.* A tale scopo sono state individuate alcune categorie tematiche per il raggruppamento dei dati rilevati: *physical aspects, perceptual - emotional aspects, cognitive aspects.* La corretta gestione di ciascuno di questi valori della figurazione avrà un peso rilevante nello sviluppo di un processo educativo che comunichi i contenuti culturali del patrimonio costruito. Come sostiene Olga Bogdashina: «È necessario filtrare una quantità infinita di informazioni per rendere il trattamento delle informazioni efficace e cosciente»[9]. In una progettazione di *VR autism-friendly* è necessario fornire le informazioni essenziali sullo spazio, al fine di ridurre il peso sensoriale e di evitare distrazioni. Solo tramite le corrette scelte grafiche sarà possibile consentire un'adeguata lettura delle complesse relazioni teoretiche e morfologiche dello spazio architettonico. Dosando il livello di dettaglio, le caratteristiche cromatiche e luministiche, la qualità e le quantità delle informazioni grafiche è possibile gestire il senso di immersione, presenza e *comfort* dell'esperienza virtuale; questa assumerà così, un diverso potere comunicativo in funzione dei suoi *input* percettivi e dell'efficacia delle scelte adottate. Attraverso un'adeguata interpretazione dei codici spaziali, guidata dagli strumenti di analisi e comunicazione delle discipline ICAR 17, si può approdare, quindi, alla progettazione di uno spazio virtuale *human centered*, dove il patrimonio architettonico diventi *medium* di inclusione e comunicazione del suo valore culturale. Il "ri-disegno" di uno spazio configurato sulle specificità di un'utenza più debole ha, come ulteriore ricaduta, l'esito di estendere in modo indiscriminato la possibilità di accesso alla cultura, dal momento che chiunque può trovarsi, nell'arco della propria vita, in una condizione di inabilità (a diversi livelli e in diversi ambiti) e che, migliorare il rapporto con lo spazio, può aiutare a migliorare anche il rapporto con noi stessi e con gli altri.

9 Bogdashina, Olga. *Le percezioni sensoriali nell'autismo e nella sindrome di Asperger.* Vignate (MI): Uovonero, 2015. P.110.

Capitolo 1

Dalla Disabilità alla non tipicità

1 Dalla disabilità alla non tipicità

1.1. Oltre il concetto di disabilità

> Io penso in immagini. Le parole sono come una seconda lingua per me. Io traduco le parole, sia pronunciate che scritte, in filmati a colori, completi di suono, che scorrono come una videocassetta nella mia mente
> **Temple Grandin, 1986**

Si parla spesso di inclusione, ma ancora oggi capita di confondere questo concetto con quello di "integrazione". Accogliere la disabilità, infatti, non è un'azione sufficiente affinché tutti siano messi in condizione di raggiungere gli stessi obiettivi di apprendimento e, quindi, di fruizione dell'ambiente circostante. Alcuni limiti nelle prassi finalizzate all'abbattimento delle barriere, sono legate al concetto stesso di disabilità e al fatto che ancora oggi, ne sussistano errate interpretazioni. Ogni tipologia di *deficit*, infatti, necessita di soluzioni differenti che non possono essere sviluppate a partire da una generalizzazione della problematica. È consuetudine diffusa, ad esempio, far confluire tutte le diversità in un'unica categoria, caratterizzata essenzialmente da limitazioni fisiche. Questo porta spesso a un'eccessiva semplificazione delle soluzioni adottate, che possono, pertanto, risultare riduttive e, in taluni casi, inadeguate o inefficaci. Una rampa può agevolare il percorso di chi ha difficoltà motorie, ma non costituisce un ausilio per tutti: persone non neurotipiche o con diversità sensoriali necessitano di risposte diverse in base alle rispettive specificità, di cui una progettazione realmente efficace dovrà tener conto. La tendenza a una generalizzazione della tematica dell'inclusione si può cogliere già da alcuni dettagli apparentemente trascurabili ma estremamente diffusi, come nella raffigurazione iconica della disabilità, associata prevalentemente all'immagine della sedia a rotelle. Si tratta in realtà dell'esternazione in superficie, di una percezione comune, abbastanza radicata in profondità e di cui danno conferma alcune indagini del CENSIS.
Il primo rapporto CENSIS, dal titolo "Le disabilita tra immagini, esperienze e emotività", è stato redatto nel 2010, con lo scopo di sondare le opinioni e le conoscenze della popolazione italiana sull'argomento. I dati fanno rilevare come il 62,9% del campione intervistato abbia affermato di associare l'immagine della disabilità a quella di una persona con limitazione motoria, mentre il 15,9% pensa ad una persona con ritardi intellettivi e solo il 2,9% a *deficit* sensoriali[10]. Pur non essendo possibile risalire dai dati ISTAT alla consistenza esatta di tutte le tipologie di *deficit,* «risultano estremamente sovrastimate le disabilità motorie, che assurgono nell'immaginario collettivo a simbolo della disabilità, in modo quasi iconografico».[11] Lo stesso CENSIS definisce questi dati come il risultato di una percezione "lacunosa e distorta": «il fatto che solo un italiano su dieci pensa a patologie neurologiche[…], che invece hanno un peso rilevante nel determinare la disabilità nelle fasce d'età giovanili e adulte, è sintomo di una percezione riduttiva e deformata»[12].
Tale condizionamento oltre a sottostimare e a deformare l'immagine che definisce il quadro problematico, conduce anche ad un distacco sociale nei confronti della disabilità, con conseguenze nell'inadeguatezza degli approcci operativi, che purtroppo non sembra modificarsi sostanzialmente con il passare degli anni, nonostante l'intensificarsi degli interventi e delle normative per il superamento delle barriere. Anche nel successivo rapporto CENSIS, datato 2014, si legge: «l'universo delle disabilità non riesce a uscire dal cono d'ombra in cui si trova, non solo nelle statistiche pubbliche (i dati ufficiali dell'ISTAT sono fermi al 2005), ma anche nell'immaginario collettivo e nel linguaggio comune. Un italiano su 4 afferma che non gli è mai capitato di avere a che fare con persone disabili. E la disabilità è percepita da 2 italiani su 3 essenzialmente come limitazione dei movimenti, mentre in realtà la disabilità intellettiva è più diffusa in età evolutiva e rappresenta l'aspetto più misconosciuto, al limite della rimozione»[13].
È quindi indubbio che la tematica va affrontata in maniera puntuale tenendo conto delle differenze che caratterizzano ogni persona ma anche della sua identità, che una società inclusiva non può negare. L'abbattimento delle barriere, pertanto, anche in considerazione del notevole peso che

10 «Sul totale delle persone con disabilità è il 47,9% a soffrire di difficoltà motorie, mentre la quota più alta dei casi riguarda le difficoltà nelle funzioni della vita quotidiana (dunque livelli ridotti o assenti di autosufficienza), vissuta dal 62,5% della popolazione con disabilità. Le difficoltà nella vista, dell'udito e della parola (considerate naturalmente nonostante l'uso di tutti gli ausili disponibili, quali occhiali, apparecchi acustici etc.) riguardano invece il 22,9% delle persone con disabilità». Su tali dati non è possibile stabilire l'incidenza delle disabilità intellettive. CENSIS. *Le disabilità oltre l'invisibilità istituzionale. il ruolo delle famiglie e dei sistemi del welfare.* Primo rapporto di ricerca. Le disabilità tra immagini, esperienze e emotività, Roma: CENSIS, 2010., pp.3-4.
11 *Ivi*, p.5.
12 *Ibidem*.
13 CENSIS. *I disabili più diseguali nella crescita delle diseguaglianze.* Comunicato Stampa, Roma: CENSIS, 2014. p1.

hanno le neuro diversità nello scenario generale, non può esaurirsi solamente sul piano funzionale ma do*vr*ebbe coinvolgere anche aspetti percettivi, cognitivi e interpersonali, capaci di condurre ognuno all'autonomia nell'espletamento delle azioni, partendo da quelle legate alla sussistenza di base fino ad aspetti che arricchiscono la sfera emotiva, legati alla socializzazione, alla cultura, e alla fruizione all'arte. Come specificato dalla Convenzione sui Diritti delle Persone con Disabilità (CRPD - ONU, 2006) e dal relativo protocollo sottoscritto dall'Italia il 30 marzo 2007 (ratificato con la Legge 3 marzo 2009, n. 18), il concetto di uguaglianza e pari opportunità si esplica quindi in una equità civica e in una effettiva partecipazione alla società[14].

«La CRPD è permeata di un(a) paradigma culturale profondamente innovativo rispetto al passato, mettendo in evidenza che le persone con disabilità sono parte della società e devono poter godere di tutte le politiche ed i programmi»[15]. È, infatti, in quest'aspetto nodale che consiste la differenza tra integrazione e inclusione; la prima è una situazione: «Ha un approccio compensatorio, ovvero si riferisce esclusivamente all'ambito educativo. Guarda al singolo, nel senso che prima interviene sul soggetto diversamente abile e poi sul contesto. Incrementa una risposta specialistica»[16]. La seconda è un processo: «si riferisce alla globalità delle sfere educativa, sociale e politica. Guarda a tutti gli alunni (indistintamente/differentemente) e a tutte le loro potenzialità. Interviene prima sul contesto, poi sul soggetto. Trasforma la risposta specialistica in ordinaria»[17]. Ma qualsiasi programma di *policy making* che miri all'inclusione e a rafforzare l'*empowerment* dei gruppi marginalizzati è fortemente condizionato dai modelli d'interpretazione della disabilità[18]. Ciascuno si basa su presupposti differenti in base ai quali inquadrare la problematica e individuare le politiche operative. In particolare, il modello che si muove in direzione di un sostanziale cambiamento nell'approccio al tema della disabilità è quello delle *capability*, sviluppato nei primi anni'80 dal premio Nobel Amartya Sen. Esso parte dal presupposto che la realizzazione di ciascun individuo passi essenzialmente dall'opportunità di avere un ruolo attivo nella società. In

14 Cfr. Terzi, Lorella. "Disability and Civic Equality: a Capability Perspective." *Italian Journal of Disability Studies* (ANICIA) 1, n. 1 (Settembre 2013). p26.

15 Griffo, Giampiero . "Diritti umani e persone con disabilità ." *Italian Journal of Disability Studies* (ANCIA) 1, n. 1 (settembre 2013). p.23.

16 *Pedagogia in movimento.* 05 febbraio 2016. https://pedagogiainmovimento.wordpress.com/2016/02/05/qual-e-la-differenza-tra-integrazione-e-inclusione/.

17 *Ibidem*.

18 Cfr. Biggeri , Mario . *l'approccio delle Capability applicato alla disabilità: dalla teoria dello sviluppo umano alla pratica.* Dossier, Firenze: umanaMENTE, 2011.

quest'ottica è fondamentale la libertà di poter scegliere liberamente il percorso per la soddisfazione del proprio benessere (*well-being achievement o functionings*) e anche quali traguardi realizzare in affinità con le proprie personali capacità.

Lorella Terzi fa notare come la libertà decisionale giochi un ruolo fondamentale nel processo inclusivo prospettato da Sen, il quale deliberatamente, lascia indefiniti i confini delle *capability* a cui ciascuno può accedere. Sarà Martha Nussbaum a definire una lista delle *central human capabilities*, integrando il modello seniano con quelle che a suo parere costituiscono i cardini di una vita "veramente umana"[19]. In un'ottica di giustizia civile, il ruolo della società è, quindi, quello di offrire a ciascuno, senza distinzioni, una pluralità di opzioni e di poterne disporre liberamente. «In altre parole, la persona con disabilità attraverso un approccio di teoria della giustizia orientato alle *capability* - sia che la disabilità provenga da problemi fisici, mentali o restrizioni imposte dalla società - riceve immediate attenzioni con politiche sociali che non a*vr*ebbe avuto attraverso altri approcci»[20].

Tale modello è forse quello che maggiormente stravolge il tradizionale concetto di disabilità, in quanto non si concentra sulle menomazioni, ma sulle capacità individuali. Partendo dal presupposto che la "diversità" sia una caratteristica umana, non solo per le qualità personali, ma anche sociali, culturali, economiche, si giunge alla conclusione che la disabilità non sia altro che «una delle infinite forme di differenziazione che contraddistinguono gli esseri umani»[21]. In tal modo crolla la concezione di disabilità riferita ad un ideale modello di "normalità". Sono diversi gli studi che si

19 Le capabilities definite da Nussbaum comprendono: « 'life', 'bodily integrity' and 'bodily health', 'senses, imagination and thought', 'emotions', 'practical reason' and 'affiliation', as well as 'play', 'other species' and 'control over the environment». Lorella Terzi, *op.cit.,* p.29.

20 Un importante aspetto legato a questo metodo è quello di interpretare lo sviluppo della società non esclusivamente in termini economici, ma soprattutto in termini di sviluppo umano, di condizioni di vita e di realizzazione personale. Tale approccio si contrappone radicalmente al "*modello individuale o medico*" che definisce la "disabilità" come una condizione "biologica intrinseca", valutata in base alla difformità rispetto a una presunta "normalità fisica" Questo modello deve pertanto individuare delle categorie chiuse e parametrizzate all'interno delle quali poter effettuare delle "stime di prevalenza" per la definizione della consistenza della "menomazione". Tale procedura, in parte superata anche nelle indicazioni della CRPD, desta più di una perplessità; da un lato la scarsa attendibilità delle stime è dovuta alla forzatura delle casistiche entro "classi di menomazioni" che difficilmente possono descrivere l'eterogeneo scenario *deficit*ario, dall'altro essa conduce a considerare lo svantaggio, come "risultato della sua menomazione". Mario Biggeri op.cit., p.25.

21 *Ivi*, p.11.

muovono in questa direzione. Riprendendo un concetto di Sutherland e confrontando differenti modelli interpretativi, Tom Shakespeare e Nicholas Watson si pongono in una posizione estrema, affermando che «in qualche modo siamo tutti menomati»[22]. Partendo dalla considerazione che la condizione di disabilità sia una interazione di fattori, alcuni legati alla persona, altri legati al contesto ambientale e sociale, comincia a sgretolarsi il confine tra abile e non; poiché nessuno si trova in una condizione di totale efficienza "siamo tutti in qualche modo compromessi"[23] .
Anche rimanendo su posizioni meno estreme, se si volge lo sguardo al modo in cui le trasformazioni socioculturali stanno incidendo nelle nuove generazioni, ci si accorge che la linea di demarcazione tra quadro neurotipico e non, si assottiglia sempre più.
Uno studio del 2015 della *University of East Anglia* (Londra), mette in rilievo un aspetto estremamente rilevante sulle nuove generazioni: da un lato si tratta di giovani con grandi capacità di adattamento ai cambiamenti, esperti nella gestione di dati e mezzi digitali, con incredibili abilità *multitasking* e di memoria visiva, dall'altro, scarsa capacità nel mantenere la concentrazione, difficoltà nell'ascolto orale, incapacità nel gestire un sovraccarico di informazioni, ricerca di continue gratificazioni, problemi di socializzazione, mancanza di pensiero critico, sono aspetti che la ricerca descrive come caratterizzanti la generazione dei *millenials*[24] ma che, in ambito pedagogico, configurano lo scenario in cui possono manifestarsi alcuni *deficit* dell'apprendimento. Si va delineando così, una convergenza nelle esigenze formative delle fasce più fragili con quelle di un'utenza più generica, le cui difficoltà seppur palesate, non rientrano nella casistica diagnostica del disturbo cognitivo.
Non possiamo, pertanto, trascurare il profondo cambiamento dell'utenza che si affaccia oggi sulla scena educativa rispetto all'epoca analogica; ne sono cambiati i bisogni, i tempi recettivi, le modalità adattive, i gusti, ma anche le aspettative, sempre più orientate verso la spettacolarizzazione e il divertimento. Lo scenario educativo si articola in ragione di un panorama sempre più complesso di diversità intellettive che, accogliendo le osservazioni di Shakespeare e Watson, dipende dalla complessa intersezione

22 Shakespeare, Tom , e Nicholas Watson. "The social model of disability: an outdated ideology?" *Research in Social Science and Disability* (JAI Press) 2 (2002). p.26.
23 Cfr. *ibidem*
24 Cfr. Karakas , Fahri, Manisaligil Alperen , e Emine Sarigollu . "Management learning at the speed of life: Designing reflective, creative, and collaborative spaces for millenials." *The International Journal of Management Education* 13 (2015): 237-248.

tra specificità individuali e "ambiente"[25]. Dario Ianes fa notare come nelle classi siano in aumento gli alunni che «per qualche difficoltà di "funzionamento" […] (hanno) difficoltà nell'ambito dell'apprendimento e dello sviluppo di competenze»[26]. Oggi tali specificità educative, vengono definite BES (Bisogni Educativi Speciali), in base ad una Direttiva ministeriale del 2012 e in conformità con il modello ICF dell'OMS[27]. Il riconoscimento dei Bisogni Educativi Speciali identifica un'importante posizione della scuola italiana rispetto alle metodologie inclusive; poter assicurare a tutti, anche ad alunni privi di una certificazione di disabilità, la possibilità di accedere ad un Percorso Didattico Personalizzato (PDP), è un passo importante verso la rottura delle barriere ideologiche.
Mentre in alcuni Paesi dell'area anglosassone (prevalentemente nel Regno Unito e in parte degli Stati Uniti), si tende a escludere la componente legata alla condizione clinica dell'individuo, assumendo una visione prevalentemente sociale e culturale della disabilità[28], l'acquisizione della metodologia ICF (dell'Organizzazione Mondiale della Sanità), cerca di integrare più aspetti secondo un modello "bio-psico-sociale". In linea con le posizioni di Shakespeare (critiche nei confronti di un modello esclusivamente sociale), in questo modo, non solo si confrontano le condizioni biostrutturali con quelle di contesto, ma si mantiene anche una visione ampia della proble-

25 Secondo all' Organizzazione Mondiale della Sanità «I fattori ambientali costituiscono gli atteggiamenti, l'ambiente fisico e sociale in cui le persone vivono e conducono la loro esistenza». Leonardi , Matilde . *ICF Classificazione Internazonale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute.* Gardolo (TN): Edizioni Erickson, 2008. p. 155.
26 Ianes, Dario. *la didattica per i Bisogni Educativi Speciali. Strategie e buone prassi di sostegno inclusivo.* Trento: Erickson, 2008. p.17.
27 Il modello IFC, (*International Classification of Functioning dell'OMS*) stabilisce un linguaggio comune per la definizione della disabilità. Partendo dal presupposto che essa derivi dalla combinazione di più componenti: fisico, ambientale, sociale, la valutazione di ciascun componente è misurata in una scala di valori (*qualificatori*), consente di determinare una classificazione che si pone come riferimento e standard comunicativo per la ricerca e il confronto tra gli Stati Membri dell'OMS. Quello che è importante far rilevare, in questa metodologia, è che la tassonomia non riguarda le «"conseguenze delle malattie" […], ma è diventata invece una classificazione delle "componenti della salute". Le "componenti della salute" identificano gli elementi costitutivi della salute, mentre le "conseguenze" si focalizzano sull'impatto delle malattie o di altre condizioni di salute che ne possono derivare». Leonardi, op.cit., p 15.
28 Il "modello sociale", sostenuto dai movimenti delle persone con disabilità, parte dal presupposto che sia l'ambiente a condizionare, con le sue caratteristiche fisiche e sociali, la possibilità o meno di accedere a opportunità uguali per tutti. In quest'ottica quindi, le diversità legate alla persona, mutano in "invalidità" in base al contesto ed è per questo che le politiche di pari opportunità, dovranno concentrarsi sull'eliminazione delle barriere materiali e non. Cfr. Nicolò Bellanca et al. e Shakespeare et al. op.cit.

matica e delle possibili soluzioni, senza preclusioni per nessun individuo. Allo stesso tempo, la considerazione di fattori legati alla persona, non si identifica con un ritorno alle categorie diagnostiche tradizionali, ma al contrario con una poliedricità dei criteri valutativi per ciascun caso. Una nota del 2013 specifica che: «l'utilizzo dell'acronimo BES sta quindi a indicare una vasta area di alunni per i quali il principio della personalizzazione dell'insegnamento, sancito dalla Legge 53/2003, va applicato con particolari accentuazioni in quanto a peculiarità, intensità e durata delle modificazioni […]. Non si tratta di costruire gruppi di etichettati ma di intervenire con una personalizzazione dei piani di studio e/o con la costruzione di laboratori inclusivi»[29]. Gli ambienti educativi, in tal modo, hanno la possibilità di diventare terreno di relazione tra i differenti approcci: il modello seniano delle *capability*, privo di confini tassonomici e quello ICF, che a sua volta media il "modello medico" con il "modello ambientale".
È molto importante, infatti, in un percorso di apprendimento "speciale", tenere in considerazione la totalità dei fattori condizionanti la persona, qualunque sia il suo quadro diagnostico. Infatti, come precedentemente accennato, le problematiche educative dei nuovi discenti, in relazione alla molteplicità delle specificità cognitive, sono talmente ampie, che non è sempre facile definire con precisione il quadro BES: «dai più tradizionali disturbi specifici dell'apprendimento (dislessia, disgrafia, discalculia), al disturbo da *deficit* attentivo con o senza iperattività (ADHD), a disturbi nella comprensione del testo, alle difficoltà visuo-spaziali, alle difficoltà motorie, alla goffaggine, alla disprassia evolutiva, ecc. Troviamo anche gli alunni con ritardo mentale e ritardi nello sviluppo, originati dalle cause più diverse»[30]. Richiamando nuovamente Sutherland, in questa inclusione totale di tutte le diversità nell'ambito dei BES (comprensiva anche di *deficit* di natura esclusivamente sociale), si riconosce l'indeterminatezza di una linea di demarcazione tra "normale" e "disabile" anche in ambito cognitivo. Tale concetto ha dei risvolti particolarmente rilevanti se si vuol consentire un indiscriminato accesso alla cultura: comincia, infatti, a farsi strada l'idea che non esista un'intelligenza di riferimento, in base alla quale formulare generiche programmazioni disciplinari, ma che le infinite sfumature della mente umana costituiscano qualità differenti dell'immenso scenario delle intelligenze. Umberto Galimberti sottolinea proprio l'importanza che la scuola non protenda verso "l'univocità della risposta", ma che sia capace di dare spazio anche "all'intelligenza divergente", riuscendo anche a capovolgere i termini del problema[31]. Galimberti riprende un assunto di Howard Gardner per spiegare che non esiste una "intelligenza generica", ma che le forme di intelligenza sono talmente tante da renderne impossibile una "misurazione" uniforme.
«Anche se possediamo l'intera gamma delle intelligenze, forse non esistono due persone che abbiano esattamente le stesse intelligenze, nello stesso grado e nella stessa combinazione: nemmeno i gemelli omozigoti sono così. Si aggiunga che la configurazione delle intelligenze e i loro rapporti mutano nel tempo per effetto delle esperienze che gli individui vivono e del senso che danno (o non danno) loro»[32]. Secondo Gardner ogni intelligenza identifica, nelle sue caratteristiche di unicità e nella particolare flessione che le connota, una forma di genialità. Il genio, quindi, non è prerogativa di individualità specifiche, come Leonardo da Vinci, ma in tutte quelle menti che, avendo una particolare inclinazione, sviluppano una visione del mondo "esclusiva"[33].

1.2. Peculiarità dell'autismo

Questa visione trova riscontro nell'identificazione del Disturbo dello Spettro Autistico (*ASD*), dove non esistono uniformità diagnostiche, ma si può passare da una compromissione totale della sfera cognitiva a funzionalità talmente elevate da essere definite "geniali" o più nel dettaglio abilità *savant*.[34] Attaianese afferma che «sebbene manchino dati certi sul totale di persone con disturbi dello spettro autistico, recenti stime dell'Osservatorio Nazionale Autismo dell'Istituto Superiore di Sanità riportano che in Italia un bambino su settantasette ne è colpito, con una prevalenza di maschi che avrebbero, rispetto alle femmine, almeno 4 volte in più la probabilità di ricevere una diagnosi di autismo […] »[35]. I primi studi si sono concentra-

29 Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. *BES – Alunni con bisogni educativi speciali (Direttiva ministeriale 27 dicembre 2012 e Circolare Ministeriale 6 marzo 2013, n. 8) Piano per l'inclusione scolastica. Materiali e proposte per la formazione dei docenti a.s. 2013-2014.* Nota USR, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della RicercaUfficio Scolastico Regionale per l'Emilia Romagna, 2013. p.1.
30 Ianes, op.cit, p.17.

31 Galimberti, Umberto, *prefazione*, in Gardner, Howard . *Educazione e sviluppo della mente.* Trento: Centro Studi Erickson, 2005. p.8.
32 Gardner, Howard. *Sapere per comprendere.* Milano: Feltrinelli, 1999., p.73
33 Cfr. Bellanca et al., op cit.
34 La possibilità di un nesso (non obbligato) tra alcune speciali capacità e persone con "anomalie cerebrali", fu reso pubblico per la prima volta da Oliver Sacks nel 1986.
35 Attaianese, Erminia, e Giovanni Minucci. "Progettare percezione e piena fruizione dei siti di interesseculturale da parte di persone con autismo" In *INCLUSIVE LIVING Il Design for an autonomousand independent liv*, di A.F.L., Conti, C., Tatano, V Baratta. 2019. p.303.

ti prevalentemente sugli aspetti cognitivi nella fase dell'età evolutiva, dando il via ad una serie di teorie dei *deficit* cognitivi[36] che considerano intatte le funzioni percettive di base, con una misinterpretazione delle informazioni a livello del sistema nervoso centrale[37] . In base a tali teorie l'autismo è «visto come condizione atipica dello sviluppo neurologico, legata a una predisposizione poligenetica, ereditaria o de novo, con il concorso, in alcuni casi, di diversi fattori ambientali durante lo sviluppo embrionale e/o i primi anni di vita post-natale, che agiscono attraverso meccanismi epigenetici […]»[38].

Attualmente non esistono studi medici che rivelino le cause dell'autismo, pertanto, le diagnosi si basano essenzialmente sull'osservazione dei comportamenti. In particolare, sono stati riscontrati *deficit* nelle relazioni sociali, nel linguaggio e nella flessibilità di pensiero e comportamento, identificati da Lorna Wing nel 1996 come "la triade *deficit*aria"[39]. È come se la persona fosse bloccata in una posizione egocentrica, con l'impossibilità di interagire con il mondo esterno e con gli altri, tendendo a interpretare le situazioni letteralmente[40]. Frith e Happè la definiscono come una "cecità mentale" (*mindblind*), che porta difficoltà nella lettura delle espressioni facciali, degli stati emozionali e dei comportamenti altrui. I disagi nella sfera comunicativa e sociale, si associano spesso a una estrema rigidità mentale, bisogno di *routine*, di azioni rituali e ripetitive che richiedono una minore complessità organizzativa rispetto alla gestione di situazioni mutevoli o impreviste. «Tuttavia, tali comportamenti sono visti come un insieme di reazioni compensative finalizzate, causate da uno o più *deficit* fondamentali, e non possono essere considerati come caratteristiche primarie. Queste caratteristiche comportamentali, seppure molto utili per le diagnosi, non ci dicono molto sul perché le persone autistiche le manifestino e su come facciano esperienza del mondo»[41]. In particolare, si parla di "spettro" autistico, in riferimento al ventaglio di variabili che intercorrono tra i diversi gradi di compromissione e associati a diverse difficoltà di apprendimento. Questa difficoltà nel definire uno specifico quadro di caratteristiche comportamentali, porta sempre più spesso a parlare di "autismi" piuttosto che di autismo DMS-V (APA, 2013)[42]. Non solo non è possibile definire dei modelli di comportamento, ma spesso si riscontrano dinamiche totalmente differenti, se non addirittura opposte e non ancora indagate o poco prevedibili. Per questo motivo, è consuetudine suddividere la casistica in tre categorie: "alto", "medio" e "basso" funzionamento, in base ai livelli performativi di ciascun individuo. Il *NCSE* (*National Council of Special Education*) riporta che la sindrome di Asperger è considerata una forma di autismo ad alto funzionamento perché le persone, in questo caso, tendono ad avere un QI medio o superiore alla media e tendono a non presentare ritardi linguistici precoci[43]. Inoltre, nelle persone Aspergher le difficoltà di apprendimento non sono implicite, ma possono manifestarsi alcuni disturbi specifici come ad esempio dislessia, dispraxia[44], disgrafia, discalculia. Pertanto, la variabilità comportamentale è talmente ampia da configurare un quadro individuale e soggettivo del fenomeno, che richiede soluzioni di supporto educativo individualizzato[45].

L'autismo può verificarsi con qualsiasi livello di disabilità intellettiva o di apprendimento e con altri problemi, intellettivi, di sviluppo e di salute, riscontrati nella popolazione generale (compromissione sensoriale, paralisi cerebrale)[46]. I bambini *ASD* hanno maggiori probabilità rispetto alla popolazione generale di avere epilessia, problemi uditivi e visivi, disturbo da *deficit* di attenzione e iperattività (*ADHD*) e provare ansia e depressione.

Le osservazioni suggeriscono che hanno maggiori probabilità di avere problemi di sonno e difficoltà motorie[47]. Un altro disagio è legato alle difficoltà di attenzione. In molti casi si registra un differimento nello spostamento dell'attenzione da uno stimolo a un altro; questa lentezza è generata da un ritardo nell'elaborazione dello stimolo. Tale sintomo è spesso associato al *deficit* di attenzione e iperattività *ADHD (Attention Deficit/Hiperactivity Disorder)*, ma con alcune differenze: nell'autismo si manifestano problemi di selettività, focalizzazione troppo ristretta, e bassa velocità di spostamento

36 Teoria della mente (Baron-Cohen, Leslie e Frith 1985), Teoria della coerenza centrale (Frith, 1989), teoria del *deficit* e delle funzioni esecutive (Ozonoff, 1995).
37 Cfr. Bogdashina, op cit. p. 25.
38 Moscone, Davide, e David Vagni. "L'educazione cognitivo – affettiva e le condizioni dello spettro autistico ad alto funzionamento." *Autismo e disturbi dello sviluppo* 11, n. 1 (Gennaio 2013). p. 40.
39 Cfr. Simmons, David R., Ashley E. Robertson, Lawrie S. McKay, Erin Toal, Phil McAleer, e Frank Pollick. "Vision in autism spectrum disorders." n. 49 (Nov 2009): p.26.
40 Cfr. Happè, Francesca, e Uta Fritch . "Autism spectrum disorder." *Current Biology* 15, n. 19 (2005): 786-90.
41 Bogdashina, op cit. p. 24.
42 Cfr. APA - American Psychiatric Association. "DSM-5. Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali." Milano: Raffaello Cortina, 2014.
43 Cfr. Parsons, Sarah, Karen Guldberg , Andrea MacLeod , e Glenys Jones . "International review of the literature of evidence of best practice provision in the education of persons with autistic spectrum disorders." *European Journal of Special Needs Education*, 10 mar 2011. p.27.
44 Cfr. *ivi*, p.26.
45 Cfr. Attaianese et al, 2019. op.cit.
46 Cfr. Parsons Sarah et al., 2011, op.cit.
47 Cfr. *ibidem*.

con conseguente frammentarietà delle immagini percepite[48]. Tuttavia, è anche possibile che autismo e *ADHD* si sovrappongano[49].
Il problema dell'attenzione incide in maniera sostanziale nei processi di apprendimento: durante un'esperienza educativa entra in gioco l'esercizio dell'attenzione congiunta, che implica prestare attenzione non solo all'oggetto di studio, ma anche alla persona che sta veicolando l'informazione. Se la persona *ASD* non riesce a controllare entrambe, è quindi inabile a un'attenzione congiunta (con modalità a "singolo canale" o a "visione a tunnel"), non riuscirà a comprendere il significato di tale interazione e di conseguenza ad accedere ai contenuti culturali del programma educativo. «Per imparare il linguaggio l'attenzione congiunta è essenziale. Un bambino collega una parola nuova con l'oggetto dell'attenzione congiunta. Un *deficit* dell'attenzione congiunta influisce sul modo in cui bambini autistici imparano nuovi concetti»[50] Pertanto, un determinato concetto che si vuol comunicare può essere associato a qualsiasi oggetto o parte di esso che, in quel preciso momento, è al centro della loro attenzione e che può non avere alcuna relazione con il tema dell'apprendimento. La loro memoria è, fondamentalmente una memoria meccanica; Sacks la descrive «come un grande negozio o una biblioteca, o un archivio, ma non indicizzata né categorizzata, e nemmeno tenuta insieme per associazioni, in cui pure ogni cosa può essere raggiunta in un istante, come nella memoria ad accesso casuale di un computer»[51].
Ulteriori complessità dello spettro autistico riguardano anche i diversi gradi di stimolazione sensoriale di ciascuna persona *ASD* che, anche in questo caso, possono porsi agli estremi opposti passando dall'iposensibilità all'ipersensibilità relativa ad olfatto, vista, gusto, suono o tatto e generando sensazioni di disagio in entrambi i casi. Nel caso di iposensibilità, i recettori non veicolano sufficienti informazioni sensoriali e pertanto, il cervello non riesce a rielaborarle. Le reazioni sono simili a quelle di persone non autistiche ma con compromissioni dei sistemi sensoriali (ipovisione, ipoudito, ipotatto, ipogusto/ipoolfatto, iposensibilità vestibolare). Atteggiamenti definiti "bizzarri" come: agitare o sbattere le mani, dondolarsi o ruotare su sé stessi, percuotere il capo con le mani, emettere vocalizzi, possono essere azioni di "auto stimolazione" involontaria, utili a riequilibrare i propri canali sensoriali e a stabilire delle relazioni con il mondo.

48 Cfr. Bogdashina, op cit.
49 Cfr. APA op. cit.
50 Bogdashina, op cit. p. 113.
51 Bogdashina, op cit. p. 115.

Nel 1974, Delacato fu il primo a definire questi comportamenti "sensorismi" (ciechismi visivi, sordismi uditivi ecc..) e ad attribuire alle distorsioni sensoriali, la causa di tutti i comportamenti autistici, quindi anche dell'isolamento sociale, delle disfunzioni del linguaggio e dei comportamenti stereotipati[52]. Nel caso di ipersensibilità gli *input* provenienti dal mondo esterno son amplificati al punto da provocare, in alcuni casi, sensazioni dolorose e insostenibili[53]. Gillingham le definisce "super-abilità" e sono tali da portare le persone autistiche ad accorgersi di dettagli che, per una persona neurotipica, possono essere del tutto irrilevanti. Queste sensazioni dolorose possono essere trasmesse da qualsiasi senso e procurano un'evidente insofferenza nei riguardi dei fattori di innesco: rumori e odori, anche apparentemente lievi, contatto con gli altri, con gli oggetti o persino con gli indumenti, intolleranza per attività che comportano movimenti o cambiamenti nella posizione del corpo (ipersensibilità vestibolare). Secondo Gillingham il corpo svilupperebbe endorfine in autodifesa dal dolore, ma con l'effetto controproducente di inibire ulteriori informazioni sensoriali[54].
«Temple Grandin (2000) suggerisce che una parziale spiegazione della mancanza di empatia nell'autismo possa ricondursi a un sistema nervoso ultrasensibile che impedisce a un bambino autistico di ricevere stimolazioni tattili confortanti dal venire abbracciato»[55]. Spesso le persone autistiche mettono in atto una serie di atteggiamenti compensatori, non sempre consapevoli, al fine di evitare il frastuono percettivo. Uno di questi è la cosiddetta "percezione a tunnel", ovvero l'elaborazione a singolo canale che porta a un'attenzione selettiva, focalizzata sui particolari piuttosto che sull'insieme. In tal caso la persona autistica «sceglie ciò che ritiene importante, ma questo è solitamente diverso da ciò su cui si focalizzano nella stessa situazione le persone non autistiche»[56].
Questi presupposti confluiscono nella Teoria della Coerenza Centrale, sviluppata da Frith e Happè alla fine degli anni'80. L'autismo, in questo caso, è connesso a un particolare "stile percettivo" che preclude una visione d'insieme del contesto; esso si manifesta con una carenza nell'esecuzione di compiti che richiedono un'elaborazione globale[57].
Se da un lato quest'aspetto riduce o, in taluni casi, annulla del tutto la capacità di creare connessioni di senso in maniera adattiva e versatile, d'altro

52 Cfr. *ivi*, op cit. p. 64.
53 Cfr. Attaianese E. et al., 2019, op.cit.
54 Cfr. Bogdashina, op cit. p. 62.
55 *Ivi*, p. 64.
56 *Ivi*, p. 111.
57 Cfr. Moscone et al, op cit., p. 48.

canto consente di immagazzinare dati con estrema precisione[58]. Poiché l'attenzione ai particolari è una prerogativa del talento, da ciò deriverebbe anche la potenzialità di sviluppare abilità speciali come quelle dei *savant* o di alcune persone con sindrome di Asperger. Sacks, che osservò i primi casi *savant*, apre la strada a una serie di ricerche che nel tempo hanno cercato anche di comprendere come mai alcune particolari abilità siano possibili in persone non neurotipiche. Mottron, ad esempio, fa risalire questa potenzialità «all'elaborazione prevalentemente locale e, in particolare, alla rilevazione di schemi nell'ambiente»[59].
La persona autistica tenderebbe così a focalizzarsi visivamente sui dettagli del contesto fisico che lo circonda: in quest'ottica, lo spazio assume un ruolo importante nel trasmettere sensazioni di disturbo o benessere e quindi nell'inibire o favorire lo sviluppo di processi cognitivi. Sarebbe, infatti, tale anomalia percettiva a provocare i sintomi più comuni, come l'ansia, ossessività, stati compulsivi come dimostrato da recenti studi: «Si è ipotizzato che tutti i sintomi dell'autismo siano semplicemente una conseguenza della compromissione cerebrale che fa sì che i cervelli dei bambini autistici percepiscano gli *input* provenienti dal mondo esterno in modo diverso da quello dei bambini non autistici»[60].
Sebbene la maggior parte delle ricerche definiscano l'autismo come un disturbo caratterizzato dalla compromissione dell'interazione sociale, con un disordine nel linguaggio, negli ultimi anni si stanno diffondendo diagnosi che fanno riferimento all'area percettiva come sorgente di quei malesseri che poi si manifestano nei comportamenti e nella socialità. Hatch e Rasmussen mettono in risalto il ruolo dei sensi che, nell'autismo, agirebbero in maniera isolata in assenza di un coordinamento a livello cerebrale. Da ciò deriverebbe anche l'incapacità del cervello di attribuire significato agli *input* sensoriali per organizzarli in concetti[61]. Quest'ipotesi trova conferma nei precedenti studi di Hermelin e O'Connor, precursori nelle indagini sugli stimoli percettivi e, in particolare, sulle rappresentazioni mentali in bambini autistici[62]. Anche loro giungono a ipotizzare una mancata decodifica semantica delle informazioni veicolate dai sensi. Ma nonostante le percezioni sensoriali possono essere fraintese dalle persone *ASD*, esse assumono un ruolo di fondamentale importanza nei processi quotidiani di conoscenza del mondo. Nell'autismo questa conoscenza si traduce in una

58 Cfr. Happè, et al. 2012., p.10.
59 *Ivi*, p.10.
60 Bogdashina, op cit. p. 29.
61 Cfr. *ibidem*.
62 Cfr. Simmons et al, op. cit.

"memoria dei sensi", dal momento che i ricordi non vengono indicizzati, decodificati nelle tradizionali categorie (come, ad esempio, quelle di spazio e di tempo) o interconnessi da un sistema di relazioni[63].
Olga Bogdashina[64] spiega che: «molte persone con autismo non ricordano verbalmente ma, mentre ricordano, effettivamente vedono, odono o sentono al tatto, all'olfatto o al gusto le cose (nella loro mente). Il pensiero di qualcosa produce esperienze reali che essi hanno avuto incontrando quella cosa o quell'evento per la prima volta»[65]. Pertanto, richiamare i ricordi vuol dire, per loro, rivivere le stesse sensazioni fisiche dell'esperienza. Prendere coscienza di questi aspetti è molto importante in un'ottica educativa, in quanto fa comprendere l'importanza di esperienze dirette, dove il ruolo dell'educatore sia quello di supporto piuttosto che di mediatore. Quest'aspetto è da tenere in particolare considerazione nel processo di interazione con lo spazio in quanto, durante l'esplorazione al suo interno, si attiva un importante meccanismo conoscitivo veicolato dai sensi.
La comprensione dei codici figurativi trasmessi dall'architettura in cui si è accolti è un passo importante verso l'acquisizione della consapevolezza di sé. In persone autistiche, la possibilità di costruire relazioni di distanza, profondità, posizione con gli elementi dell'ambiente è ancora più saliente, perché può rappresentare un'opportunità per migliorare taluni comportamenti e le relazioni con gli altri. L'architettura che ci circonda, infatti, in ogni momento condiziona il rapporto con noi stessi e con il mondo tramite un complesso sistema di informazioni che, sebbene ognuno interpreti a suo modo, viaggia sulle basi della percezione umana.
Secondo Arnheim: «certi fenomeni percettivi di contrasto cromatico o alcune illusioni percettive, sono meccanismi di tale autosufficiente completezza da consentire di ignorare ogni differenza individuale. E lo stesso discorso vale per la distinzione fra esperienze di ascesa e di caduta, di aperto o di chiuso, oppure dell'espressione dinamica delle curve circolari rispetto a quelle paraboliche»[66].
Gli aspetti dell'esperienza percettiva che influiscono sulla nostra consapevolezza del mondo sono innumerevoli e alcuni di questi sono estre-

63 Cfr. Sacks, Oliver. *Un antropologo su Marte. Sette racconti paradossali.* Milano: Adelphi, 1995. p.208.
64 Olga Bogdashina è Master in educazione sull'autismo e lavora nel campo autistico come insegnante e ricercatrice, con un particolare interesse verso i problemi comunicativi e sensoriali.
65 Bogdashina, op cit. p. 115.
66 Arnheim Rudolf, 2019. *La dinamica della forma architettonica.* Sesto San Giovanni MI: MIMESIS edizioni, 2019, p.13.

mamente incisivi, nonostante agiscano solo a livello inconscio. Nelle persone *ASD*, tuttavia, tali informazioni, seppur registrate regolarmente dai sensi, non sempre acquisiscono un significato o vengono correttamente interpretate a livello cerebrale. Nell'autismo, è proprio l'anomala risposta del sistema percettivo che genera i maggiori problemi di interazione con l'ambiente, ovvero un'«incapacità di elaborare in modo adeguato, e contemporaneamente, tutte le informazioni provenienti dal mondo esterno e dal proprio corpo e di organizzarle, in maniera efficace e funzionale, per rispondere convenientemente, e in modo consapevole, alle situazioni che si stanno vivendo»[67].Queste risposte anomale non sono generalizzabili, quindi diventa ancora più importante osservare nel dettaglio come le persone autistiche si relazionano con il mondo fisico, per mirare a un percorso progettuale efficace nella comunicazione e inclusivo.
Richiamando i concetti basilari del "modello ambientale" nei punti di contatto con il "modello ICF", la componente ambientale diventa determinante, in un sistema di relazioni in cui ogni fattore influenza gli altri e in cui rientrano anche: la componente del corpo, legata alla percezione della propria persona nello spazio e la partecipazione, inerente funzionalità in ambito sociale e individuale. L'approccio diretto allo spazio, tuttavia, per le persone *ASD*, non è sempre possibile, sia per difficoltà operative, sia per la pericolosità che alcune esperienze possono comportare per persone non neurotipiche. La conoscenza dello spazio fisico, ad esempio, sebbene prioritaria in un percorso orientato all'autonomia e all'inclusione, comporta ostacoli determinati da condizioni di sicurezza e da possibili effetti negativi, come stress e ansia, comuni nelle persone autistiche quando si trovano ad affrontare esperienze nuove. Qualsiasi ambiente non familiare, può diventare un luogo critico, non solo perché aperto all'imprevisto, ma anche in quanto può generare un eccessivo carico sensoriale e cognitivo.
Le strutture compositive, i *pattern* visivi, colori, luci e tutto ciò che collabora alla definizione dello spazio, genera un *input* percettivo che può tradursi in un frastuono sensoriale fino al punto da divenire insostenibile. Questo non significa che le persone *ASD* non possano avere un accesso diretto alla conoscenza del modo che li circonda, ma che è necessaria l'assunzione di una specifica progettualità del programma educativo che mitighi i carichi sensoriali e gli stimoli distraenti. Migliorare il rapporto con lo spazio, partendo da tali presupposti, può influire positivamente nel rapporto con il proprio sé e, a catena, nel percorso di inclusione sociale e culturale. Poiché, infatti, l'autismo non può considerarsi una malattia, «l'evoluzione

67 Attaianese et al, op. cit., p.304.

attesa non è la guarigione, ma il contenimento delle sue manifestazioni, che mira a obiettivi di adattamento funzionale e sociale, nel rispetto del principio della neuro diversità […]»[68].

1.3. Non neurotipicità cognitive e ambienti virtuali per l'apprendimento

Alla luce di quanto descritto e in linea con i principi ispiratori del CRPD - ONU, 2006, le variabili legate al concetto di "abilità", non sono legate esclusivamente alla persona, ma anche alle caratteristiche dello spazio in cui essa agisce che, di conseguenza, può rappresentare un "facilitatore" o una "barriera", in termini tanto di presenza che di assenza[69]. Nel testo ICF si legge: «I fattori ambientali interagiscono con le componenti Funzioni e Strutture Corporee e Attività e Partecipazione. Per ogni componente la natura e il grado dell'interazione potranno essere elaborati in un futuro lavoro scientifico. La disabilità viene definita come la conseguenza o il risultato di una complessa relazione tra la condizione di salute di un individuo e i fattori personali, e i fattori ambientali che rappresentano le circostanze in cui vive l'individuo. A causa di questa relazione, ambienti diversi possono avere un impatto molto diverso sullo stesso individuo con una certa condizione di salute. Un ambiente con barriere, o senza facilitatori, limiterà la performance dell'individuo; altri ambienti più facilitanti potranno invece favorirla. La società può ostacolare la performance di un individuo sia creando delle barriere (ad es. edifici inaccessibili), sia non fornendo facilitatori (ad es. mancata disponibilità di ausili)»[70].
Il rapporto con lo spazio, già estremamente importante per qualsiasi individuo, lo è ancora di più quando si parla di *deficit*. In particolare, nei disturbi del sistema neurologico, l'interazione con l'ambiente può assumere un ruolo dominante nell'acquisizione di competenze di rinforzo delle abilità legate alla sfera sociale e culturale. Poiché noi mediamo la nostra esperienza del mondo attraverso i nostri sensi, le modalità percettive diventano ancora più importanti nell'interpretazione che si dà allo spazio fisico. L'acquisizione e l'interpretazione delle strutture segniche che informano la scena in cui ci muoviamo, si basa sulla capacità individuale di creare associazioni di significato e sintesi degli schemi figurativi. Comunemente, infatti, tendiamo a sintetizzare l'immenso bagaglio di informazioni visive che riceviamo dal contesto circostante, riducendolo non solo in termini di

68 *Ivi*, p.303.
69 Cfr. Matilde Leonardi, op.cit. p 15 e p 155.
70 *Ivi*, p.32.

quantità di dati da rielaborare mentalmente, ma anche in quanto attuiamo una semplificazione dei *pattern* visivi, facendoli rientrare entro schematismi e modelli semplici che ci aiutano nel processo di comprensione dello spazio[71].
Quando però il sistema percettivo è alterato, l'*iter* di decodifica degli stimoli visivi può cambiare sotto molti aspetti: in particolare, nella relazione con un ambiente architettonico, può essere alterato il processo di significazione dei segni, può essere modificato il loro sistema di relazioni o attribuita un'errata valutazione dei pesi, focalizzando l'attenzione su particolari del tutto fuorvianti nell'acquisizione di significato dello spazio.
Nelle persone *ASD*, migliorare il rapporto con lo spazio fisico guidandoli nel processo di comprensione, può influire positivamente, non solo nelle relazioni con gli altri e con sé stessi, ma anche nell'acquisizione di un sufficiente grado di autonomia nella gestione delle proprie azioni. Le risposte psico-fisiche all'interazione con l'ambiente dipendono da una moltitudine di fattori e di variabili legate non solo agli *input* figurativi e percettivi che esso trasmette, ma anche dalle tipicità di ciascun utente.
Romano del Nord, direttore del centro interuniversitario di ricerca sui sistemi e tecnologie per l'edilizia sanitaria *TESIS*, affrontando il tema dell'interazione tra architettura e autismo constata che: «la maggiore difficoltà che si riscontra nella comprensione delle specifiche esigenze da soddisfare nel dare risposta alle domande, esplicite o implicite, di pazienti autistici e loro familiari risiede, purtroppo, nella reattività atipica dei soggetti a tutti gli stimoli sensoriali.
Essendo ormai universalmente acquisito e condiviso il fatto che l'ambiente, in tutte le sue dimensioni e connotazioni, genera sollecitazioni sensibili agli organi della percezione, non si può fare a meno di considerare, nell'assunzione di decisioni a carattere programmatico-progettuale, aspetti che vanno al di là della pura e semplice "funzionalità spaziale" e che coinvolgono le discipline della prossemica, della comunicazione visiva interpersonale oltre che della psicologia e della psicologia-ambientale».[72] Se il disegno ha in sé le potenzialità di un linguaggio, o di "metalinguaggio"[73], che può essere al tempo stesso universale, ma anche puntuale nella decodifica del messaggio, le *ICT* si pongono come poliedrico strumento operativo, capace di gestire contemporaneamente più livelli mediali e di adattarsi alle esigenze dell'utente. In particolare, nell'importante relazione

71 Cfr. Riccardo Florio, op.cit. p.21.
72 Giofrè, Francesca. *Autismo protezione sociale e architettura.* Firenze: Alinea editrice, 2010. p 5
73 Cfr. Florio, op. cit., p.24.

uomo-ambiente, le tecnologie oggi assumono un ruolo dominante, per l'incredibile versatilità delle strumentazioni e la sempre maggiore definizione della resa grafica.
Virtual Reality (VR), Agumented Reality (AR), Videomapping, Mixed Reality (MR) (cfr. glossario), sono solo alcune delle nuove frontiere che la tecnologia mette a disposizione e tramite le quali è possibile mediare l'esperienza con lo spazio attraverso ricostruzioni simulate. In tal senso la raffigurazione dell'ambiente virtuale non è solo la descrizione di un riferimento fisico, ma diventa *medium* conoscitivo dello spazio e dei suoi elementi caratterizzanti. Questi incredibili sviluppi nel campo della grafica digitale si devono soprattutto ai progressi nel campo del *visual computing* grazie al quale oggi è possibile animare modelli 3D con *real time render* in remoto. Per questo uno dei campi in rapido sviluppo è quello della formazione dove entrano in gioco concetti come *edutainment (education + entertainment* acquisizione di conoscenze attraverso il gioco), *learnig by doing* (apprendere mediante attività pratiche e laboratoriali) e *customization* (scelta di percorsi e modalità di apprendimento).
I principali aspetti che distinguono le *ICT* per la didattica dai metodi tradizionali (ad esempio, l'uso di libri digitali, video lezioni o software educativi) riguardano soprattutto: una maggiore centralità dell'utente nel processo di apprendimento, l'introduzione della dimensione temporale, la possibilità di modificare le strutture logiche, grafiche e ambientali, l'interazione con l'ambiente virtuale e un ampio coinvolgimento sensoriale che va oltre la comunicazione visiva e che si rivela cruciale in casi di didattica speciale dedicata a una fetta sempre più ampia dei discenti di nuova generazione. Da un punto di vista conoscitivo si tratta di un notevole progresso verso la definizione di un'esperienza conoscitiva dello spazio costruito: la possibilità di variazione dei parametri compositivi e figurativi della scena, di gestione delle modalità di inquadratura e movimento all'interno di un modello virtuale con la stessa mobilità possibile in uno spazio fisico, consentono una piena virtualizzazione del reale.
Le più recenti tecnologie digitali consentono elevati livelli di immersione e realismo, in grado di garantire un'esplorazione conoscitiva abbastanza completa dell'ambiente virtuale, con la più ampia possibilità di personalizzazione e modulazione degli aspetti grafici e compositivi. Tale caratteristica è particolarmente importante nell'ambito della didattica speciale. In tal caso le azioni dell'utente possono essere guidate trasferendo in immagini, nel disegno dello spazio virtuale, quegli indizi, elementi, suggerimenti e inviti all'azione che, normalmente, nello spazio fisico richiederebbero l'intervento di un *tutor*. Si consente così un'esperienza diretta, ma al tempo

stesso supportata e commisurata alle capacità dei discenti. L'efficacia immersiva della realtà virtuale, infatti, conferisce all'utente una sensazione di totale autonomia, senza percepire la presenza di vincoli o guide, con l'obiettivo di poter trasferire le competenze acquisite in ambiente reale.
Questa caratteristica immersiva, insita in certa riproduzione digitale (in particolar modo la *VR* o la *MR*): «toglie la presenza ingombrante di un tempo già occupato, di un contatto già consumato, dall'interazione di qualcun altro con l'opera e restituisce, come una camera d'albergo appena rifatta, la sensazione di essere i primi e i soli a compiere un percorso, ad attivare un collegamento, a muoversi intorno, dentro, attraverso, la traduzione digitale dell'opera è lì, il tempo è di chi interagisce con essa»[74].
Anche se esiste sempre un filtro tra l'utente e l'ambiente sintetizzato, che sia uno schermo, un visore ottico, un casco o dei guanti con meccanismi di retroazione, il ruolo primario dell'interattività è quello di mettere l'utente al centro della scena, di renderlo in grado di fare esperienze in prima persona. Quest'aspetto si rivela sostanziale nella didattica speciale e, in particolare, quando ci si relaziona con l'autismo. Caratterizzate da *deficit* dell'attenzione congiunta e mancanza di immaginazione, le persone *ASD* hanno bisogno di esperienze fatte in prima persona per costruirsi una loro idea del mondo. La difficoltà di gestire contemporaneamente più informazioni rende difficile la gestione di *input* provenienti simultaneamente da più canali, pertanto, per le persone autistiche è molto più difficile comprendere concetti mediati da altri interlocutori piuttosto che acquisirli attraverso l'osservazione diretta.
Gli studi di Hermelin e O'Connor evidenziano come le difficoltà legate a un quadro clinico come quello dell'autismo siano legate soprattutto a *deficit* di natura percettiva[75]; pertanto, si sta facendo strada l'opinione che le simulazioni in ambiente virtuale possano essere di grande supporto nella comprensione dell'ambiente costruito per persone *ASD* ad alto funzionamento, come ad esempio l'Asperger. In particolar modo nel Regno Unito, questo tipo di ricerca sta subendo un incremento sostanziale, affrontando svariate problematiche, dalle più basilari, come l'attraversamento di una strada urbana, alle più complesse come le simulazioni di guida, dimostrando come, in ambiente virtuale, sia possibile mettere in atto esperienze spaziali altrimenti inaccessibili a persone con neuro diversità, o perché pericolose o perché legate a fobie e stati di profondo stress. Per esempio, la

74 Eletti, Valerio. "l'opera d'arte nell'epoca della multimedialità." *Art e Dossier*, marzo 1995: 8-13. p.28
75 Cfr. Bogdashina, op.cit., p29

possibilità di mediare i rapporti interpersonali[76], di muoversi in uno spazio privo di rischi (la scarsa consapevolezza del proprio corpo può generare problemi di sicurezza), l'opportunità di esperire un diverso punto di vista (ad esempio la comprensione che possano esistere punti di vista diversi dal proprio), sono condizioni non verificabili nella vita reale di persone *ASD* e questo preclude loro un completo accesso alla vita della comunità e ai contenuti culturali.
In Italia l'utilizzo della realtà virtuale per scopi connessi alla didattica speciale è ancora limitato a pochi studi pilota. Nel 2016 un gruppo di ricercatori milanesi del Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, sviluppano *Wildcard*, una piattaforma che consente a bambini con disturbi del neuro sviluppo come l'autismo, di accedere a risorse di realtà virtuale per l'apprendimento, mentre nel 2018 il Miur dà il via a un bando pubblico proprio per lo sviluppo e l'implementazione di applicazioni di *VR* e Aumentata per soggetti affetti da disturbi dello spettro autistico[77].
Al momento, quindi, la sperimentazione, ha ancora potenzialità inesplorate, sia nella ricerca di evidenze circa l'efficacia delle diverse metodologie adottate, sia nell'esplorazione di nuove applicazioni, nell'accesso a differenti ambiti culturali da parte di persone *ASD*. Aspetti ancora da implementare sono: il benessere psicofisico e la tolleranza ai dispositivi, fattori spesso difficili da valutare a causa delle difficoltà di comunicazione dell'utenza oggetto di osservazione che rende difficile interpretare i dati di *output*.
Il dott. Nigel Newbutt, capo associato del Dipartimento di Comunicazione Progettuale della *University of West of England* di Bristol, compie da anni ricerche sulla realtà virtuale nel campo del disturbo dello spettro autistico. Durante una ricerca condotta in *partnership* con la *Michigan State University*, pubblicata nel 2015, Newbutt ha osservato il comportamento di persone con spettro autistico e, impiegando la tecnologia *Oculus Rift*, Newbutt ha potuto valutare l'efficacia e gli effetti connessi all'uso dei dispositivi *HMD* (*Head Mounted Display*) per la *VR*. In particolare, la ricerca ha analizzato alcuni fattori di usabilità connessi all'impiego della realtà virtuale per la didattica dedicata all'autismo, quali: senso di presenza, immersione, naturalezza dell'ambientazione e anche aspetti negativi come l'ansia, valutandone i risultati su un campione di ventinove partecipanti al fine di identificare aspetti positivi e criticità.

76 La socializzazione è tra le principali difficoltà che devono affrontare gli ASD.
77 Ministero dell'Istruzione. PAC – PCP "Tecnologie per l'autismo" pubblicazione atti di gara. 13 giugno 2019. https://www.miur.gov.it/-/pac-pcp-tecnologie-per-l-autismo-pubblicazione-atti-di-gara?inheritRedirect=true.

Newbutt spiega: «il potenziale reale di queste tecnologie è che, coloro che si trovano in questa situazione, acquisiscano una sufficiente comprensione del mondo neurotipico, per poter scegliere poi cosa eleggere nella loro ricerca di autosufficienza e felicità. Stiamo gradualmente spostando le prospettive dal *deficit* al punto di forza»[78]. Oltre quella di Newbutt, differenti sperimentazioni confermano che un'esperienza in realtà virtuale aiuta ad acquisire familiarità con l'ambiente il quale diventa decifrabile e riconoscibile nell'ottica di una successiva fruizione autonoma in vivo. Tuttavia, si tratta ancora di un ambito di studi esordiente, con molteplici spazi d'indagine ancora non esperiti.
Sarah Parson e Sue Cobb, delle università di Southampton e Nottingham, in una ricognizione dello stato dell'arte sulle *ICT* per la riabilitazione di bambini *ASD*, entrano quasi in polemica con le precedenti ricerche: «Nel complesso, quindi, restiamo convinti che ci sia molto potenziale nell'uso delle tecnologie *VR* per l'autismo, ma questo potenziale - nonostante molta retorica e discussioni positive - rimane sostanzialmente sottovalutato in termini di ricerca; nell'individuazione delle prove siamo stati sorpresi dalla limitata ricerca empirica in questo settore negli ultimi anni (sebbene si noti che ci sono più progetti attualmente in corso e forse molti altri che non sono ancora entrati nella letteratura di ricerca pubblicata)»[79].
Alessandra Gorini osserva come la *VR* non sia nata a scopi educativi, ma proviene dall'ambiente del *gaming* e, pertanto, va rimodulata e ripensata con presupposti nuovi che non solo siano in linea con gli obiettivi di apprendimento che ci si prefigge, ma che rispettino le specificità percettive del *target* di riferimento. Bisogna infatti partire dal presupposto che "l'ambiente virtuale impegna l'individuo in modo inusuale"[80] ed è quindi importante capire come si realizza l'interazione uomo-ambiente nella simulazione, valutandone gli aspetti ergonomici e la risposta percettiva.
Antonio Ravasio, docente presso le Scuole di Specializzazione in Psicoterapia Interattivo-Cognitiva di Padova e di Mestre, spiega così questo concetto: «benché infatti sia stato verificato che l'impiego psicofisico dell'individuo in talune simulazioni virtuali è simile a quello in analoghe situazioni reali va, tuttavia, considerato che non tutte le esperienze virtuali possono

78 Newbutt, Nigel. *La realtà virtuale per il disturbo dello spettro autistico.* 26 maggio 2018. https://www.idego.it/virtual-reality/la-realta-virtuale-per-il-disturbo-dello-spettro-autistico/.
79 Parson, Sarah, e Cobb, Sue. "State-of-the-art of Virtual Reality technologies for children on the autism spectrum." *European Journal of Special Needs Education* 26, n. 3 (2011): pp.364-365
80 Cfr. *Ibidem*.

essere ritenute omogenee sotto questo aspetto. Le ricerche condotte fin qui, si basano prevalentemente su osservazioni empiriche e, pertanto, con risultati anche incoerenti […]»[81]. Le maggiori problematiche registrate riguardano caratteristiche che richiedono un differente approccio del sistema percettivo rispetto a condizioni di tipicità: «discrepanze tra visione e movimento, distorsioni e ritardi temporali degli attuali sistemi *VR* […]. La ricerca è necessaria perché, ci sono validi motivi per ritenere che l'interazione con l'ambiente virtuale causi sollecitazioni "atipiche" che possono portare a fenomeni di so*v*raccarico emozionale e cognitivo […]»[82]. Essendo, infatti, quello della realtà virtuale uno spazio sì realistico ma rappresentato, entra in gioco il confronto tra la personale esperienza del mondo fisico e l'interpretazione dello spazio rappresentato in *VR*. Qui non sono visualizzati oggetti fisici, ma codici espressivi. È così che: «il disegno assurge, […], a insostituibile momento esplicativo ed evento di 'scambio' della conoscenza; esso si offre, nella differenziazione delle sue modalità rappresentative, e in una dimensione di completa autonomia, quale veicolo interpretativo della materia di architettura»[83].
Come già anticipato, è proprio tramite la figurazione dello spazio e l'organizzazione dei suoi segni che avviene principalmente la comunicazione dei contenuti che l'esperienza virtuale vuol trasmettere e la sua efficacia educativa non può prescindere da un'attenta e meticolosa valutazione delle sue strutture geometrico/formali.
Una corretta impostazione degli *input* sensoriali in relazione alle specificità dell'utente può generare uno spazio virtuale che trasmetta sensazioni di sicurezza e *comfort* e che, allo stesso tempo, solleciti stimoli motivazionali funzionali all'apprendimento. Si tratta di ambienti dove poter esercitare per la prima volta azioni ed esperienze, liberandosi dal senso di ansia che assale le persone autistiche in queste occasioni; lo scopo è conferire familiarità agli spazi dove provare a trasmettere competenze, agendo prima in ambiente digitale e, successivamente, in ambiente fisico. Attualmente la maggior parte delle applicazioni immersive di *edutaintment* (cfr.glossario), sono diffuse tramite i siti dei principali musei o in qualche caso da editori di giochi *on line* che creano specifiche versioni per l'educazione all'arte. Tuttavia, si registra una profonda carenza di soluzioni per la didattica speciale o che siano impostati su principi di inclusione.

81 Ravasio, Antonio. "L'impiego dei sistemi di realtà virtuale in Psicologia Clinica" *Scienze dell'interazione* 3, n. 1 (2011): pp.63-64.
82 *Ibidem*.
83 Florio, op. cit., p21

Spesso i luoghi di cultura non tengono in considerazione tali fattori e le loro caratteristiche ambientali possono costituire un sovraccarico sensoriale che ne preclude la fruizione da parte di persone autistiche[84].
Gli innumerevoli ostacoli che di norma, una persona non neurotipica, deve superare per poter fruire di un percorso culturale, precludono loro la possibilità di nuove esperienze o di sperimentare differenti livelli di autonomia.
La corretta gestione del dato rappresentato, quindi, nelle sue molteplici varianti polisemiche, potrà assumere, nell'ambito di una futura sperimentazione, una funzione cardine nel *design* di un ambiente virtuale *autism friendly* per l'educazione speciale; un percorso pedagogico che accompagni l'utente dall'esperienza simulata fino all'esperienza diretta e autonoma dello spazio fisico.
Partendo dalle evidenze scientifiche che hanno dimostrato correlazioni tra le compromissioni della sfera sensoriale e il disturbo dello spettro autistico, ritengo sia importante osservare se e con quali modalità, la progettazione di uno spazio rappresentato possa agevolare il rapporto con lo spazio fisico.

84 Gli esempi sono molteplici; tra i primi a proporre giochi educativi il Louvre e la Public Library di New York, successivamente anche in Italia si sono proposte visite virtuali e videogiochi connessi alla conoscenza delle collezioni museali: tra i più conosciuti Father and Son, prodotto per il Museo archeologico di Napoli. Il Louvre è stato uno dei primi musei a rendere disponibile una versione dedicata del noto gioco di ruolo second life. Un esempio più vicino a noi è quello di Father and Son, il primo videogioco in Italia a essere stato realizzato per un museo e da un museo: il Museo Archeologico Nazionale di Napoli. Si tratta di un'applicazione, semplice ma ben fatta, che porta l'utente a ripercorrere la storia di un figlio che, dopo aver ricevuto una lettera dal padre, si avventura per Napoli, raggiungendo proprio il Museo Archeologico. Il viaggio, attraverso la città e le epoche, lo aiuta a ritrovare sé stesso e gli insegnamenti paterni. Tra passato e presente, il figlio (il giocatore) scopre quanto la storia sia importante e quanti suoi riferimenti si possano cogliere anche nel presente. Il gioco permette di visitare il museo dallo schermo dello smartphone però coinvolge attivamente il giocatore che, per ottenere funzionalità extra e finire il gioco, deve fisicamente fare il check-in nel museo e visitarlo. Cfr. Meschini, Emanuele. *Gamification e musei: trasformare la visita in un gioco per attirare visitatori.* 2018. http://musefirenze.it/blog/gamification-musei-visita-gioco/.

Si tratta, tuttavia, di un campo di studi molto esteso e diversificato che comprende un'ampia casistica di caratteri morfologici, di spazi aperti e chiusi, ognuno con un diverso rapporto con il tempo e con la storia.
Al fine di consentire un'osservazione puntuale sulle interazioni spazio -autismo ho ritenuto necessario circoscrivere l'ambito di osservazione agli ambienti del patrimonio architettonico. In quanto *medium* di contenuti culturali, il patrimonio architettonico si configura come scenario narrativo nel quale si rende possibile lo scambio e la condivisione di conoscenza e che allo stesso tempo fornisce molteplici suggestioni operative. L'esperienza virtuale dovrà interporsi come tramite tra una visione introiettata, a volte "atipica", dello spazio e lo spazio "inclusivo", per valutare in che modo la *VR* possa consentire l'accesso alla conoscenza dei valori trasmessi dal patrimonio architettonico.
Il poliedrico scenario culturale della tesi, guidato dalla disciplina del disegno, richiederà il contributo di diverse professionalità, ciascuna indispensabile a ponderare con accuratezza i molteplici aspetti sia di fattore umano, quanto quelli che riguardano gli strumenti e le tecnologie adottate: la professoressa Erminia Attaianese dell'area dell'ergonomica, il dott. Nigel Newbutt esperto in tecnologie per l'educazione digitale, la professoressa Carmela Bravaccio del settore delle neuroscienze e Giovanni Minucci attivo nel settore dell'autismo.
Considerate le problematiche nel circoscrivere un quadro specifico per l'utenza di riferimento, la ricerca si focalizzerà su persone *ASD* con moderato e medio funzionamento. In particolare, la cooperativa sociale il Tulipano, di Giovanni Minucci[85], si costituirà come indispensabile interlocutore con lo scenario autistico, sia nelle fasi progettuali (ad es. nella definizione degli obiettivi finali e delle metodologie di comunicazione) che sperimentali (nell'individuazione dei prerequisiti e del gruppo di ragazzi impegnato nella verifica del prototipo). Infatti, nell'affrontare un percorso di ricerca che coinvolge il settore dell'autismo, bisogna tener presenti le difficoltà d'interazione con l'utenza di riferimento; problematiche che possono complicare anche il reperimento di dati diretti di *feedback*. Le persone maggiormente compromesse, nella maggior parte dei casi mostrano riluttanza nell'accettazione degli *input* provenienti dal modo esterno, oltre a *deficit* nella comunicazione e difficoltà nell'esternazione delle proprie sensazioni.
Se gli strumenti interpretativi e comunicativi della rappresentazione consentono di porsi come *medium* interdisciplinare per un futuro *iter* di

85 La cooperativa sociale Il Tulipano eroga servizi di fruizione museale in convenzione con Il Ministero dei beni e delle attività culturali MIBACT.

ricerca dove entrano in gioco vari ambiti scientifici (estetica, ergonomia, prossemica, psicologia ambientale), le nuove tecnologie permettono di confrontare dati differenti, di integrare più livelli sensoriali e di poter dosare gli *input* percettivi per gradi, in successive fasi incrementali. Inoltre, la sperimentazione in ambiente digitale, consente una registrazione dei dati di *output* in tempo reale; basti pensare alla possibilità di registrare la risposta visiva dell'utente mediante la tecnologia *eye tracking*, tramite la quale si possono valutare i tempi di osservazione e la mobilità oculare. In tal senso le *ICT* possono costituire quel ponte percettivo capace di aprire la strada verso una progettazione *human centered* che si traduca nel diritto, per tutti, di accedere ai luoghi di conoscenza. È solo garantendo la massima fruibilità del patrimonio culturale che questo può diventare ambiente di condivisione e inclusione, commisurato alle problematiche della disabilità per accogliere chiunque. «Tutto questo, alla luce della nuova accezione di disabilità, introdotta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 2001 (ICF, 2001), secondo cui ogni persona, nell'arco della propria vita, può trovarsi in una situazione che gli provoca condizioni di limitata abilità, fisica, mentale, intellettiva e sensoriale. I concetti di abilità/disabilità dunque, riferiti alle persone, si legano a quelli di accessibilità/barriera/ostacolo, riferiti all'ambiente, dal momento che, le caratteristiche dei contesti in cui una persona vive, possono ridurre o annullare, ma anche favorire e valorizzare, le sue capacità funzionali e di partecipazione sociale, realizzando di fatto, i presupposti per lo sviluppo di diseguaglianze e discriminazioni, o al contrario, le premesse per garantire uguaglianza e inclusione.
L'accesso alla cultura, anche attraverso la qualità fruitiva di beni, opere e luoghi, è riconosciuto quindi, come uno strumento che contribuisce direttamente alla realizzazione dei diritti umani e alla tutela delle pari opportunità»[86]. Non a caso sollecitazioni in tal senso provengono dalle indicazioni Europee, poi recepite anche dalla normativa Nazionale[87]. Se infatti, l'inclusione sociale costituisce una delle undici priorità della politica europea di coesione per il periodo 2014-2020, è attraverso il Piano Nazionale Scuola Digitale, che prende forma il programma operativo attraverso cui la normativa italiana decide di attuare tali indicazioni. Appare urgente recuperare il ritardo rispetto ai Paesi esteri in tema di inclusione e nuove tecnologie: «Gli spazi devono preparare a un apprendimento che accompagni per la vita, e devono farlo con tutti i nostri studenti protagonisti, nessuno escluso (non uno di meno). Anzi, le tecnologie abilitanti e metodologie attive sono agenti determinanti per rimuovere gli ostacoli, a favore di un'inclusione a 360 gradi, dalle problematiche relative alle disabilità, ai bisogni educativi speciali, agli studenti impossibilitati alla normale frequenza scolastica. Un modo più ampio di leggere l'*e-inclusion* in cui gli ambienti innovativi e informali integrano non solo tecnologie dedicate, ma soluzioni assistive, a favore di tutti, facilitando relazioni e processi senza distinzioni di condizione»[88].
Più avanti si scende nel dettaglio parlando anche di "spazi aumentati dalla tecnologia" per una diffusione dell'ambiente di apprendimento che non sia esclusivamente legato all'aula scolastica, ma che estenda e rinnovi i suoi confini[89]. In un'ottica seniana di *policy making*, quindi, la scuola e la società dovranno tener conto delle diverse forme di intelligenza differenziando gli strumenti educativi e valutativi al fine di consentire in maniera egualitaria l'accesso ai contenuti culturali.
In tal senso, predisporre una ricerca che focalizzi l'attenzione su una "speciale" utenza, non vuol dire escludere la possibilità di una fruizione generalizzata della cultura, quanto piuttosto provare a mettere a punto strumenti che siano validi veramente per tutti e il cui accesso non sia precluso a nessuno. La progettazione di uno spazio rappresentato che si ponga come *medium* per un percorso di comprensione, conoscenza ed esperienza diretta del patrimonio architettonico può avere ampie ricadute educative solo se privo di barriere; una composizione figurativa dello spazio che sia puntuale, nella specifica semantica del segno e del linguaggio espressivo, ma con uno sguardo aperto alla "complessità" e alla "diversità". La *VR* offre molteplici vantaggi nel campo delle neurodiversità, ma è molto importante continuare a indagare al fine di sfatare false credenze e dare fondatezza scientifica ai dati acquisiti.

86 Attaianese et al., 2019, op.cit., p.303
87 La Commissione Europea ha stabilito 11 priorità programmatiche per il periodo 2014-2020 al fine di orientare gli investimenti del FESR, tra cui tra i principali quattro si legge: "Potenziamento della dimensione urbana e della lotta per l'inclusione sociale: destinazione di una quota minima del FESR a favore di progetti integrati nelle città e del FSE a sostegno delle comunità emarginate. Per il periodo 2021-2027, la Commissione Europea conferma, tra gli obiettivi prioritari, quello dell'inclusione sociale. https://ec.europa.eu/regional_policy/it/policy/how/priorities

88 MIUR. *Piano Nazionale Scuola Digitale (PNSD) aggiornato con decreto del Ministro dell'istruzione 30 aprile 2021, n. 147.* MIUR, 2015. p42
89 Cfr. *ibidem*

Capitolo 2
La percezione dello spazio architettonico

Tre differenti tipi di spazio: fisico (Mies van der Rohe, il Padiglione della Germania all'Expo di Barcellona del'29), pittorico (Renè Magritte, La Golconde, virtuale (Yugo Nakamura, Point of View)
Elaborazione a cura dell'autrice

2 La percezione dello spazio architettonico

2.1. Percezioni spaziali nell'architettura attraverso i secoli

L'interpretazione dello spazio ha subito, nel tempo, molteplici evoluzioni seguendo, più o meno direttamente, le diverse visioni che l'uomo ha attribuito alla realtà. Le trasformazioni culturali della società hanno influito nella lettura e nelle dinamiche relazionali che intercorrono tra individuo e ambiente. Ma, dal momento che l'uomo media la sua esperienza del mondo circostante attraverso i suoi sensi, la visione spaziale è strettamente legata anche alle modalità percettive dell'uomo. Si potrebbe affermare che tanto gli aspetti culturali che quelli percettivi siano entrambe fattori condizionanti dell'umana comprensione dello spazio. Un'ibridazione di condizioni concorre nel coglierne i tratti connotativi; alcuni sono legati al sistema recettivo, altri a quello intellettivo che, a loro volta, si influenzano e condizionano a vicenda. Arnheim aggiunge che: «la complessità dello spazio creato dall'architettura è in parte quella che gli psicologi chiamano una questione evolutiva.
Lo spazio tridimensionale è direttamente dato dalla mente solo nella sua estensione più rozza, attraverso la quale occorre gradualmente concepire un più reciproco gioco di dimensioni. Le concezioni spaziali iniziali sono, pertanto, semplici.
Ciò non è sempre evidente […] dato che in pratica al fattore evolutivo possono sovrapporsi influssi di natura tecnica, storica o personale»[1]. Del resto, secondo il movimento della *New Look*, nato nel dopoguerra negli Stati Uniti, la percezione non è influenzata solo da fattori fisici, diversi per ciascun individuo, ma anche da aspetti sociali, bisogni e aspettative che, al momento della visione, condizionano le modalità d'osservazione soggettivizzando il momento conoscitivo[2].
Se da un lato le esperienze percettive sono guidate dalle forme, volumi, tessiture, colori e posizione degli oggetti, dall'altro esse sono influenzate anche da fattori che prescindono dalla fisicità delle cose. La percezione è in sintesi il risultato dell'interazione tra informazioni veicolate dal sistema visivo e lo stato psico-fisico definito dall'esperienza[3].
Mentre la teoria gestaltica associa la soggettività esperienziale alle differenze negli *input* visivi, che per la legge *Weber-Fechner* sarebbero connesse addirittura a uno specifico indice differenziale il *Weber Fraction*[4], per la psicologia transazionale le reazioni agli stimoli sensoriali sono difficilmente prevedibili, in quanto legate a fattori dinamici, che vanno oltre le informazioni recepite. L'associazionismo è uno di questi; la soggettività percettiva riflette la storia degli *input* incamerati dal sistema sensoriale nel passato creando con esse in ogni nuova esperienza visiva, connessioni diversificate. Gropius spiegava che anche «le leggi gestaltiche che governano i fenomeni visivi provengono da noi, dalla sensazione che noi abbiamo delle cose; e come la nostra percezione trova nel nostro passato e nella nostra esperienza le ragioni del nostro modo di vedere»[5].
Di volta in volta saranno, quindi, le variabili tra questi legami neuronali e le aspettative rispetto alle esperienze pregresse a modificare i dati registrati e a restituire una personale lettura del presente. Edward T.Hall descrive così questo processo: «il setaccio selettivo dei dati sensoriali lascia filtrare certe notizie escludendone altre, cosicché l'esperienza quale è percepita, attraverso una certa serie di filtri sensoriali, disposti secondo i condizionamenti culturali, è completamente diversa dall'esperienza percepita da altri, di ambiente culturale differente. Il paesaggio architettonico e urbanistico che ci si crea intorno è espressione di questo processo di filtro e setaccio»[6].
Quindi se l'ambiente circostante influenza la nostra visione dello spazio, è vero anche che in esso l'uomo riversa la sua personale interpretazione del mondo. Hall porta ad esempio gli studi di Alexander Dorner e Sigfried Giedion per dimostrare come, attraverso le tracce del passato, sia possibile reperire molte informazioni sulle modalità percettive dell'uomo attraverso la storia e su come sia cambiato, nel tempo, il grado di consapevolezza sensoriale. Gli egizi, ad esempio, avevano una diversa percezione dello spazio rispetto alla nostra. Sebbene avessero approfondite competenze geometriche, la loro visione ultraterrena del mondo, li portava ad applicare tali studi esclusivamente alle strutture religiose e al loro allineamento con le costellazioni. L'appiattimento e il simbolismo delle scene dipinte dichiarano una totale astrazione dalle manifestazioni sensoriali, per cui lo spazio esisteva solo come ordine superiore distante dalla umana comprensione.

1 Arnheim, 2019, op.cit, p.26
2 *Ibidem*.
3 Cfr. Balcetis, Emily e G. Daniel, Lassiter. *Social Psychology of visual perception*. New York and Hove: Psychology Press, 2016.

4 La legge Weber-Fechner (1860) fu un tentativo di associare le variabili percettive alla fisicità degli oggetti. In base a tali studi, la differenza percettiva rispetto a due stimoli, cresce in base alla differenza visiva e fisica tra gli stimoli stessi. Weber teorizzò che ci fosse proporzionalità tra intensità dello stimolo percettivo e la minima variazione percepibile (JND, just noticeable difference). https://www.vcalc.com/equation/?uuid=d5ac4b18-269f-11e6-9770-bc764e2038f2
5 Marcolli, Attilio. *Teoria del Campo 1.* Firenze: Sansoni, 1971.p. 103.
6 Hall, Twitchell Edward. *La dimensione nascosta.* Milano: Bompiani, 1968. p.9.

Nella civiltà greca, l'estrema scientificità e precisione metrica delle architetture templari, strutturate sulla base di virtuose correzioni ottiche, potrebbe evidenziare una maggiore coscienza del processo percettivo, ma c'è un dato che denuncia ancora una distanza relazionale tra uomo e spazio: l'assenza di un "interno". La struttura del tempio non è fatta per accogliere, ma per testimoniare la perfezione cosmica; l'uomo ne resta escluso, non coinvolto. Friedrich Wachtsmuth, in accordo con una precedente analisi di Paul Zucker, nel 1929 in *Der Raum* distingue due tipologie spaziali: «quella che 'esce dall'interno', e quella che 'si sviluppa dall'esterno all'interno' culminante nel tempio greco»[7].
Gli elementi costitutivi dell'architettura templare non definiscono spazi di percorrenza e di inclusione, ma concorrono alla definizione plastica di un oggetto mistico che filtra la percezione del mondo con una successione di temi semantici. Lo stilobate, ad esempio, che separa il "terreno" dall'ultraterreno, esplica la sua funzione simbolica tramite una chiara configurazione formale e affida l'interpretazione percettiva all'efficacia del suo messaggio visivo. La direzione orizzontale domina la base del tempio comunicando un radicale distacco con il suolo e troncando visivamente la linearità verticale del colonnato. È l'effetto opposto a quello di penetrazione nel terreno, che può risultare da un edificio in cui prevale la direzione verticale, privo di basamento, come può essere il battistero del Duomo di Pisa e che, richiamando alla mente la configurazione di un fusto arboreo, genera la sensazione di proseguire nel sottosuolo[8]. Nel tempio, invece, gli elementi orizzontali (stilobate e trabeazione), insieme alle basi delle colonne e ai capitelli, collaborano alla chiusura formale della configurazione, che, pertanto, dichiara la sua completezza, isolandosi visivamente e metaforicamente dal "terreno" (Fig.1).
Nonostante non abbia pareti esterne, il tempio trasmette quindi un senso di compattezza e di chiusura, rafforzato anche dalle proporzioni in facciata: le colonne frontali del Partenone, ad esempio, sono inscrivibili in un rettangolo con rapporti 3:1 che smorza la spinta verticale delle colonne. Collabora a quest'effetto, il fatto che nell'architettura templare classica, la colonna non si percepisca come elemento isolato, ma come parte di un insieme e, pertanto, anche gli intercolunni non appaiano come vuoti penetrabili, ma come spazi di relazione tra gli elementi verticali. Non è solo una questione di distanze tra le parti, ma di relazioni che si stabiliscono tra i due oggetti consecutivi. «Anche visualmente, quando due oggetti adiacenti richiedono l'un l'altro un reciproco completamento, l'intervallo risulta più attivamente e densamente percepito»[9]
È infatti nella natura percettiva dell'uomo mettere in relazione visiva gli elementi di una configurazione continua, isolandoli dal contesto; essi vengono, pertanto, interpretati come insieme piuttosto che come singoli oggetti. In una simile esperienza, lo spazio interstiziale è inseparabile dagli elementi che lo delimitano e per quanto possa sembrare pa-

7 Zevi, Bruno. *Architettura in Nuce.* Venezia-Roma: Istituto per la collaborazione culturale, 1960, p.72
8 Arnheim, 2019. Op.cit., p.51.
9 *Ivi*, p.31.

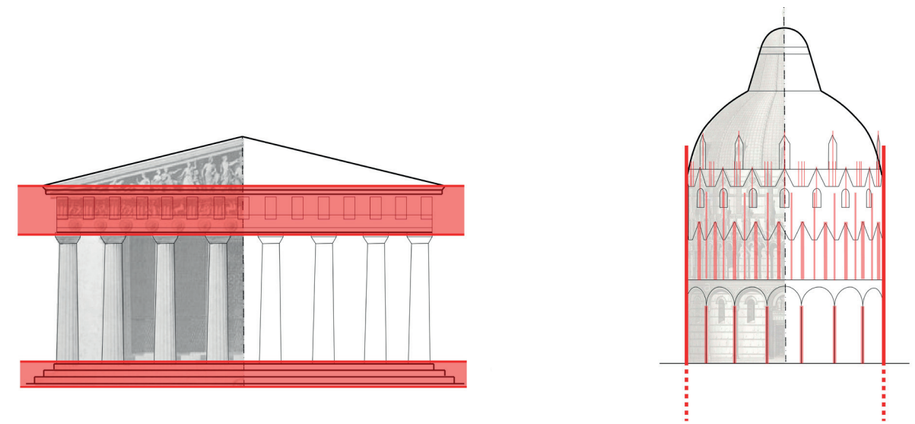


Fig.1. La presenza di un marcato elemento orizzontale conferisce compiutezza alla configurazione (come nel tempio) mentre il prevalere della direzione verticale collabora all'effetto di penetrazione nel terreno.

radossale, esso non è interpretato come vuoto, ma acquisisce una propria "presenza percettiva"[10]. Si prefigura uno dei temi nodali attorno al quale è articolata nel tempo l'idea di spazio, ovvero il presupposto che esso esista in quanto contenitore, in riferimento al tempio potremmo aggiungere, di cose o persone. Arnheim chiarisce che: «la percezione dello spazio si verifica soltanto in presenza di cose percepibili»[11]. Essa insomma è fortemente legata e condizionata dagli elementi che lo spazio lo compongono, lo articolano e lo occupano. In particolare, scendendo nel dettaglio dello spazio architettonico, Ottolini lo lega inscindibilmente all'idea di accoglimento; anche quando esso si presenta con un perimetro aperto, deve avere dei limiti fisici che presuppongono al suo interno il "gesto umano"[12].
Quando la predicazione cristiana, sposta la ritualità religiosa sul piano dell'intimità, ad esempio, i luoghi di culto diventano spazi "dell'interiorità", vissuti dall'interno e contemporaneamente le configurazioni si fanno avvolgenti. La concavità è la forma che traduce l'intimità religiosa in architettura; l'uomo che si trova al centro di uno spazio cavo diventa anche centro dei vettori che riempiono lo spazio. Le superfici curve vengono percepite come se fossero modellate sotto la pressione di tali forze. Poiché una cu-

10 Cfr. *Ivi*, p.28.
11 Arnheim, 1994, op cit., p.20.
12 Cfr. Ottolini, Gianni. *Forma e significato in architettura.* Roma- Bari: Università Laterza, 1996., p.8.

pola racchiude lo spazio «comprimendolo da ogni lato in un movimento a tenaglia»[13], essa genera una tensione di forze tra lo spazio contenuto, in espansione, e gli elementi delimitanti di compressione. L'uomo all'interno di un simile spazio, marcatamente concavo, si sente coinvolto da questa pulsione di forze come se lo spazio si modellasse attorno al suo corpo.[14] Ancora una volta, quindi, gli *input* sensoriali trasmessi dalle componenti morfologiche, condizionano la percezione dello spazio e il modo di viverlo. «L'uomo della civiltà occidentale non si sentì dentro lo spazio fino a tardi. In realtà, l'uomo ha cominciato gradualmente a sentirsi pienamente inserito nello spazio, sviluppando l'uso di tutti i sensi nella vita quotidiana»[15]. Torna, nella visione di Hall, la convinzione che il rapporto dell'uomo con lo spazio, vari in relazione alla consapevolezza delle proprie sensazioni percettive. Per dirla con le parole di Franklin P. Kilpatrick: «quella parte del processo transazionale consistente nella consapevolezza implicita di ciò che significano, per quanto riguarda l'azione, gli impulsi provenienti dall'ambiente; questa consapevolezza è basata sopra assunzioni, ricavate dallo stesso tipo di impulsi ambientali o da impulsi simili»[16].
Lo spazio quindi, non si percepisce solo in base ai suoi confini, ma anche in relazione alle "forze percettive" generate dagli elementi che lo compongono, dalla loro reciproca posizione, forma, caratteristiche cromatiche e luministiche. Così, quando i colonnati sono stati spostati all'interno, a cominciare dalle basiliche e dalle terme romane per seguire successivamente la predicazione cristiana, hanno assunto il ruolo prioritario di guida per lo sguardo e per il movimento. La percorrenza, ritmata da elementi puntuali, quindi, da un lato agevola la comprensione dimensionale dell'ambiente che in tal modo instaura un più intimo rapporto con l'uomo, dall'altro «significa deambulare nello spazio racchiuso»[17] e non semplicemente coperto come nei templi greci. Ancora una volta, l'analisi delle strutture compositive, ci rivela qualcosa dell'esperienza umana dello spazio e di come le modalità percettive siano correlate all'esperienza sociale e interpersonale. A sua volta, richiamando gli studi di Hall sulla prossemica, l'uomo, in ogni momento della sua esistenza e in ogni sua azione, è condizionato dall'esperienza dello spazio che, con la sua poliedricità organizzativa, genera modalità relazionali di volta in volta differenti. Per Zevi, ad esempio, il segno che non sia la trasposizione fisica di una sedimentata espressione cul-

13 Arnheim, 2019, op. cit., p. 116.
14 Cfr. *ivi*, p.114.
15 Hall, op.cit., P.108.
16 Triggianese, op.cit., p.58.
17 Zevi, Bruno. *Saper vedere l'architettura.* Torino: Einaudi, 1956, p.61.

turale, perde significato nei rapporti percettivi e si tramuta in caos visivo e puro decorativismo[18], come accade per molta retorica storicista dell'architettura rappresentativa novecentista. In questo scenario, Mies van der Rohe riesce a inserirsi con un'eccezione[19]: il Padiglione tedesco all'Esposizione di Barcellona del'29. Qui, l'impiego dei mezzi materico-formali, alcuni di derivazione classica, non si traduce in formalismo né tantomeno in monumentalismo, come nella gran parte dei padiglioni presenti alla stessa esposizione, ma nell'articolazione di forze psichiche che agiscono sui recettori sensoriali. Per Neumeyer, ad esempio, "la sezione cruciforme del pilastro segnala le coordinate dei punti di riferimento"[20]; si genera così una sorta di reticolo percettivo che, fornendo una dimensione regolatrice, agevola l'interpretazione dello spazio. Il loro ruolo nel processo di comunicazione visiva è, quindi, quello di segnalare una partitura geometrica che si traduce, per l'osservatore, in uno strumento di lettura spaziale. Allo stesso modo anche i setti murari danno indizi sulle strutture del campo visivo: sulle relazioni tra le parti, sui rapporti proporzionali e sui gradienti di profondità. Si innesca così un processo di conoscenza dello spazio che Marcolli definisce: «analisi della struttura del campo nel campo geometrico-intuitivo»[21], il quale consente di impadronirsi dello spazio tramite la decodifica della sua struttura morfologica. Tale concerto di rimandi visi-

18 *Ivi*, p.58
19 Si riportano, di seguito, alcuni commenti della critica coeva al Padiglione:

Nicolas Rubiò Tudurì: «il Padiglione contiene solo spazio ed ancora lo fa in modo geometrico, non reale o fisico. (Quando osserviamo il Padiglione dall'intorno e quando entriamo) ci sorprende questa impressione di inutilità e sentiamo l'ansietà, lo choc dell'architettura metafisica [...]. Nel Padiglione di Barcellona l'architettura, abbandonando il fisico tende maggiormente all'evocazione e al simbolo». Nicolas Maria Rubiò Tudurì, "Le Pavillon de l'Alemagn a l'Exposition de Barcelona par Mies Van de Rohe", in *Cahiers d'Arts*, vol. XIII-IX, Paris 1929, p.404.

Anonimo:«Il suo compito era di servire da teatro di rappresentazioni festive» Anonimo, "Der Deutsche Reich Pavillon auf Internationalen Ausstellung Barcelona", in *Die Baugilde* n.11, 1929, pp. 1654-1657.

Hans Bernoulli: «La costruzione doveva mostrare un unico scopo: mostrare il Deutsche Reich» Hans Bernoulli, "Der Pavillon des Deutschen and der Internationalen Ausstellung Barcelona 1929", in *Werk* n.11, nov. 1929, p.350

Walter Genzmer «Il compito di realizzare un'opera senza scopo funzionale, non rappresentava un alleggerimento, un aggravamento del compito». Walter Genzmer, "Die internationale Ausstellung in Barcelona", in *Zentrablatt der Bauver Waltung* n°34, 21 ago. 1929, p.543.

20 Cfr. Neumeyer, Fritz . *Mies Van der Rohe, la parabla sin artificio.* Madrid : El Croquis, 1995., p.147
21 Marcolli, 1971, op.cit., p. 17

vi in una scena tridimensionale, si traduce in movimento; una dinamica guidata da punti focali e linee forza che producono prospettive quasi mai statiche. Secondo Jacopo Gresleri questa fruizione visiva dello spazio architettonico, basata sulla concatenazione di inquadrature prospettiche, è riconducibile alle tecniche tipiche della cinematografia; avvicinarsi, entrare e attraversare il Padiglione sarebbe come osservare diversi piani di ripresa di una sequenza filmica[22]. In particolare, Gresleri fa riferimento alla regia di Sergej Ejzenštejn, tra i maggiori esponenti del cinema muto che, agli inizi del'900, imprimeva sulla scena artistica un'impronta forte: «[Il] linguaggio della Settima arte, […] in quegli anni faceva della forza dell'immagine e della sua modalità di presentazione il veicolo principale per la divulgazione di pensieri artistici e sociali. L'assenza del sonoro, infatti, costringeva i registi a realizzare sequenze filmiche di grande forza espressiva mediante la sintesi narrativa, il montaggio, lo studio dell'inquadratura e l'uso della luce per enfatizzare contrasti e dare forza ai contenuti esposti»[23].
Anche la marcata dominanza della direzione orizzontale, nel Padiglione diventa un motivo per spostare lo sguardo, in uno spazio che invita continuamente a cercare nuovi punti di vista. È Robin Evans a introdurre il tema dell'orizzontalità. La simmetria orizzontale, nel Padiglione di Barcellona, si percepisce in maniera abbastanza incisiva, ciò è attribuibile a un fattore determinante: il piano di simmetria è al livello dell'occhio umano. Per una persona di media altezza, la linea di divisione tra i pannelli di onice è indistinguibile dalla linea d'orizzonte. Se dovessimo attenerci alle affermazioni di Mies, do*vr*emmo accettare che questa sia una coincidenza. Alberti chiamò la linea d'orizzonte "la linea centrica", termine usato anche per descrivere il diametro di un cerchio. Ciò indica che egli lo considerava come tagliante il campo visivo in due parti uguali, al livello dell'occhio. Il piano di simmetria così costituito sfugge più difficilmente che in quella verticale[24]. È ciò che avviene nel Padiglione: gli occhi convergono su di esso in virtù della naturale postura che si assume durante il movimento così l'immagine retinica delle parti più alte o più basse viene configurata in maniera identica. Il solo modo per fermare quest'effetto è fermarsi o sedersi.

22 Cfr. Gresleri, Jacopo. "L'architettura di Mies Van der Rohe, fra Kandinskij e Ejzenštejn. Una possibile rilettura del Padiglione di Barcellona." *Castelli di Yale* VIII, n. 1 (2020).
23 *Ivi*, p. 119
24 Il "centro-morto", veduta frontale dell'oggetto, in una simmetria verticale è privilegiato, ma occasionale; la maggior parte del tempo noi osserviamo alcune simmetrie da angolazioni oblique e così le immagini riprodotte dalla retina non hanno uguale dimensione.

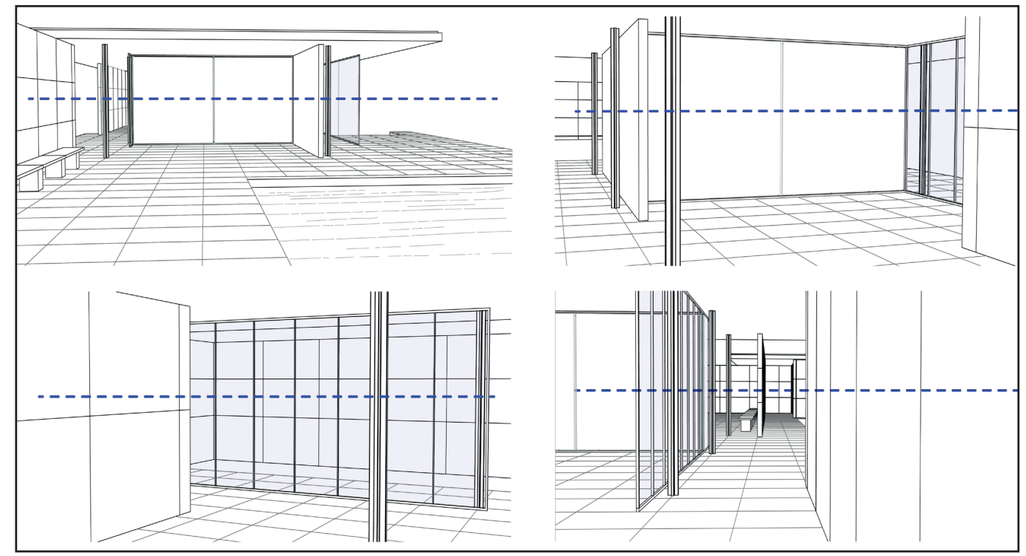


Fig.2. Viste prospettiche del Padiglione di Barcellona; in evidenza l'asse della simmetria orizzontale.

Fa riflettere, a questo proposito, il fatto che, la lunga panchina in travertino, forse l'unico elemento che esprime in maniera tanto incisiva l'invito a sedersi, si trovi proprio in uno spazio a cielo aperto, dove sarebbe stato necessario il piano di copertura a ricomporre l'immagine speculare. La simmetria orizzontale, rispetto alla fissità di quella verticale, favorisce, così, una lettura dinamica degli spazi, costruiti percettivamente come sequenza ininterrotta di vedute prospettiche (Fig.2). «La prospettiva toglie l'edificio dalla stabile quiete del piano frontale e lo trasporta nella dimensione della profondità. Poiché quest'ultima è il regno dell'andare e venire, un edificio, quando le sue forme si conformano alle leggi prospettiche, diviene parte di un moto. Si tratta di un movimento visivo che può essere letto nei due sensi, come partenza verso l'orizzonte o come ritorno da esso»[25] (Fig.3). Le parole di Arnheim risultano particolarmente valide nel caso del Padiglione, dove nessuna fuga prospettica muore in un centro statico, ma rimanda ad altre prospettive, generando un sistema di raggi visuali che a volte percorrono, a volte trapassano la costruzione grazie alla sapiente giustapposizione di superfici trasparenti, riflettenti e opache.

25 Arnheim, 2019, op. cit. p.163

È nell'analisi di Gianni Ottolini che si rintracciano aperture concrete verso un'interpretazione cognitivo-percettiva dell'estetica del Padiglione in cui la geometria e le proporzioni non sono solamente espressione di una visione platonica dello spazio, ma l'impalcatura strutturale che tiene insieme un complesso sistema scenografico. Secondo Ottolini: «siamo di fronte a una situazione di pesi e contrappesi, materiali e visuali, nella quale oltre alle superfici e ai volumi entrano in gioco i colori, la luce e la gamma dei materiali, giocati secondo singolari giustapposizioni»[26]. Quella del Padiglione, è un'orchestrazione dei contenuti morfologici e figurativi dell'architettura, capace di condizionare i movimenti dell'uomo e la sua fruizione dello spazio agendo sul piano percettivo ed emozionale.
Non sappiamo se il Padiglione nascesse già con un'idea premeditata di come il pubblico dovesse percorrerlo, percepirlo e interpretarlo ma è immediatamente intuibile, vivendo il suo spazio, che questo gravita attorno ad alcuni cardini. Momenti di dilatazione e compressione spaziale si alternano generando, senza alcun interruzione, percorsi dinamici e pause, in una successione che sembra tutt'altro che casuale.
Secondo Arnheim: «l'atto del vedere di ogni uomo anticipa in forma modesta, la capacità dell'artista di creare degli schemi che siano in grado di dare un'interpretazione all'esperienza attraverso forme organizzate»[27]. Gli elementi desunti dall'architettura templare, ad esempio, reinterpretati dal linguaggio miesiano, assumono un ruolo fortemente comunicativo, generando un'architettura "mediatica" che, mentre parla all'uomo, crea un legame con i suoi spazi e con quelli del contesto. Il basamento, più volte associato dalla critica storica allo stilobate del tempio greco, nel Padiglione assume un ruolo più complesso; esso, non è solo un elemento che chiude la configurazione formale ma, come fa notare Ottolini, lega la fabbrica al contesto, superando il salto di quota tra i due fronti longitudinali per innestarsi, senza soluzione di continuità, al livello del percorso pedonale che collega l'*Explanade* con il *Montjuic*. In questo modo Mies rafforza il ruolo primario della sua opera che è quello di essere percorsa, attraversata, osservata, esibita e lo fa proprio caricando di un forte peso semantico, ciascuna componente visiva, a partire da quelle che "significano" il suo essere cerniera, tra la città e l'area espositiva.
Ogni elemento, in ragione delle sue caratteristiche formali, luministiche e cromatiche, stabilisce con l'osservatore un preciso dialogo percettivo che ne condiziona il movimento e la fruizione degli spazi. Questi spazi, per

Fig.3. Rudolf Arnheim: schizzo prospettico.

26 Ottolini, op.cit. p.199
27 Arnheim, 1997, op.cit., p.59

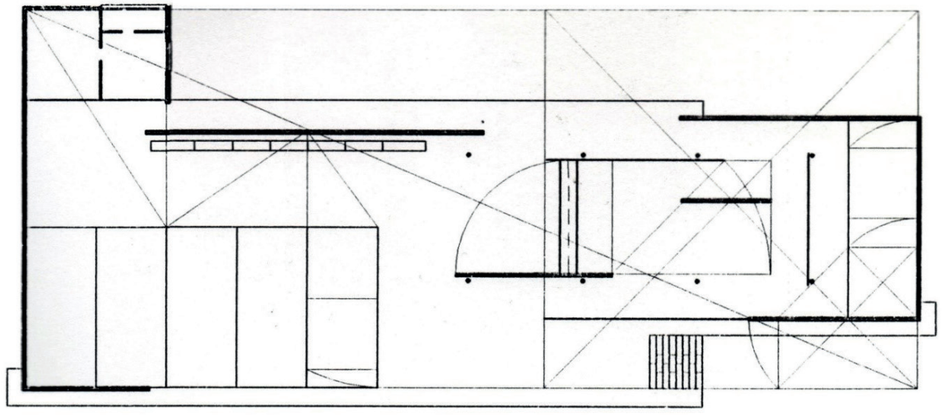


Fig.4. Studio delle relazioni proporzionali nel Padiglione di Barcellona.

quanto aperti, privi di costrizioni scatolari, sono comunque interni, perché in essi accolgono l'azione umana: movimenti, pause, riflessioni, riposo; tutti puntualmente dosati e regolati dalla macchina scenica costruita da Mies. Compiendo un'analisi sulla base degli elementi che guidano la fruizione della fabbrica architettonica, ci si accorge che è possibile ripartire l'intera composizione per "zone", dimensionalmente differenti, ma che rispondono alle medesime leggi proporzionali: il quadrato e i rettangoli che si sviluppano dal ribaltamento della sua diagonale sul prolungamento del lato. In pianta sono, inoltre, ricorrenti: il rettangolo radice di due e quello radice di cinque (Fig.4).
In particolare, il ritmo motorio subisce un progressivo decremento man mano che il modulo si dilata, senza mai convertirsi in stasi. Diversi fattori agiscono su più livelli di percezione, generando un flusso continuo; le pause non sono brusche interruzioni, ma scansioni ritmiche. A tal proposito è determinante la struttura dei "campi" che, seppure definiscono aree regolari, non chiudono mai i loro confini. La mancanza di alcune parti, in una configurazione predefinita dello spazio, ne consente ugualmente la comprensione, pur generando una "fuga" (inducendo quindi al movimento) verso la parte incompleta. Marcolli spiega ciò attribuendo all'occhio umano la capacità di ricostruire le linee virtuali di un ambiente: «Per la medesima tendenza percettiva a collegare i punti caratteristici per formare un

contorno, vediamo aperte o chiuse forme che in realtà sono solo chiuse»[28]. Gli spazi lasciati aperti dai setti murari generano, pertanto, verso la direzione del movimento, tensioni spaziali rafforzate dai *pattern* marmorei di rivestimento. Non si tratta di una distorsione o alterazione della realtà, quanto piuttosto di una sorta di "tensione guidata" dei *pattern* immobili, che per Arnheim: «è una proprietà percettiva così universale da superare di gran lunga la riproduzione visiva degli oggetti in movimento»[29]. In relazione a ciò, non esisterebbe nessuna differenza di principio tra il movimento percepito dal contorno sinuoso delle venature del marmo e il profilo di una figura che è realmente in movimento. Avviene così un completo arrovesciamento del principio cinetico suggerito dall'azione fisica[30]. In un simile contesto, l'immagine riflessa della statua di Kolbe che s'irradia in tutte le direzioni, introduce un ulteriore motivo dinamico, in quanto le sue proiezioni giustificano la profondità di questo spazio come se dessero informazioni sul suo scheletro strutturale, tridimensionale e, contemporaneamente, cercassero di bilanciare il peso delle immagini nel quadro visivo. Il motore cinetico di questo spazio è anche l'eccentrica posizione del nudo scultoreo che, in relazione con la posizione dei vani d'accesso alla corte, sposta il fuoco visivo lungo una direzione angolare piuttosto che centrica[31] (Fig.5, Fig.6).

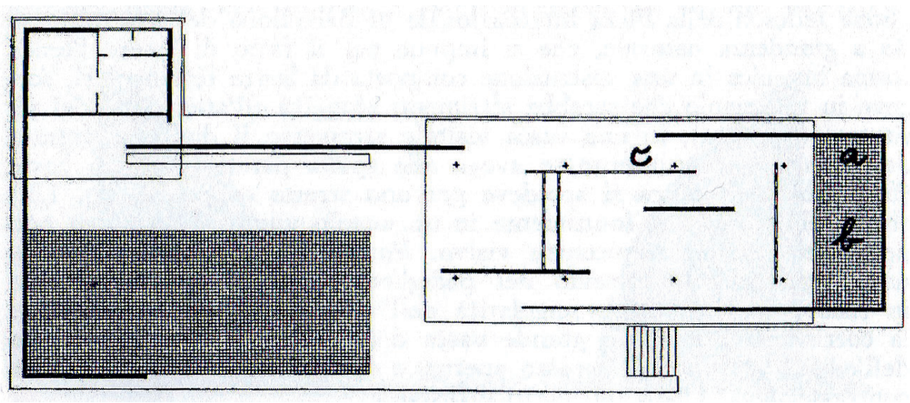
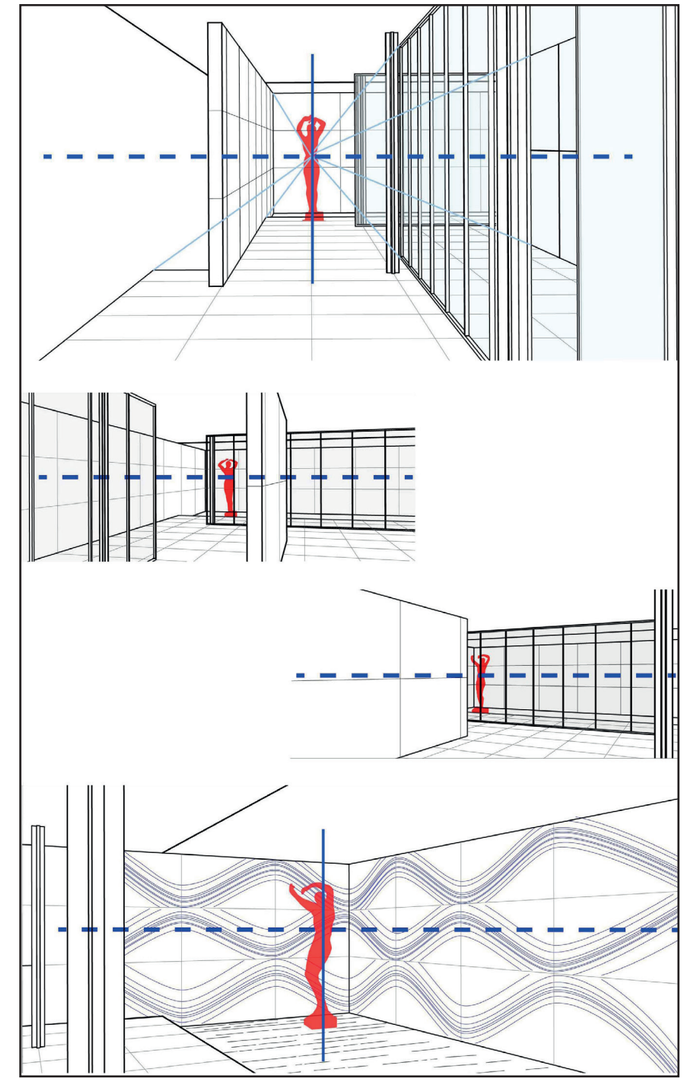


Fig.5. Nel suo schema Arnheim evidenzia come la posizione d'angolo della scultura di Kolbe (a) costituisca un fuoco visivo sia per il corridoio vetrato (c) di accesso alla corte minore, sia per lo spazio interno, grazie alla trasparenza del divisorio (b) .

28 Marcolli, 1971, op. cit., p 104
29 Arnheim, 1997, op.cit., p.357
30 *Ibidem*
31 Cfr. Arnheim, 2019, op.cit., pp.32-35

Fig.6. La scultura di Kolbe costituisce un *target* visivo che, in concomitanza con le venature del marmo, incrementa le tensioni dinamiche e gli effetti cinetici del Padiglione di Barcellona.



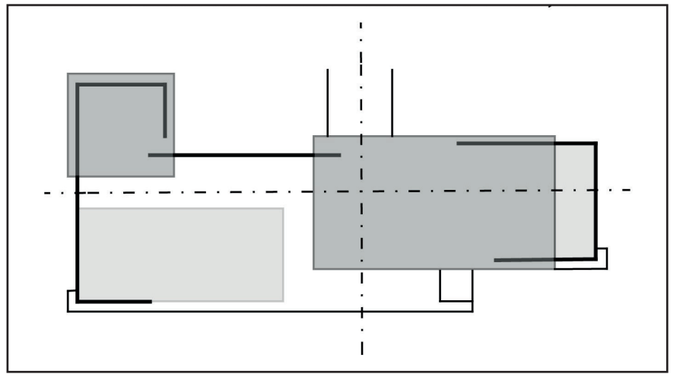


Fig.7. Schema degli equilibri percettivi nel Padiglione di Barcellona, con riferimento all'analisi di Ottolini.

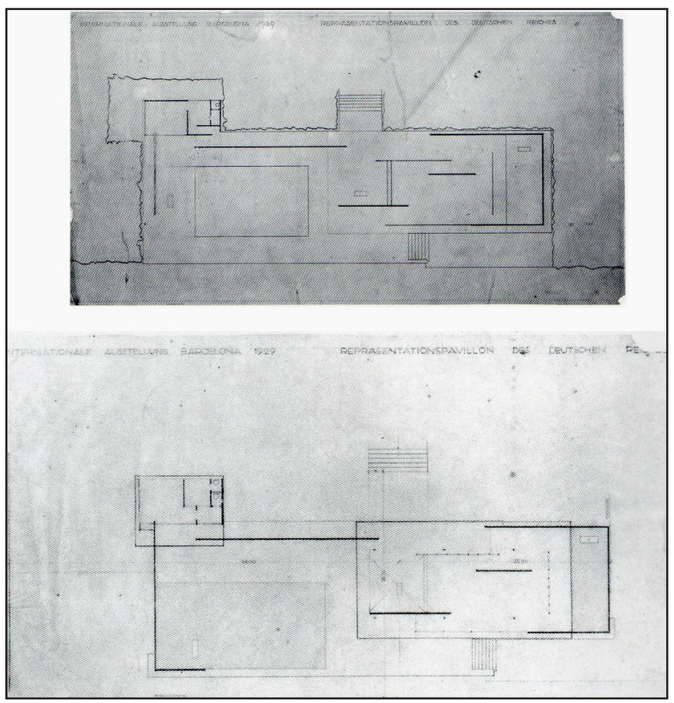


Fig.8. Le versioni preliminari del progetto per il Padiglione di Barcellona mostrano la presenza di tre statue, di cui una posta di fronte all'ingresso sul retro.

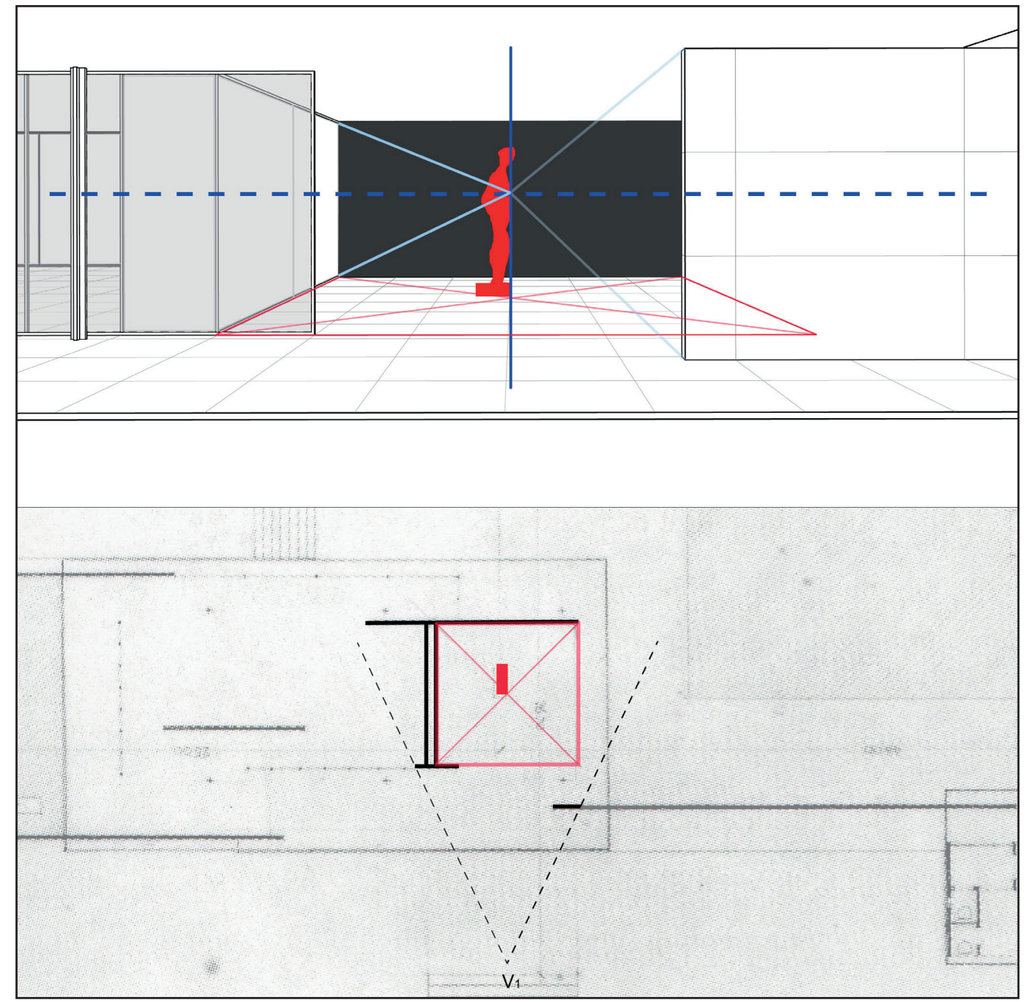


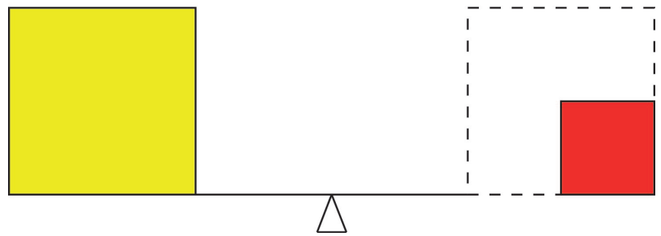
Fig.9. Schema dei rapporti visivi nell'ingresso posteriore del Padiglione di Barcellona. Lo schema è riferito alle versioni preliminari del progetto

Basandosi su principi analoghi, anche le pause sono condizionate da attente scelte del linguaggio formale e figurativo. Giungendo al Padiglione da Ovest, la gradinata discendente dalla via di collegamento con il *Montjuic*, indirizza verso una zona coperta, da cui si passa o all'interno del corpo edificato o alla grande corte coperta con la vasca d'acqua. Qui, il momento di pausa è rimarcato da un'area "intuitivamente" quadrata, definita parzialmente da due lati e due spigoli. Non a caso, Ottolini individua in questo spazio il "fulcro degli equilibri" percettivi generati dal complesso morfologico e figurativo; qui si intersecano gli assi di una perfetta "bilancia" percettiva in cui ogni elemento compositivo trova il suo contrappunto visivo (Fig.7). Osservando una delle versioni preliminari del progetto questo particolare risalta maggiormente: oltre al fatto che le due pareti non hanno venature[32], presenti invece su qualunque altra superficie, Mies aveva collocato qui uno dei tre elementi scultorei, poi ridotti ad uno solo nella corte minore, costringendo la statua in una posizione lievemente decentrata (Fig.8).
Arnheim definisce tensioni di tal genere come "forza psicologica": il fatto che si veda un oggetto come se "si sforzasse di raggiungere il centro", vuol dire che esso è attratto da qualcosa che in realtà non è contenuto nella figura. Un elemento situato in un campo quadrato, può farne intuire la struttura, qualora sia ad essa ancorato, grazie al processo dell'inferenza[33]. La carica gravitazionale di questa sorta di "camera aperta" viene inoltre rimarcata dal trattamento, oltre che dalla reciproca posizione, delle superfici murarie.
In una vista frontale, inevitabile scendendo dalle scale prima descritte, la parete di fondo in marmo Verde-Alpino, appare totalmente incorniciata da superfici chiare (il travertino del pavimento e del setto più esterno, l'intonaco bianco del soffitto, il vetro opalescente della parete illuminante), effettuando così un forte stacco in profondità (Fig.9); il tono accentuatamente scuro del materiale, inoltre, gli sottrae luminosità accentrando su di sé l'attenzione. Il movimento discendente che scaturisce entrando nell'edificio da Ovest doveva, inoltre, essere d'importanza fondamentale nell'ottica del progetto e nella reale fruizione dell'opera: è presumibile infatti che una gran parte dei visitatori dell'Esposizione procedesse dritto nel

32 Le venature del marmo su un muro possono avere lo stesso effetto delle linee direzionali in un campo. A causa delle distorsioni provocate dalle illusioni ottiche, la parete potrebbe quindi risultare deformata, non solo dimensionalmente, ma anche nell'impostazione dei suoi punti caratteristici (diagonali, mediane, centro), ostacolando in tal modo, la percezione di uno spazio regolare da questa delimitato.
33 Cfr. R.Arnheim, 1997, op.cit., pp.31-32

percorso di andata, oltre la grande fontana posta al centro dell'*Esplanade* per ascendere all'imponente *Palau* che sovrasta l'insieme, e attraversasse il Padiglione della Germania forse con una riposante sosta sulla panca in travertino, di ritorno dalla visita al *Pueblo Espanol*. Attraversando il Padiglione in senso opposto, invece, più che in momenti di pausa ci s'imbatte in una serie di ostacoli-guida, che scandiscono i percorsi a ritmo di radice di cinque: il fianco della vasca indirizza verso lo spazio scoperto della corte o l'uscita sul retro; la parete in breccia di marmo verde accompagna dritti all'ingresso principale. All'interno, nell'ambiente coperto più grande, lo spazio si dilata nuovamente: la posizione della moquette nera, della parete di onice e della tenda rossa, stavolta sembrano trascinare in un moto circolare ad andamento centripeto.
Questo snodo però non ha confini netti e inoltre, sebbene sia individuabile la struttura di un quadrato, nell'insieme si intromettono altre unità legate a esso da relazioni proporzionali. Gli stessi oggetti, ad esempio il tappeto e la parete di onice, sono al tempo stesso, elementi di rottura e di definizione del campo. Così il "campo", attraversato da diverse unità formali è alterato nella sua struttura originaria e, pertanto, permeato da un maggiore dinamismo. Ad accentuare gli effetti cinetici concorrono anche le connotazioni cromatiche e luministiche di quest'ambiente. Al di là delle motivazioni simboliche che vi si possono attribuire[34], non è da sottovalutare che il rosso della tenda che oscura la vetrata più esterna, così come il giallo-arancio

Fig.10. Schema riferito all'analisi di Marcolli sul bilanciamento dei colori.



34 Nel'29, l'inaugurazione del Padiglione si celebrò in quest'ambiente e, il momento più solenne durante il quale il Re sottoscrisse il programma della sezione tedesca, si svolse proprio in prossimità del setto in onice, a esso, infatti, si addossava il libro d'oro ove si apponevano le firme, che così faceva da scenario all'intera cerimonia. Si attribuisce quindi a questo spazio il ruolo simbolico di spazio di rappresentanza, dominato dai colori della bandiera tedesca.

dell'onice che riveste il setto libero, siano entrambe tinte calde che, poste su due piani frontali, respingono lo spazio con un energico effetto cinetico. Questo è generato dal diverso peso percettivo che le superfici assumono in relazione al loro colore, in relazione a quella che Marcolli chiama "bilancia intuitiva" (Fig.10): «Due […] superfici dimensionalmente uguali, ma una gialla e l'altra rossa, implicano una diminuzione delle dimensioni di quella rossa, perché più pesante»[35].
Ciò contribuisce ad accentuare la tensione spaziale che, di conseguenza, gravita attorno al colore più chiaro, ovvero la parete in onice, che nel 1929 doveva essere il vero protagonista di questo spazio e su cui quindi doveva posarsi lo sguardo. Una precisazione a riguardo, che rafforza il ruolo visivo dominante del muro in onice dorato, riguarda il fatto che le venature originali di questo setto murario non erano direzionali come quelle scelte per la ricostruzione. Ottolini lo descrive così: «sembra un incredibile creazione e deflagrazione di mondi, il segno di un enorme potenza creativa, e non quello con il colore e il disegno della sbagliatissima ricostruzione, in cui le venature della pietra compongono un aberrante motivo direzionale a freccia e losanga che sembra solo suggerire le vie d'uscita più rapide, anziché lo stare a contemplarla»[36]. L'interposizione di una banda nera tra le due tinte riesce a riequilibrare la composizione senza smorzarne il dinamismo, evitando che si generi un effetto chiassoso. Queste operazioni di bilanciamento, si basano sulla pura percezione e sulle capacità introspettive dell'architetto di riuscire a interpretare e tradurre adeguatamente i segni in "identità", stimolando nell'uomo, suggestioni, emozioni e dinamiche relazionali con l'architettura che lo accoglie. Le matrici di una tale spinta compositiva, non sono di natura romantica, ma vanno di pari passo con sviluppo del pensiero scientifico, sollecitate anche dagli studi sulla psicologia della forma e sulla psicologia sociale.
Da quando, nel 1980, Ehrenfels mette in rilievo come la nostra esperienza percettiva non si basi esclusivamente sui dati sensoriali[37], viene definitivamente abolita la distinzione tra sensazione e percezione[38] aprendo la strada, da un lato agli studi sulla psicologia della Gestalt, dall'altro a una nuova estetica compositiva. Da questo punto di vista le scelte che riguardano la configurazione spaziale non sono dettate da ragioni decorative, ma esprimono una precisa volontà culturale di instaurare un dialogo percettivo con l'osservatore al fine di accompagnarlo verso una comprensione intima dello spazio, che lo renda libero di viverlo secondo il suo sentire. L'abbandono della fissità stereometrica e del monumentalismo volumetrico protende verso una lettura a scala umana delle strutture compositive che, pertanto, diventano *medium* relazionale tra modo fisico, corpo e psiche: «Una parete ondulata non è più solo ondulata per rispondere ad una visione artistica, ma per meglio accompagnare un movimento, un cammino dell'uomo.[…]L'uomo, nella diversità delle sue attività e della sua vita, nelle sue esigenze materiali e psicologiche, nella sua presenza spirituale, l'uomo integrato nella cui realtà corpo e anima trovano vitale ricongiungimento, è al centro della cultura […] che guida e ispira l'urbanistica e l'architettura moderna […]. È in effetti un grande moto religioso, che ha una forza e una suggestione non inferiore ai moti religiosi o spirituali che ispirarono la creazione degli spazi nelle epoche del passato, un moto che ha un suo fine immanente perché umano, ma che affronta problemi non di contingenti comodità, ma di vita o di morte di una società in cui l'individuo invoca libertà, cerca disperatamente un'integrazione della sua cultura»[39].

35 Marcolli, 1971, op.cit., p 61.
36 Ottolini, op.cit, p.189.
37 Cfr. Katz, David. *La psicologia della forma.* Torino: Bollati Boringhieri, 1992.
38 Cfr. Arnheim, 1997. Op cit.

2.2. Gli elementi segnici dello spazio rappresentato: dallo spazio matematico allo spazio ambiguo

L'analisi delle relazioni visive che entrano in gioco quando siamo accolti in un organismo architettonico, consente, non solo di prendere coscienza dei canali percettivi attraverso cui avviene il processo di lettura dell'ambiente costruito, ma anche di acquisire consapevolezza di quali siano i codici formali che, confluendo nell'iter rappresentativo, lo qualificano come atto conoscitivo dello spazio. Sebbene sussistano alcune invarianti ottiche[40], bisogna comunque considerare che il processo conoscitivo messo in atto durante un'esperienza diretta dello spazio, differisce per molti aspetti da quello attuabile per tramite di una rappresentazione. Un'immagine, infatti, sia che si tratti di un disegno, di una foto, di un *render* o di qualsiasi altra riproduzione grafica, è sempre il prodotto di un'interpretazione della realtà. Sebbene l'esperienza visiva sia già di per sé un processo carico di condizionamenti che dipendono dalle caratteristiche fisiologiche e psicologiche

39 Cfr. Bruno Zevi, 1956, op.cit., p.106.
40 Marcolli spiega che le leggi ottiche gestaltiche sono leggi oggettive della percezione visiva: la legge della vicinanza, la legge della somiglianza, la legge della prossimità relativa, sono ad esempio leggi sulle formazioni di insiemi o raggruppamenti. Cfr. Marcolli, Attilio, 1978, op.cit.. Secondo Arheim, inoltre, alcuni fenomeni di contrasto cromatico o di riconoscimento delle forme (chiuse o aperte, curve o rettilinee) costituiscono le fondamenta della percezione umana, al punto da poter trascurare anche "ogni differenza individuale". Cfr. Arnheim, 2019, op.cit., p.13.

dell'osservatore, la rappresentazione interpone tra la fisicità dell'oggetto e l'utente finale, un ulteriore filtro interpretativo. Gli strumenti attraverso cui l'operatore mette in atto la sua azione di *medium* sono molteplici: scelta dell'inquadratura, del punto di osservazione, degli elementi da evidenziare e quelli da sfocare, illuminazione, scelte cromatiche e molto altro. È un processo d'interpretazione che si sovrappone a quello da noi attuato durante l'*iter* visivo; mentre guardiamo, il nostro sistema cognitivo non riesce a processare tutte le informazioni registrate dalla retina e, pertanto, opera una sintesi sulla base sia delle caratteristiche strutturali della composizione spaziale, sia delle esperienze pregresse. L'immagine percepita viene quindi a costituirsi a livello cerebrale e la sua configurazione dipende tanto dai *pattern* registrati a livello ottico, quanto da fattori che riguardano la storia personale di ciascun individuo.
Al di là delle differenze individuali, la tendenza della mente, in persone neuro tipiche, è quella di effettuare delle semplificazioni, ovvero schematizzazioni in base a categorie formali, cromatiche, proporzionali acquisite nel tempo attraverso le esperienze, in modo tale da leggere uno schema figurativo nella sua globalità. Se si osserva un triangolo, ad esempio, non ci si sofferma sul dettaglio dei singoli segmenti che lo compongono, ma sull'insieme che ci permette di associare tale forma a quella da noi memorizzata in una determinata categoria formale, che ci consente di riconoscerla come triangolo.
Questa capacità può mancare in casi di agnosia visiva, frequente in alcuni casi di autismo. Arnheim la definisce come «l'incapacità patologica di afferrare uno schema globale: i soggetti affetti da tale anomalia possono, mediante una serie di movimenti del capo o delle dita, tracciare i contorni di una data figura […]»[41], ma essi sono incapaci di "leggere" la forma osservata nella sua totalità e attribuirvi un significato. Solitamente in questi casi, una tendenza diffusa è quella di concentrarsi sui dettagli; questa propensione può anche portare ad una sovversione di alcuni dei processi percettivi approfonditi dalla *Gestaltpsychologie*, antesignana nel porsi il problema della percezione spaziale. Ad esempio, possono essere influenzate: la capacità di distinguere tra figure di primo piano e sfondo, la lettura dei contorni nella loro totalità o la corretta interpretazione degli indizi di profondità. Al contrario, in persone neurotipiche, uno dei processi più comuni è quello «di procedere dai costrutti spaziali più semplici a quelli sempre più complessi. [...] in tal modo si può tentare di stabilire una scala

41 Arnheim, 1997. op.cit, p. 63.

di complessità crescente, grazie alla quale l'immaginazione»[42] decifra gli *input* esterni associando valore semantico ai codici figurativi provenienti dall'ambiente. È quindi fondamentale analizzare i segni grafici e le loro possibili articolazioni, per capire quali siano le condizioni che agevolano o che ostacolano l'interpretazione dello spazio rappresentato e poterli gestire opportunamente quando si vuole approdare a una comunicazione mirata.
Mentre agli inizi del'900 Lewin, Wetheimer, Koffka, Köhler portano avanti i loro studi sulla teoria della *Gestalt*, qualche anno più tardi questi concetti vengono riversati su tela da pittori come Magritte, Dalì, Ocampo, Gonsalves, Esher, che manipolano ad arte i principi sulla "teoria della forma" per svelare inediti scenari visivi. Quando si osserva un'immagine, tali codici non sono trasmessi direttamente dall'ambiente, non veicolano i caratteri morfologici di oggetti nello spazio, ma sono tracce che, in assenza di una decodifica, restano prive di alcun legame col modo fisico. L'esito dell'interpretazione semantica del segno dipenderà, in parte, dalla capacità dell'operatore «di cogliere nel processo figurativo, al di là dell'apparato formale costituito, la presenza di 'forme elementari' alla cui riconoscibilità viene affidato il compito di inverare quella 'risonanza empatica' che alimenta e sostiene la comunicazione e la comprensione dell'architettura»[43].
Quest'azione, come accennato, non è l'unica a incidere nel processo di comunicazione visiva attivato dall'immagine; a essa si sovrappongono fattori individuali di carattere fisiologico, psicologico ed esperienziale che condizionano la percezione della configurazione.
Poiché l'immagine percepita dai sensi è pur sempre elaborata tramite un processo proiettivo sulla superficie della retina, alcuni *input* visivi elaborati dal cervello nel riconoscimento della profondità spaziale, sono associabili a quelli introdotti nelle raffigurazioni pittoriche. Nella concomitanza di tanti fattori si distinguono tre principali categorie di indizi che collaborano alla percezione della profondità: "indizi pittorici" (in riferimento alle modalità proiettive proprie del nostro sistema ottico), "indizi fisiologici", "indizi di movimento".
Jerald Jason aggiunge una quarta categoria, ovvero quella legata ai condizionamenti legati al contesto e alle condizioni psichiche del soggetto, quelle che lui indica come "variabili personali". Quest'aspetto, ad esempio, è da tenere in considerazione anche nel caso di persone non neurotipiche, per le quali la risposta agli stimoli sensoriali può essere alterata da

42 Arnheim, 2019, op.cit., p.26.
43 Florio, op.cit., p.23.

un particolare funzionamento dei sistemi percettivi[44]. Inoltre, le anomalie percettive inducono spesso stati d'ansia che, a loro volta, come Jeason fa rilevare, genera una particolare condizione psichica di paura in grado di interferire nella lettura degli indizi di profondità e distanza. In sintesi, la condizione psicologica agisce creando un'aspettativa della sensazione futura e influenzando il soggetto al momento dell'osservazione[45]. Nell'interpretazione dello spazio, quindi, bisogna considerare anche una componente psicologica ad interferire con i fattori di carattere fisiologico e proiettivo[46].
David Katz, in opposizione a quella che lui definisce "psicologia tradizionale"[47], attribuisce proprio all'esperienza fissata a livello psichico, la nostra capacità di percepire inalterate alcune configurazioni formali al mutare della loro impressione ottica. Per dirla con le parole di Georges Braque: «i sensi deformano, la mente forma»[48]. È il caso, ad esempio, di un cerchio: la sua proiezione retinica muterà al cambiare delle posizioni relative osservatore-oggetto, assumendo quasi sempre una forma ellittica e, nonostante ciò, continueremo a riconoscerlo come cerchio[49]. Questo dimostra che la forma percepita non dipende esclusivamente dai dati acquisiti attraverso l'apparato visivo. «Sarebbe infatti terribile, se per noi la forma degli oggetti cambiasse continuamente a seconda della loro inclinazione rispetto all'asse ottico: cosa che succede in realtà con l'immagine retinica. […] Vi*vr*emmo allora il mondo delle forme non più come ordine, ma come caos. È precisamente la "illusione" circa la forma reale dell'immagine retinica che, fortunatamente ci salva da tale disastro»[50]. È dalla consapevolezza dei meccanismi illusori generati a livello cerebrale, che il disegno può trarre la sua forza espressiva per divenire "linguaggio" e guidare all'interpretazione dello spazio. Ad esempio, la scenografia teatrale, tutt'oggi, estremizza le potenzialità simulatorie del disegno per restituire, sulla superficie del

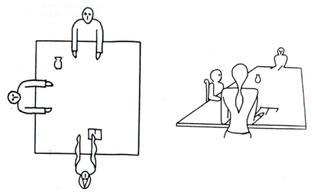


Fig.11. Rudolf Arnheim; confronto tra differenti modalità di rappresentazione.

44 Cfr. Bogdashina, op.cit., p.33.
45 Quest'anomalia, in alcuni casi, può provocare una sovrastima delle altezze e conseguente insorgenza di paure legate all'alta quota, come la paura di cadere e l'acrofobia. Cfr. §5.1.
46 Cfr. Jason, Jerald. The VR Book: *Human-Centered Design for Virtual Reality*. Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool Publishers. ACM Books, 2015.
47 La psicologia tradizionale «sostiene che la sensazione pura, cioè l'impressione che proviene dall'immagine retinica, va soggetta a una trasformazione per opera dell'esperienza. […] Secondo la teoria delle "sensazioni pure", esiste un parallelismo costante tra stimoli sensoriali locali e impressioni vissute». Katz, op.cit, p.24.
48 Carbone, Mauro. *Tra eidos ed eidolon*, in Cassirer, Ernst. Eidos ed idolo. Il problema del bello e dell'arte nei dialoghi di Platone. Milano: Cortina, 2009., p.43.
49 Cfr. Katz, op. cit., p.24.
50 *Ivi*, p.24.

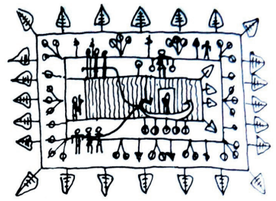


Fig.12. Attilio Marcolli; schema che riprende una rappresentazione egizia.

fondale o nelle limitate dimensioni del palcoscenico, la rappresentazione di ambientazioni che, agli occhi dello spettatore, appaiono non solo a tre dimensioni ma anche ben più profonde di quelle reali. L'efficacia dell'inganno si basa sulla capacità di saper gestire lo strumento grafico e, in particolare, le tecniche prospettiche, per rendere partecipe lo spettatore della simulazione messa in atto al punto da condizionarlo visivamente ed emotivamente; in questo caso: «il bozzetto costituisce l'armonica sintesi visiva di una serie di accorgimenti, trucchi spaziali, illusioni prospettiche, luministiche e cromatiche che do*vr*anno attuarsi nello spazio del palco»[51].
Lo spazio scenico è, pertanto, uno spazio "effimero" progettato in funzione della visione degli spettatori e la cui resa prospettica è, di fatto, una suggestione percettiva[52].
Quando si esegue la rappresentazione di un ambiente architettonico, quindi, si fanno delle scelte, si imbocca un certo percorso piuttosto che un altro. Non si tratta semplicemente di imitare la realtà ma di individuare, tra le innumerevoli possibili tracce su di un supporto[53], quelle a cui il pensiero associa una valenza simbolica. «In questo senso l'immagine rappresenta una vera e propria categoria per un controllo figurato della realtà»[54].
Le modalità con cui sono state effettuate tali scelte sono mutate nel tempo, condizionate da fattori culturali e dagli studi sulle tecniche di rappresentazione; così è cambiato anche il rapporto tra l'architettura e la sua rappresentazione. In più la difficoltà di rappresentare la tridimensionalità su una superficie piana ha, di volta in volta, interferito nell'*iter* di decodifica raffigurativa dello spazio, con soluzioni diverse che esprimono l'estrema complessità di questo processo. Ad esempio, prendendo in considerazione un metodo che riduce al minimo le deformazioni, come quello dell'arte primitiva o egizia, la rappresentazione risulta meno familiare e realistica, al contrario, un disegno prospettico, più simile alla visione umana, dovrà ammettere diverse deformazioni e alterazioni proporzionali degli elementi della configurazione. In un confronto tra i due metodi, Arnheim giunge

51 Pagliano, Alessandra. "Prospettive meravigliose." *Agribuisness Paesaggio & Ambiente* XVI, n. 1 (marzo 2011). p.71.
52 Cfr. Pagliano, Alessandra. *Le geometrie dell'illusione. Artifici prospettici dello spazio scenico*. Napoli: Fridericiana Editrice Universitaria, 2009.
53 «Tra di essi occorre far rientrare anche file, supporti che, unitamente allo schermo, in maniera più o meno "visibile" permettono di visualizzare, archiviare, trasmettere, condividere le immagini digitali come qualsiasi altro supporto fisico». Pellegatta , Cristina. "Immagine o Disegno?" Convegno UID 2019. Perugia: Gangemi Editore International, 2019, p.189.
54 Carpenzano , Orazio. *Idea immagine architettura. Tecniche d'invenzione architettonica e composizione.* Roma:Gangemi, 2012. ,p.55.

alla conclusione che non ve ne sia uno migliore dell'altro, né che la scelta dipenda dalla conoscenza o meno delle tecniche grafiche: «Ogni metodo ha i suoi pregi e i suoi difetti e volta a volta è preferibile quello che risponde alle esigenze visive e filosofiche di ogni tempo e luogo particolare; è questione di stile»[55] (Fig.11)

Sebbene, quindi, come teorizzato da Panofsky, la consapevolezza della visione prospettica sia molto antica, lo spazio viene rappresentato in proiezione centrale solo dal Rinascimento, grazie alla messa a punto di metodi scientifici per la costruzione della prospettiva lineare e alla spinta culturale di una visione antropocentrica del mondo. Per questo si tratta di una caratteristica prevalentemente occidentale e strettamente legata al periodo rinascimentale; nell'antichità arcaica come nei paesi extraeuropei (ad esempio la Cina) la rappresentazione dello spazio non è prospettica, ma topologica, così come avveniva per gli egizi[56] (Fig.12). In questi casi lo spazio rappresentato non è un'imitazione della realtà, ma esprime un approccio definito da Marcolli "intellettualistico"[57].

Per Arnheim questo metodo, che rappresenta le immagini come "schiacciate" su piano del disegno, non implica una sconoscenza di altre modalità di disegno capaci, ad esempio, di raffigurare una figura umana di scorcio. Schaefer individua esempi egizi di rappresentazioni "prospetticamente esatte"[58] già dalla sesta dinastia. Non si tratta, quindi, di un'incapacità, ma di un diverso procedimento per trasmettere in forma grafica le proprie conoscenze[59].

Agostino De Rosa, in un confronto tra i diversi approcci grafici, quello occidentale e quello sino-nipponico, chiarisce che: «la rappresentazione della realtà […] nel nostro emisfero geo-culturale tende a sostituire la realtà stessa, laddove le filosofie religiose dell'estremo Oriente invece ne ricercano un'esperienza diretta, scevra dagli influssi del pensiero razionale e della pura percezione sensoria»[60]. Anche quando, in epoca tardo-medioevale, lo spazio rappresentato dichiara una nuova consapevolezza della tridimensionalità, già espressa nell'età classica, le linee che identificano la profondità (e che sarebbero perpendicolari al quadro prospettico), non convergono mai in un unico punto di fuga. In tal senso la raffigurazione del mondo

55 Arnheim,1997, op.cit., p.106.
56 Cfr. Marcolli, 1971, op.cit., P.83.
57 Cfr. *ivi*, p.83.
58 Cfr. Arnheim, op.cit., p.105.
59 Cfr. *ibidem*.
60 De Rosa, Agostino. *L'infinito svelato allo sguardo. Forme della rappresentazione estremo-orientale*. Torino: Città studi edizioni, 1998. p.15.

Fig.13. L'immagine di Ponzo, mostra un'ambiguità visiva per la quale due segmenti identici possono apparire di diversa lunghezza.

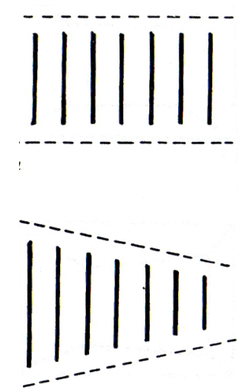


Fig.14. Rudolf Arnheim; il contesto spaziale influenza la nostra percezione degli oggetti.

fisico non si traduce ancora in soluzioni matematiche che stabiliscano relazioni di dimensione e posizione, ma esprime una particolare coscienza del processo percettivo dove "visione" e "illusione" s'incontrano[61]. Anche in assenza di una costruzione scientifica, Panofsky parla di prospettiva e, richiamando Ernst Cassirer, spiega: «è una di quelle "forme simboliche" attraverso le quali "un particolare contenuto spirituale viene connesso a un concreto segno sensibile e intimamente identificato con questo"»[62]. Ciò che muta, dunque, è il valore che viene attribuito alla rappresentazione che, nel caso dell'arte medievale, si pone su un piano simbolico e dove, pertanto, la strutturazione dei segni non è orientata alla coerenza geometrica, ma è la messa in scena di una personale conoscenza del mondo. Successivamente, quando il simbolismo cede il passo all'esigenza di conferire scientificità alla raffigurazione dello spazio percepito dall'uomo, la struttura geometrica dell'apparato grafico si semplifica, governando tutti i segni con un'unica regola; la convergenza diventa l'indizio principale per la percezione della tridimensionalità, cosicché rette associabili alla stessa direzione insistono su un unico punto di fuga. Tra gli indizi pittorici, la prospettiva lineare è forse il più coercitivo. La così detta "illusione" di Ponzo mostra quanto sia forte questo indizio: due segmenti identici possono apparire con diverse dimensioni se posti in un confronto visivo con due binari convergenti (Fig.13).

Arnheim spiega che: «la prospettiva centrale muta il rapporto con l'osservatore. Le sue linee strutturali principali sono un sistema di raggi che escono da un punto focale all'interno dello spazio pittorico e negano l'esistenza del piano frontale spingendosi in avanti e sfondandolo. […] Per dare all'osservatore l'illusione di essere coinvolto da questo imbuto spaziale in espansione sono necessari forti dispositivi ottici [come le distorsioni prospettiche]. Vedere in prospettiva significa percepire il mondo privo di omogeneità come un mondo omogeneo, deformato»[63] in cui la sensazione che abbiamo degli oggetti è fortemente condizionata dal contesto spaziale. Nella visione di uno spazio piramidale, ad esempio, attribuiamo uguale dimensione ad oggetti che variano la loro misura in maniera regolare, cosicché vediamo tali oggetti "uguali e disuguali allo stesso tempo"[64]. Questo non succede nello spazio euclideo, dove solo gli oggetti che effettivamente hanno uguali dimensioni, vengono visti come uguali[65] (Fig.14). «Il senso

61 Cfr. Panofsky, Erwin. *Perspective as Symbolic Form*. Broadway: Zone Book, 1991. p.45.
62 *Ivi*, pp.40-41.
63 Arnheim,1997, op. cit., p.240, p236.
64 Cfr. *ivi*, p.236-237.
65 Cfr. *ibidem*.

della vista dell'uomo si trova davanti uno spazio piramidale di questo tipo, perché nella percezione le proiezioni convergenti non si regolarizzano mai del tutto: si vede la profondità, ma si vede insieme la convergenza. E i fenomeni percettivi che hanno luogo in questo mondo convergente sono elaborati dal sistema nervoso, in rapporto con l'inquadratura spaziale, con l'efficienza di un computer»[66]. Così la coerenza del sistema figurato agevola la semplificazione del processo visivo che tende a rielaborare la complessità delle immagini in sistemi più stabili, nei quali l'estensione della profondità dipende dalla "rapidità del gradiente" [67]. «Con la prospettiva, quindi, come in altri casi in cui è in gioco una attività mentale, abbiamo un mescolarsi di fatti di chiara origine storica su un sostrato di abitudini, di dipendenze, più profonde perché legate alla percezione degli oggetti come di una certa grandezza e alla loro localizzazione ad una certa distanza nella visione da fermo […]. Ed è proprio per la necessità di instaurare questa nuova abitudine che nel caso della prospettiva si può parlare di un vero e proprio atteggiamento mentale. Anche perché tale abitudine è intessuta di elementi culturali di cui conosciamo addirittura l'origine storica»[68].
Con la *perspectiva artificialis o pingendi* si passa da uno spazio discontinuo ad uno spazio "omogeneo" e controllato matematicamente, dove ogni dimensione è legata alle altre e in costante dipendenza dalla posizione del punto di vista. Si vira, così, verso una soluzione più strutturata, consentendo di superare molte approssimazioni costruttive attraverso una logica rigorosamente scientifica. L'asse di fuga verticale della *perspectiva naturalis* è sostituito da un unico punto sull'orizzonte e il cono dei raggi visuali è tagliato dal piano del quadro prospettico in luogo della precedente superficie sferica.
Secondo Panofsky questo passaggio sancisce il momento in cui si può iniziare a parlare di una «piena visione prospettica dello spazio»[69], ossia quando lo spazio scenico, proiettato sul quadro della rappresentazione e interpretato come una "scatola ottica"[70], consente di essere visto attraverso quella che Alberti definisce "finestra". Allo stesso tempo: «la superficie materiale pittorica o in rilievo, sulla quale appaiono, disegnate o scolpite, le forme delle singole figure o delle cose, viene negata come tale e viene trasformata in un mero "piano figurativo". Su questo piano si proietta uno

66 *Ibidem*.
67 Cfr. *Ivi*,p.228.
68 Beltrame, Renzo. "La percezione dello spazio tridimensionale: architettura e prospettiva." *Methodologia*, 1989: 1-16., p.13.
69 Panofsky, op.cit., p.27.
70 Cfr. *ivi*, p.29.

spazio unitario visto attraverso di esso e comprendente tutte le singole cose. Non importa che questa proiezione venga costruita in base all'impressione sensibile immediata oppure mediante una costruzione geometrica più o meno "corretta"»[71].
Così, all'interno di questo spazio deformato, ciascun gradiente acquisisce un valore percettivo funzionale alla lettura della profondità. Il "gradiente di dimensione" è uno dei più rilevanti nella decodifica delle caratteristiche spaziali, tanto che, nel panorama delle rappresentazioni pittoriche, seppur gestito con diverse modalità, restituisce con efficacia un credibile effetto di profondità spaziale. Le raffigurazioni cinquecentesche supportano la forza coercitiva del gradiente di dimensione mettendo in atto un impalcato strutturale coerente governato dalle regole prospettiche. Ad esempio, nel frontespizio del terzo libro di Serlio, la regolarità dei gradienti, rafforza la loro efficacia percettiva[72]. Dimensioni e distanze si riducono con gradualità, rispettando anche gli allineamenti lungo le fughe prospettiche, mentre Il trattamento delle superfici rafforza con insistenza la convergenza verso il fuoco visivo: bugne, scanalature, modanature generano un motivo riecheggiante di linee che si dirigono verso un unico punto di concorso, collegando percettivamente gli elementi di fondo a quelli in primo piano con continuità. In questo modo, figure disuguali vengono interpretate come la rappresentazione di oggetti uguali ma in progressivo allontanamento, trasformando l'obliquità dei segni grafici, in una più semplice configurazione percepita che si sviluppa su un piano. In una composizione così coerente il sistema di indizi spaziali è talmente coercitivo da far sì che l'occhio trascuri eventuali irregolarità. I frammenti che si trovano alla base della raffigurazione, deviano dal rigore geometrico che caratterizza il resto della rappresentazione, liberando il segno grafico in una miscellanea di soluzioni formali, alcune d'impianto assonometrico, altre pseudo-prospettico. In quest'ultimo caso le rette che do*vr*ebbero incidere ortogonalmente al quadro della rappresentazione, assumono punti di fuga arbitrari pur appartenendo ad oggetti in posizione frontale.
Nelle applicazioni prospettiche, gli oggetti disposti frontalmente al quadro, subiscono deformazioni solo nelle linee che spazialmente sono ortogonali ad esso, le quali convergono tutte in un unico punto di fuga. Nel frontespizio serliano, tali oggetti dirigono il loro fianco in direzioni diverse mantenendo invariato il piano frontale e generando, pertanto, un'anomalia percettiva. Tuttavia, questa dicotomia strutturale, non compromette la

71 *Ibidem*.
72 Cfr. Arnheim, 1997, op.cit., p.227.

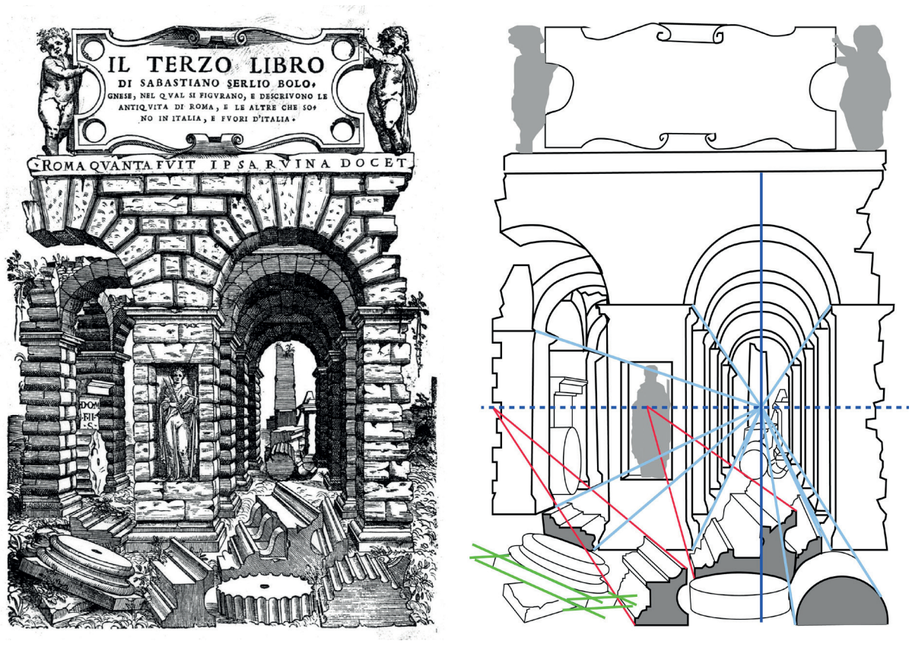


Fig.15. Sebastiano Serlio, frontespizio del terzo libro; L'Interpretazione spaziale evidenzia le deroghe alle regole prospettiche.

lettura unitaria d'insieme. Le regole geometriche che governano le forme "anomale" non sono facilmente decifrabili e risultano prive di forza coercitiva. Lo sguardo, pertanto, accoglie il complesso figurativo come un insieme unitario piuttosto che come un'aggregazione di parti autonome; in particolare, come spiega Arnheim: «l'ambiente ha la meglio e l'oggetto cede assumendo una deformazione»[73], configurando uno dei casi in cui contesto spaziale e oggetto entrano in contraddizione (Fig.15). Anche quando lo spazio appare frammentario e i suoi elementi, in ordine sparso, non sono vincolati da un principio regolatore univoco, l'indizio di "dimensione" o "grandezza relativa" è efficace nel comunicare la sensazione di profondità. Osservando, ad esempio un qualsiasi quadro impressionista, come il celebre *Les Coquelicots*, di Monet (Fig.16), ci accorgiamo che basta il decrescere graduale delle pennellate rosse a restituire l'effetto della profondità spaziale, pur in totale assenza di contorni netti e di linee di fuga che guidino lo sguardo verso lo sfondamento del piano frontale.

73 *Ivi*, p.237.

Lo stesso può dirsi osservando, nella *Golconde* di Magritte (Fig.17), le repliche dell'uomo con bombetta, reiterate con diverse dimensioni su tutta la superficie del quadro. Non c'è un nesso compositivo tra l'ambiente definito dalle case e la dislocazione delle figure umane, ma l'insieme dei gradienti generati dal loro moltiplicarsi, genera lo spazio tridimensionale in cui tutto assume una collocazione, anche gli edifici. Il principio di grandezza relativa consente una valutazione delle distanze tramite un confronto dimensionale tra gli oggetti osservati; si tratta sempre di una stima approssimativa ed è attuabile quando si abbia esperienza dell'effettiva dimensione di ciò che si sta comparando.

Anche in questo caso, l'esperienza ha un ruolo importante nel trasmettere la consapevolezza che entità più distanti generano un'immagine retinica più piccola rispetto a ciò che è situato in prossimità del punto di osservazione. È in base a tali considerazioni che siamo in grado di mettere in relazione l'oggetto e il suo contesto, riuscendo a dare un giudizio, seppur sommario, delle posizioni spaziali e ricostruendo l'illusione di uno spazio prospettico. Aspetto che dipende non solo dalla struttura della configurazione, ma anche dai codici interpretativi di cui l'osservatore dispone. È nella mente di chi guarda, quindi, che si riformula, in maniera variabile, il processo di significazione dei singoli frammenti dell'immagine, dal momento che questi non sono vincolati da un impianto organizzativo rigido e omogeneo. «Insomma i meccanismi percettivi che l'Immagine innesca possono limitarsi a constatare, riconoscendo immediatamente ciò che si vede, oppure ad entrare nell'immagine e avanzare oltre l'apparenza»[74].

Beltrame si addentra in questo concetto spiegando che l'interpretazione di una configurazione prospettica, come struttura tridimensionale non è scontata, ma dipende dall'atteggiamento mentale assunto dall'osservatore rispetto alla raffigurazione. In particolare, secondo il modello della psicologia transazionale, il ruolo primario per l'interpretazione del dato grafico è assunto: «dall'angolo visivo sotto cui è visto l'oggetto da chi lo percepisce, angolo che lega tra loro le due variabili distanza e grandezza dell'oggetto»[75]. Questo meccanismo, approda all'interpretazione prospettica, quando sussistano esperienze pregresse sulla volumetria e la grandezza delle forme rappresentate, in caso contrario, si può giungere alla costruzione percettiva di una configurazione piana. In questo caso, continua

74 Carpenzano, op.cit, p.56.
75 Beltrame, op.cit., p.2.

Fig.16. Claude Monet, 1873. *Les Coquelicots*. Lo schema mette in evidenza l'efficacia del gradiente di dimensione nella configurazione della profondità.

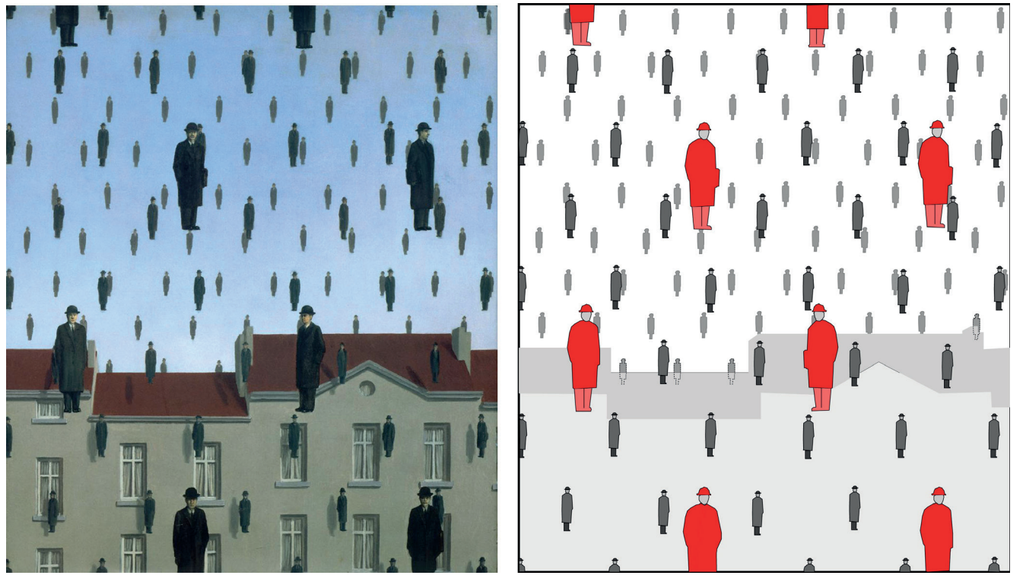


Fig.17. Renè Magritte, 1953. *La Golconde*; il principio di grandezza relativa consente di formulare una valutazione dimensionale degli oggetti rappresentati.

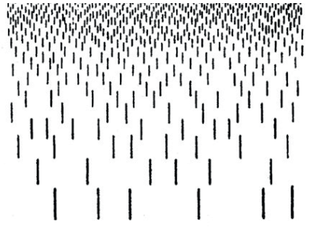


Fig.18. James J. Gibson, 1950; gradiente di tessitura.

Beltrame, «la strutturazione del tracciato come bidimensionale richiede […]la costruzione mentale del piano del disegno e, di solito, anche la sua localizzazione spaziale; su tale piano, poi, sono pensate le varie linee e regioni che vanno a comporre la struttura spaziale bidimensionale. […]. Il punto è far scattare di fronte al tracciato prospettico la molla iniziale che incanali l'attività mentale verso la strutturazione di uno spazio tridimensionale»[76]. Oltre all'angolo visivo, infatti, nell'interpretazione spaziale entrano in gioco tutte le informazioni sulla stereometria di ciò che stiamo visualizzando, come l'illuminazione, il gioco di chiari e di scuri, di luci e di ombre, che ci aiutano ad attribuire una dimensione, una forma e una collocazione agli oggetti. Tali informazioni, che abitualmente si acquisiscono durante la nostra azione dinamica nell'ambiente tridimensionale, nello spazio pittorico possono essere del tutto assenti[77]. Sono, ancora una volta, le scelte condotte dall'autore che guidano una pura astrazione formale verso il processo interpretativo della significazione.
Nella nostra disamina dei codici che ci conducono all'interpretazione dello spazio pittorico, entra in gioco, anche il "principio di costanza visiva", che ci consente di attribuire uguale dimensione a figure simili seppur visualizzate con diversa misura o posizione. Nel caso della *Golconde*, se non fossimo portati ad associare le numerose sagome fluttuanti a un unico simbolo noto, quello di un uomo con cappello, non potremmo percepirne la variazione dimensionale. È questa analogia percettiva che consente di costruire un legame relazionale tra le immagini del dipinto, altrimenti interpretabili come frammenti sconnessi e autonomi.
Quando Gibson, nel 1950, sviluppa il suo schema per esemplificare il "gradiente di tessitura" (Fig.18), lo fa usando lo stesso segno grafico (un segmento) e un orientamento distributivo sulla superficie del foglio. «Qualsiasi aspetto percettivo – la forma, la gradazione di chiarezza, il colore, la collocazione spaziale, il movimento ecc, - può consentire l'unificazione per somiglianza»[78]. Anche Monet, nel suo *Campo di papaveri*, usa lo stesso cromatismo e una particolare distribuzione spaziale, facendo sì che lo sguardo aggreghi le pennellate rosse per "somiglianza", riconducendole all'idea del fiore. In questo modo, è possibile leggere il graduale infittirsi della *texture* relazionandolo alla sua riduzione dimensionale. Anche questo gradiente, infatti, risponde ai principi della prospettiva lineare, pertanto la densità della *texture* incrementa con la distanza. In assenza di simili

76 *Ivi*, p.13.
77 Cfr. *Ivi*, p.4.
78 Arnheim, 1997, op.cit., p.82.

nessi associativi, l'effetto sarebbe stato totalmente diverso, con una preclusione dell'efficacia prospettica.
Esempi come *Ricordo di Raul di Tancredi* (1953) o *Superficie 419* di Capogrossi (1950) (Fig.19, Fig.20) consentono di osservare come, in questi casi, l'influenza della struttura globale non abbia la forza sufficiente per comunicare un effetto prospettico. In entrambi i dipinti, sono raffigurati elementi simili, replicati con diversa dimensione e si possono generare associazioni di somiglianza per colore o forma, ma le relazioni che si instaurano, da sole, non sono sufficienti a trasmettere il senso di convergenza, indispensabile alla percezione della profondità. Seguendo ancora le ragioni di Arnheim, ciò che manca in questo caso, è la possibilità di una semplificazione percettiva del *pattern* in favore della tridimensionalità, cosicché ha la meglio la configurazione bidimensionale[79].
Per rafforzare lo sfondamento prospettico, Magritte somma più indizi di profondità: oltre quelli citati, usa anche i gradienti derivanti dalla prospettiva aerea, così definita da Leonardo per descrivere la perdita di nitidezza delle immagini distanti, dovuta non solo a un intensificarsi degli stati d'aria che si interpongono tra l'osservatore e l'oggetto, ma anche a una naturale difficoltà dell'occhio umano nel mettere a fuoco le immagini man mano che si allontanano[80]. Anche gli "indizi d'ombra" collaborano all'interpretazione spaziale guidata dall'artista. Gli aloni scuri che si piegano sulle superfici delle case, offrono allo sguardo più di un'informazione: distanza dell'oggetto dal piano di proiezione, forma e inclinazione di quest'ultimo, direzione della fonte luminosa e convergenza prospettica. In tal modo, le ombre danno un notevole contributo alla collocazione spaziale degli elementi rappresentati.
Ma con Magritte l'uso del contrasto luce-ombra può trovarsi anche in una relazione drasticamente controversa. Nel dipinto *Empire-lumieres* la coesistenza di due condizioni luministiche inconciliabili nella realtà, spalanca la porta del dubbio: è giorno o notte? L'osservatore, colto dall'incertezza, non trova risposte nel quadro, che appare nettamente scisso in due zone, ognuna coerente a sé stessa e prive di interlocuzione: il paesaggio con casa e alberi immerso nel buio e un luminoso cielo azzurro timidamente annuvolato (Fig.21). Figura e sfondo rintracciano i loro confini di demarcazione, proprio grazie a una figurazione surreale, che consente il contatto visivo tra due condizioni opposte e distanti nel tempo. Ma il pittore, che non ha vincoli di alcun tipo nel rapporto con la gestione dei suoi strumenti

Fig.19. Tancredi Parmeggiani, 1953. Ricordo di Raul.

Fig.20. Giuseppe Capogrossi, 1950. superficie 419.

79 Cfr. *ivi*, p.207.
80 Cfr. Triggianese, op.cit., p.57.

Fig.21. Renè Magritte, 1953-54. *Empire-lumieres.* La coesistenza di due condizioni luministiche inconciliabili determina una separazione dell'immagine in due zone autonome, come evidenziato nello schema.

espressivi, può liberarsi dei condizionamenti, temporali, spaziali, e materiali, per svelare l'invisibilità; per aprire allo sguardo il potenziale comunicativo del segno grafico. L'artista, quindi, destreggia sapientemente tutti gli strumenti del linguaggio figurativo, utilizzando i principi della teoria gestaltica, ma lo fa con un intento sovversivo: non per dare all'immagine pittorica sembianze familiari, quanto per trasfigurare la nostra immagine preconcetta del mondo, costruita con l'esperienza e che è all'origine delle nostre aspettative percettive. Così Magritte si allontana radicalmente dal simbolismo delle rappresentazioni classiche per liberare la figurazione dalle sovrastrutture culturali che impediscono di osservare il segno grafico per quello che è, svicolato dal legame con "la cosa" che pensiamo sia

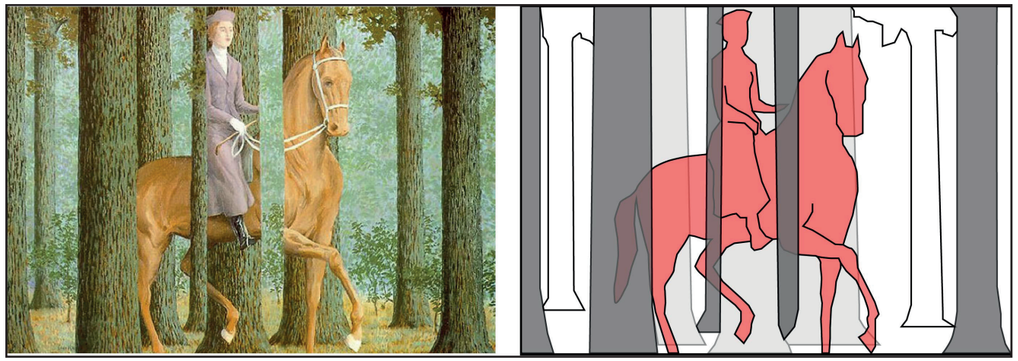


Fig.22. Renè Magritte, 1965. *Le lanc Seing*. Lo schema evidenzia l'ambiguità del comportamento amodale.

rappresentata[81]. È proprio sul rapporto tra ciò che crediamo di sapere e ciò che realmente vediamo che Magritte costruisce l'effetto di spaesamento procurato dalle sue raffigurazioni e la meticolosa gestione degli indizi di profondità è un ingrediente essenziale di questo choc visivo. Nel quadro *Le blanc seing* è emblematico l'uso ambiguo della relazione "figura-sfondo" e del criterio di "sovrapposizione". L'immagine della donna e del suo cavallo si alterna a quella del contesto alberato in una sorta d'intreccio visivo che rende impossibile un giudizio sulle reciproche posizioni spaziali. Vediamo la donna a cavallo celare porzioni dello sfondo che, contemporaneamente, in alcuni tratti, è spinto in avanti dall'illusione che copra a sua volta la coppia (Fig.22). L'ambiguità figurativa fa sì che il comportamento amodale si realizzi in entrambe le condizioni con una conseguente alternanza dei ruoli di figura e sfondo. Il completamento amodale si verifica quando due immagini distinte appaiono come parti di un elemento unico, ma interrotto visivamente da un occludente[82](Fig.23). Si tratta di un'integrazione che avviene a livello cognitivo, sopperendo alla parte che si ritiene nascosta anche quando le figure osservate non siano familiari. Tale fenomeno è connesso al principio di "coerenza formale" o del "destino comune" in base al quale: «quelle parti di una figura che formano una "curva buona" […] si costituiscono in unità con facilità maggiore che le altre. Questa legge […] ci aiuta a vedere separatamente oggetti che si trovano in contatto ottico tra loro»[83] (Fig.24). Arnheim si sofferma a lungo sulle ragioni di questa reazione inconscia, giungendo a prospettare una casistica ampia, in cui l'esito percettivo dipende dalla morfologia e dalla complessità della configurazione. Quando due contorni si toccano o si incrociano interrompendosi, alcuni parametri incidono nella maggiore propensione al completamento dell'una o dell'altra figura. Si è inclini, ad esempio, a vedere in primo piano la sagoma più semplice in quanto il nostro sistema percettivo ha difficoltà a ricostruire profili complessi o non esperiti in passato, inoltre, una discontinuità del profilo nel punto di contatto, viene interpretata come interruzione dello stesso (Fig.25)[84].

81 Cfr. Taddio, Luca. "Fare cose con i fenomeni. Immagini e percezione: Magritte e la natura delle rappresentazioni pittoriche." *Rivista di estetica: Arte, psicologia e realismo* 48 (2011): 175-201

82 Cfr. *ivi*.

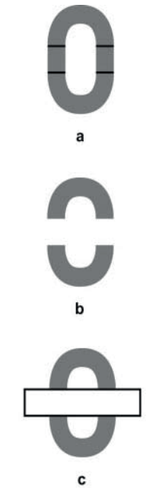


Fig.23. Gaetano Kanizsa 1991: esempi di presenza modale (a), rappresentazione mentale (b) e presenza amodale (c).

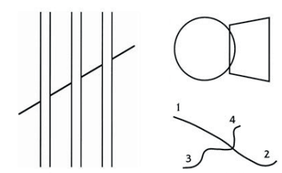


Fig.24. fig.24 Gestalt. Legge della curva buona.

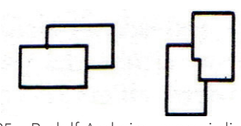


Fig.25. Rudolf Arnheim. esempi di occlusione.

Rob Gonsalves, nel suo dipinto *The sun sets sail splash*, interviene proprio sulla definizione dei contorni per generare l'effetto di ambiguità tra figura e sfondo (Fig.26). Qui il passaggio avviene con gradualità tramite una minuziosa modifica dei caratteri grafici che chiudono le forme. Da sinistra verso destra, il nitido profilo del ponte comincia a sfrangiarsi per tramutarsi in cielo e, simultaneamente, i contorni incerti delle nubi acquistano la nettezza delle vele gonfiate dal vento, mentre le timide colline prendono, con chiarezza, la forma degli scafi. Questo passaggio è accompagnato da un altrettanto graduale incremento del contrasto cromatico man mano che le sagome acquisiscono maggior definizione. L'effetto generale è quello di una transizione incrociata che, nella parte centrale, raggiunge il momento di maggior ambiguità.

Nel dipinto di Magritte, invece l'equivoco visivo figura-sfondo, pervade l'intera inquadratura e scaturisce dalla sussistenza di più fattori: l'interruzione dei contorni di entrambe le componenti, un certo equilibrio nella complessità formale e una "buona" continuità di entrambi i profili; quello dei tronchi d'albero e quello della donna a cavallo. Anche la scelta di soggetti estremamente familiari all'esperienza visiva umana facilita la ricostruzione, a livello mentale, dei contorni mancanti e, di conseguenza, l'illusione che le immagini non siano frammenti separati, ma unità figurali complete e parzialmente occluse.

Se, comunemente, l'immaginazione riesce a ricostruire le lacune visive, nel *Le blanc seing* l'osservatore non è in grado di trovare riferimenti noti per l'alternanza figura-sfondo e, pertanto, giudica la configurazione priva di logica. Una condizione, del tutto inedita, genera nell'osservatore un senso di forte disorientamento, dal momento che mai si verifica nell'esperienza visiva del mondo fisico dove, ciò che è più vicino all'osservatore, copre

83 Katz, op.cit., p.44.

84 Cfr. Arnheim, 1997, pp.207-209.

Fig.26. Rob Gonsalves, 2001. The sun sets sail spash.

sempre tutto quanto è più lontano. Una tale sovversione dei canoni pittorici è voluta da Magritte e nasce da una profonda conoscenza dei processi percettivi e delle regole gestaltiche. È questo il suo modo per svelare allo sguardo un "ordine nuovo", portato dalle immagini; immagini che, in questa veste, si mostrano come tali piuttosto che come *mediu*

Tuttavia, il coraggioso esperimento magrittiano può sortire effetti inattesi qualora i sistemi percettivi di una persona non rispondano come di consueto. Se le regole elencate fin qui, hanno un valore nel guidare l'osservatore verso la spazialità della rappresentazione grafico-pittorica, ne consegue che la loro sovversione potrebbe generare esiti contrastanti o anche opposti alle aspettative, qualora fosse calata in un contesto non neurotipico. Nel caso di persone autistiche, ad esempio, nelle quali è frequente una percezione a "tunnel", la tendenza a un'attenzione selettiva potrebbe indurre un'ulteriore frammentazione della scena, con una compromissione anche totale del principio di destino comune. In assenza di una coerenza formale, potrebbe quindi verificarsi che nessuna delle sagome venga letta in continuità con le altre, restituendo una sensazione di insostenibile rumore visivo e di iperstimolazione sensoriale.

Naturalmente, gli indizi pittorici non sono gli unici a condizionare l'*iter* di decodifica dello spazio rappresentato. Come accennato, entrano in gioco anche indizi di movimento (movimento di parallasse, cfr. glossario, effetti cinetici di profondità) e fisiologici (visione binoculare, vergenza, accomodazione), con un funzionamento non sempre identico per tutti. Di

norma, grazie alla presenza dei nostri due occhi, il sistema visivo produce due immagini retiniche lievemente diverse che, fuse a livello cerebrale, ci restituiscono la sensazione della tridimensionalità. Nelle persone in cui è presente una *stereoblindness*, ad esempio, la visione binoculare è compromessa dall'incapacità di mettere a confronto le informazioni di profondità recepite dalle immagini dei due occhi[85]. In altri casi, quando il meccanismo di fusione delle due immagini è compromesso, si genera una visione doppia o "diplopia" [86]. Non esiste un nesso diretto tra l'autismo e tali *deficit*, né le problematiche percettive spesso rilevate si attribuiscono a compromissioni a livello fisiologico, ma le diffuse analogie tra i comportamenti di persone *ASD* e persone con deprivazione sensoriale, oggi spinge la ricerca scientifica verso uno studio comparativo tra le diverse casistiche; ne sono un esempio le ricerche di Gense e Gense, che nel 1994 riscontrano similitudini tra i comportamenti dei bambini autistici e quelli con disturbi visivi[87]. Tale argomento verrà pertanto ripreso successivamente, approfondendo gli aspetti più specifici delle percezioni sensoriali nell'autismo.

2.3. L'ambiente virtuale e la comunicazione dello spazio

Negli ultimi anni lo sviluppo dei sistemi di *VR* ha aperto nuove frontiere di ricerca nello studio della cognizione spaziale. Tale fenomeno, come anticipato in precedenza, muta in considerazione dell'oggetto della nostra attenzione: vedere l'architettura è cosa diversa dal vedere un'immagine dell'architettura; in tal caso il messaggio visivo è ulteriormente decifrato da una doppia sintesi e interpretazione dell'operatore e poi dell'utente, che dovrà decodificare i segni grafici come elementi fisici e compositivi dello spazio. Questo *iter* è complicato da una moltitudine di processi individuali che agiscono a livello inconscio e che, pertanto, possono variare in base a condizionamenti culturali o ad anomalie nel sistema percettivo[88]. Per questo è importante non solo comprendere la risposta dell'uomo agli stimoli trasmessi dallo spazio, ma anche valutare come essa cambi in relazione ai differenti *media* che veicolano il messaggio figurativo. Le ambientazioni in realtà virtuale, infatti, sebbene scaturiscano da un'azione grafica, non possono essere assimilate e descritte genericamente come una qualsiasi rappresentazione. Le differenze sono sostanziali, non solo perché cambia il tipo di supporto grafico, che nella *VR* non subisce i limiti del piano bidi-

85 Cfr. Jerald. Op.cit., P.121.
86 Cfr. *ibidem*.
87 Cfr. Bogdashina, op cit. p.30.
88 Cfr. §2.1 e §2.2.

mensionale, ma anche perché entra in gioco un diverso rapporto tra l'immagine e l'osservatore.
Per dirla con le parole di Stephan Günzel: «There is a central medial difference between simulation pictures and classical forms of pictures, namely that while conventional pictures were constituted by pictorial space or an "image-space," interactive pictures on the contrary present a "space-image"»[89].
In sintesi, si passa da uno spazio "osservato" entro gli schemi di un'inquadratura in cui si realizza un'immagine dello spazio, a uno spazio "vissuto" dove lo spazio è immagine. Nei media tradizionali, anche passando da un'immagine statica a una dinamica dei video, l'utente ha un ruolo passivo che non interferisce né può condizionare l'azione. Al contrario, nella *VR* la narrazione non può svolgersi in assenza di un'azione da parte di chi guarda. Quando l'esperienza percettiva implica una percorrenza motoria, seppur simulata, entrano in gioco processi cognitivi integrati, nei quali non è coinvolto esclusivamente il senso della vista, ma anche i recettori del movimento, come quelli dell'apparato vestibolare e aptico (in relazione alla complessità dei dispositivi *VR* impiegati, cfr. glossario). Perché ciò avvenga non è indispensabile una locomozione di tutto il corpo, ma è sufficiente la sola rotazione della testa, necessaria a cogliere l'interezza di una scena che si estende oltre il campo visivo umano[90]. È il caso delle immagini panoramiche a 360 gradi (cfr. glossario), che sono frequentemente alla base delle scene di realtà virtuale. «È una questione fisiologica, il corpo e non solo la vista diviene il tramite per mezzo del quale esperire ambienti tridimensionali»[91]. Si passa quindi dall'osservazione alla "navigazione", durante la quale l'inquadratura visiva non è delimitata da cornici e lo spazio diventa un luogo da esplorare attivamente e in prima persona. Un'altra fondamentale differenza tra le immagini tradizionali e le rappresentazioni di *VR* riguarda la possibilità d'interazione; azioni e reazioni che avvengono quasi in tempo reale, similmente a quanto accade nel mondo fisico.
L'interazione pone l'utente in una condizione attiva rispetto allo spazio circostante, a partire dalla semplice scelta di cambiare punto di vista e quindi di osservare l'ambiente da una posizione differente; condizione irrealizzabile, sia nell'osservazione di una qualsiasi immagine statica, sia quando si

89 Gunzel, Stephan. "The space-image. Interactivity and spatiality of computer games." *Philosophy of computer Games* (University press), 2008., p. 171.
90 Cfr. Rossi, Daniele, e Alessandro Olivieri. "First person shot: la prospettiva dinamica interattiva negli ambienti virtuali immersivi." *Convegno UID*. Perugia: Gangemi Editore International, 2019. 977-984.
91 *Ivi*, p.978.

sta guardando un'azione filmica, nella quale l'inquadratura è scelta definitivamente dal regista in fase di ripresa.
La *VR* resta, tuttavia, una simulazione e, pertanto, così come in qualsiasi rappresentazione grafica, l'azione dell'operatore ha un ruolo prioritario nel veicolare, ostacolare oppure favorire il processo cognitivo che guida alla comprensione dello spazio e alla decodifica dei suoi codici figurativi. Nella maggioranza dei casi, tutto ciò che è presente in un ambiente realizzato in *computer graphic* (*CG,* cfr. glossario), è stato posto lì per uno scopo e pertanto le sue caratteristiche morfologiche ed estetiche sono il risultato di scelte mirate[92]. Quando ciò avviene la realtà virtuale può essere considerata uno strumento di comunicazione.
Secondo Jason Jerald, infatti, il dialogo non deve necessariamente avvenire tra due o più persone, ma anche tra uomo e tecnologia e, nel caso particolare della realtà virtuale, se questa è ben progettata, si stabilisce «una collaborazione tra uomo e macchina in cui sia software che hardware lavorano in armonia per consentire una comunicazione intuitiva con l'uomo»[93]. In particolare, quando l'obiettivo finale è lo scambio d'informazione, il progettista può operare affinché l'intermediazione risulti quanto più possibile trasparente, in modo che l'utente si senta protagonista unico di un'esperienza, apparentemente priva di filtri interpretativi. In questo caso la comunicazione tra l'ambientazione virtuale e l'osservatore è definita "diretta"[94] e l'utente agisce nello spazio simulato interagendo con gli stimoli trasmessi dal sistema tecnologico come se si trovasse nel mondo reale.
Avere la sensazione di trovarsi in uno spazio fisico è uno degli aspetti più importanti di un sistema *VR*, in quanto, alti livelli di presenza (cfr. §2.4.3 e glossario) consentono di preservare molte delle caratteristiche visuo-spaziali interessate durante l'interazione con un ambiente reale[95]. Nessun altro *medium* circonda la persona in modo così avvolgente da farla sentire protagonista dell'azione, dandole la possibilità di guardare attorno a sé in qualsiasi direzione e in ogni momento. Per questo la progettazione dev'essere centrata sull'utente, studiandone approfonditamente la risposta agli *input* del sistema. Richiamando ancora le parole di Jason Jerald: «un sito web con un design sbagliato è ancora utilizzabile. Una VR con un design

92 Cfr. McGregor, Georgia Leigh. "Gamespace. Play & Architecture in Videogames." *Doctoral thesis of Philosophy*. New South Wales: School of Media Arts, University, 2009.
93 Jerald, op.cit. p.10.
94 Cfr *ibidem*.
95 Cfr. Morganti, Francesca, e Giuseppe Riva. *Conoscenza, comunicazione e tecnologia. Aspetti Cognitivi della Realtà Virtuale*. LED on line, 2005. p. 96.

sbagliato farà ammalare l'utilizzatore»[96]. Analizzare le risposte percettive dell'uomo all'ambiente virtuale consente, quindi, di dosare in maniera mirata le informazioni trasmesse e approdare a un contesto immersivo, che comunichi con efficacia i suoi contenuti. Bisogna infatti considerare che le caratteristiche del processo visivo, in ambiente immersivo, sono diverse da quelle messe in atto nella realtà[97] così come differiscono rispetto all'osservazione di un qualsiasi supporto piano, di un *display* tradizionale o dello schermo di un computer (Tab.1).

Tab.1. Adams Ernest; confronto tra differenti percezioni visive: una in vivo, l'altra durante l'osservazione di un monitor.

VISUAL PERCEPTION IN REAL WORLD	VISUAL PERCEPTION WHEN VIEWING A MONITOR SCREEN
Both eyes operating together have an overlapping horizontal field of view of 120°. The combined area, including monocular regions at the edges is 180-200°.	The visual angle is 40–60°, depending on the size of the monitor screen and the distance from it that the viewer sits. (This assumes a desktop computer monitor at ~50cm. The angle is smaller for television sets viewed from 2m.)
Vision is fully stereoscopic	Vision is not stereoscopic unless *VR* (virtual reality) goggles are worn
The eye is capable of perceiving a light intensity range on the order of 1016 levels	The light intensity range of a 24-bit monitor is 255 levels
The viewer can experience total darkness	Total darkness is not within the architect's control. The viewer determines the light level of the room in which the monitor is placed.
The visual image is perceived to be steady	The image flickers at a rate of 50Hz for standard European television sets, up to ~100Hz for high-resolution computer monitors.
Both eyes together possess ~250 million receptor cells	An ordinary TV pictu*re* contains approximately 250,000 pictu*re* elements
Focus adjusts automatically as the viewer's attention changes	The focus of the image is fixed.

In questo caso, infatti si può cambiare angolo visuale senza che ciò incida in maniera sostanziale sull'esperienza visiva e conoscitiva, mentre nella realtà virtuale l'osservatore può visualizzare la scena da differenti prospettive ricevendo, di volta in volta, immagini, sensazioni e informazioni diverse. Questa possibilità incide radicalmente nella capacità di organizzare mappe mentali che agevolino l'orientamento e la comprensione dello spazio. Ciò avviene prevalentemente per alti livelli di presenza, obiettivo che oggi è al centro delle ricerche sulle tecnologie immersive, al fine di migliorare la conoscenza spaziale portandola a livelli equiparabili a quella di ambienti

96 Jerald, op.cit., p.261.
97 La tabella riporta un confronto tra la visione nello spazio fisico e la visione in VR. Dati di Ernest, Adams. "The construction of ludic space." *level up conference proceeding.* Utrecht, The Netherlands: DiGRA, 2003.

non simulati[98]. «Il processo di presenza è un processo cognitivo autonomo, differente ma correlato ad altri processi come la coscienza o l'attenzione, che ha il compito di verificare la congruenza tra le aspettative e l'azione. Essere coscienti dell'ambiente in cui mi trovo significa essere consapevoli della presenza dell'ambiente e delle sue caratteristiche»[99]. Dal momento che l'apprendimento in *VR* è relazionato alla possibilità di operare, scoprire, osservare senza apparenti mediazioni, risulta più naturale, se paragonato a metodi educativi di tipo "simbolico-ricostruttivo", come quelli mediati dalla scrittura[100]. È uno dei motivi per cui un percorso di conoscenza in ambiente immersivo può essere più immediato rispetto ai tradizionali metodi di apprendimento, non solo perché più familiare, ma anche in quanto alcune fasi di tale processo cognitivo possono ricondursi a quelle messe in atto nel quotidiano. Nell'ambito della ricerca scientifica, tali similitudini hanno, in parte, agevolato la comprensione dei fattori che maggiormente incidono sull'efficacia comunicativa e pedagogica dell'esperienza.
Morganti e Riva riportano a tal proposito, una ricerca nata dalla collaborazione tra la *Facoltà di Scienze della Comunicazione dell'Università della Svizzera Italiana* e il *Dipartimento di Psicologia dell'Università di Torino*, sull'efficacia degli ambienti virtuali per la comprensione dello spazio. I ricercatori partono proprio dagli stessi presupposti delle esperienze pedagogiche in vivo, ovvero dallo studio dei meccanismi della percezione, del movimento e della sinestesia[101]. Il presupposto su cui si basa questo studio è, infatti, che la conoscenza spaziale non sia il risultato di una sequenza aggregativa di informazioni provenienti dal mondo esterno, quanto piuttosto un processo situato, durante il quale mente e ambiente si confrontano secondo meccanismi di "percezione-azione"[102]. Secondo il gruppo di ricerca l'analisi della conoscenza spaziale in *VR* può basarsi sugli stessi principi, dal momento che in tali casi, le informazioni provenienti dagli ambienti permettono all'utente modalità interattive che sono possibili anche in un contesto non simulato. Ad esempio, la possibilità di orientarsi costruendo una mappa mentale efficace è data dalle modalità di navigazione e quindi, principalmente, dalla possibilità di mantenere una prospettiva egocentrica[103], ovvero l'approccio visivo con cui quotidianamente osserviamo e costruiamo il nostro bagaglio esperienziale. Nonostante, infatti noi interagia-

98 Cfr. Morganti et al., 2005, op. cit., p. 96.
99 *Ivi*, p. 59.
100 Cfr. *ivi*. p. 63.
101 Cfr. *ivi*, p. 98.
102 Cfr. *ivi*, p. 99.
103 Sulle tipologie di inquadratura in VR vedi anche §2.4.

mo col mondo in modalità multisensoriale, è tramite la vista che riusciamo ad avere informazioni più precise e rapide sulla nostra collocazione spaziale e sulla direzione di movimento, dal momento che essa abbraccia un campo d'azione estremamente più ampio rispetto agli altri sensi[104]. In più, la visione egocentrica ha una funzione cardine nella nostra azione di orientamento, in quanto è durante questa modalità visiva che mettiamo in atto quello che viene definito "occhio dominante", ovvero quel tipo di osservazione che, tramite il movimento oculare, ci consente compiti di avvistamento e che, pertanto, influenza i nostri giudizi di direzione, di linearità, di centralità o di eccentricità[105].
Nello sviluppo delle differenti ambientazioni per lo studio della conoscenza spaziale, il gruppo di ricerca ha mantenuto le stesse caratteristiche formali per tutti gli elementi compositivi: altezza delle pareti, larghezza delle superfici percorribili, illuminazione, definizione delle *texture.* Anche le impostazioni di visualizzazione (angolo visivo, quota del punto di vista) e i parametri di navigazione (gradi li libertà e velocità del movimento) restano inalterate nel passaggio tra un'ambientazione e l'altra. Utilizzando gli stessi caratteri estetici sia per spazi chiusi che per quelli all'aperto e variando, invece, gli schemi distributivi, gli utenti hanno la possibilità di prendere dimestichezza con gli scenari nel passaggio dalla fase di *training* (Fig.27) a quella di esercizio (Fig.28), dove vien chiesto loro di prestare particolare attenzione agli aspetti dell'ambientazione.

Fig.27. Franceca Morganti, Giuseppe Riva, 2005. Ambientazione di *training*.

104 Cfr. Jerald, op.cit., p.111
105 Cfr. *ivi*, p.112

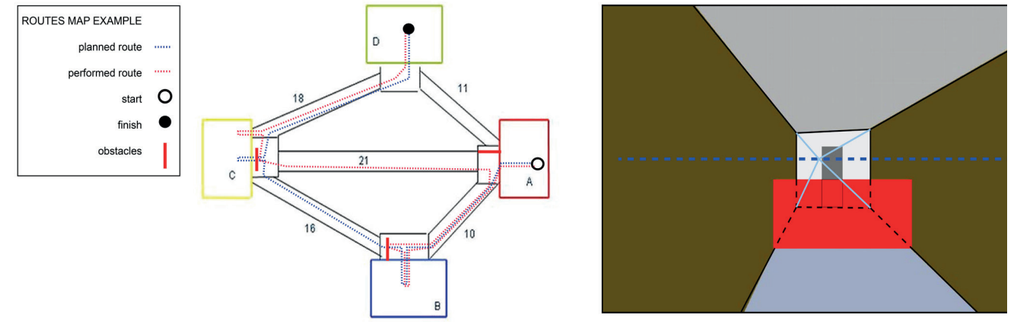


Fig.28. Ipotesi di possibili percorsi e schema spaziale di uno degli ambienti di esercizio dell'esperimento di Francesca Morganti e Giuseppe Riva.

Una sostanziale differenza riguarda la modalità di navigazione all'interno degli spazi, esperibili o in totale libertà esplorativa o in modalità guidata (tramite un *tutor* virtuale) nella selezione dei percorsi. Negli ambienti di esercizio, ovvero stanze e corridoi chiusi, I ricercatori operano volutamente la scelta di non caratterizzare le architetture, né le superfici delle ambientazioni, scegliendo *texture* uniformi, colori neutri, assenza di effetti luministici e ombreggiature, adottando ovunque un'illuminazione ambiente[106]. Le stanze, sebbene prive di alcuna caratterizzazione architettonica o decorativa, sono distinguibili per colore e presentano come unica via d'accesso-uscita, una porta che viene automaticamente chiusa al passaggio, in modo da non consentire introspezione all'esterno. Vista l'essenzialità della rappresentazione e delle informazioni visive, qui l'uso dei contrasti cromatici risulta essenziale all'interpretazione della spazialità. Superfici orizzontali e verticali sono identificate da colori differenti e campiture piatte che formano sagome nitidamente definite. In assenza di altri gradienti spaziali, l'unico indizio di profondità è la deformazione, ovvero la convergenza di quelle tracce che interpretano gli spigoli tra pareti e soffitto (Fig.28). Pertanto, come specifica il gruppo di ricerca, «non vi sono prospettive facilmente riconoscibili»[107]. L'assenza di elementi di riferimento può complicare anche la percezione delle posizioni nello spazio e l'interpretazione delle distanze, ma, come accennato in precedenza, si tratta di scelte dettate dal-

106 Nella VR sono possibili tre tipologie d'illuminazione: illuminazione ambiente", "illuminazione locale" e "illuminazione globale". La prima modalità rappresenta l'ambiente illuminato da una luce diffusa e non direzionale che non tiene in conto delle qualità fisiche delle superfici, pertanto l'effetto restituito sarà irreale, piatto e privo di ombreggiature. Cfr.§2.4
107 Morganti et al. op.cit., p. 108.

la volontà di non fornire, in questa fase dell'esperimento, alcun *landmark*. In tal modo vengono eliminate possibili interferenze percettive nella comprensione spaziale e nell'acquisizione del senso di orientamento, così da osservare in che modo le informazioni provenienti dal contesto, siano "percepite, memorizzate e utilizzate" nell'interazione con l'ambiente virtuale[108]. In questa fase l'utente deve pianificare i suoi percorsi per riuscire a esplorare tutte le stanze e, a tale scopo, ha la possibilità di visualizzare una planimetria generale (Fig.28). La conoscenza spaziale viene valutata sulla capacità dei partecipanti, in fase di esercizio, di aggirare ostacoli non visibili durante la pianificazione del percorso e collegare, così, parti dello spazio in un ordine diverso da quello programmato. Gli studi hanno infatti dimostrato come, la capacità di acquisire dallo spazio informazioni utili alla costruzione di mappe mentali funzionali all'orientamento, non dipende dalla veridicità della rappresentazione, quanto invece dalla presenza spaziale e dalla sensazione di agire in prima persona nell'interazione con l'ambiente. Il senso di presenza influisce sulla predisposizione esplorativa e di conseguenza sulla capacità cognitiva di immagazzinare immagini mentali dello spazio in cui si opera; nelle successive esperienze, queste immagini fungeranno da *landmark* favorendo l'orientamento spaziale tramite la loro interconnessione, anche con sequenze diverse dalla prima esplorazione. La percezione dello spazio esplorato è costruita dal cervello in base alla successione di vedute e di eventi che si sono verificati durante la navigazione[109]. L'utente, pertanto, effettua una scelta, collegando anche punti dello spazio non esperiti in continuità, per creare percorsi ottimali ed eventuali scorciatoie nel raggiungimento della meta.
La ricerca mette in risalto aspetti importanti per una strutturazione dell'apparato grafico *VR*, tale da consentire l'acquisizione di una conoscenza complessa come quella spaziale. A tale scopo, risulta prioritaria la scelta di un punto di vista che supporti il senso di presenza e l'inserimento di riferimenti visivi chiaramente riconoscibili piuttosto che un'alta qualità della rappresentazione e un realismo nella figurazione delle scene. «Si può notare, infatti, come questa capacità sia possibile anche in un ambiente dalle caratteristiche percettivo/sensoriali non ottimali se il senso di presenza in esso viene garantito dalla ottimale possibilità di interazione.
Se le *affordance* all'azione sono contemplate nella creazione di un ambiente, i partecipanti saranno in grado di coglierle anche in assenza di stimolazioni percettive ottimali e di utilizzarle per le proprie specifiche finalità»[110].
Gli ambienti miranti alla conoscenza spaziale, vengono sviluppati con specifiche caratteristiche in base agli obiettivi di apprendimento; lo studio riprende schemi spaziali di esperimenti precedenti[111] in cui gli ambienti aperti e di larga scala, non percepibili a colpo d'occhio, sono più adatti all'osservazione dei percorsi esplorativi e quindi dell'orientamento, mentre ambienti più piccoli agevolano lo studio relativo alla collocazione e memorizzazione degli oggetti nello spazio.
Nello scenario virtuale, le modalità di movimento e il punto di vista, non sono vincolati, come nella realtà, dal momento che nello spazio virtuale non esistono costrizioni legate alla fisicità; pertanto il punto di osservazione può cambiare in maniera del tutto dissociata rispetto alla posizione dell'*avatar*. Queste scelte condizionano fortemente la percezione spaziale e, nel design di ambienti simulati, dipendono essenzialmente dallo scopo che sottende il progetto. Molte applicazioni di gioco, ad esempio, danno la possibilità di manipolare la "camera virtuale" con più gradi di libertà aumentando, così, le sensazioni e le informazioni ricevute dallo spazio e amplificando il coinvolgimento emozionale. Genericamente, nella *VR* sono consentite tre principali tipologie di visualizzazione; per definirle ci rifacciamo alle descrizioni di Britta Neitzel del 2013[112] (Fig.29).
Punto di vista soggettivo: se la posizione da cui lo spazio di gioco viene presentato coincide con la posizione dell'*avatar*
Prospettiva semisoggettiva: quando il punto di vista è connesso alle azioni dell'*avatar*, ma non coincide con la sua posizione
Punto di vista oggettivo: quando la prospettiva non è connessa alla posizione e ai movimenti dell'*avatar*.
Tuttavia, esperimenti come quello di Morganti e Riva, dimostrano come la visione egocentrica consenta di acquisire le informazioni dal contesto con le stesse modalità messe in atto nella vita reale e, pertanto, i processi cognitivi attuati nelle due modalità, in vivo e virtuale, sono, da questo punto di vista, assimilabili. La possibilità di effettuare l'esperienza osservando il contesto in prima persona è, quindi, uno dei fattori che, incidendo prevalentemente sul senso di presenza, migliora la comunicazione con l'ambiente circostante. Dello stesso parere sono anche Mangione e Di Tore che sottolineano come, la possibilità di fare esperienze in visione soggettiva,

108 Cfr. *ivi*., p. 98.
109 Cfr. Di Tore, Pio Alfredo, Stefano Di Tore, Giuseppina Rita Mangione , e Felice Corona. "Spazio, movimento, prospettiva ed empatia: un prototipo di videogame didattico." *Form@re, Open Journal per la formazione in rete* 14, n. 3 (2014). p.53.

110 Morganti et al., op.cit., p. 113.
111 Per gli ambienti aperti vengono citati gli studi di: Rossano, Moak del 1998, Rossano, Reardon del 1999, Gaunet, Vidal, Kemeny, Berthoz del 2001, per gli ambienti chiusi: O'Neill del 1992, Richardson, Montello, Hegarty, del 1999. Cfr. *ibidem*.
112 Cfr. Di Tore, op.cit., p.54.

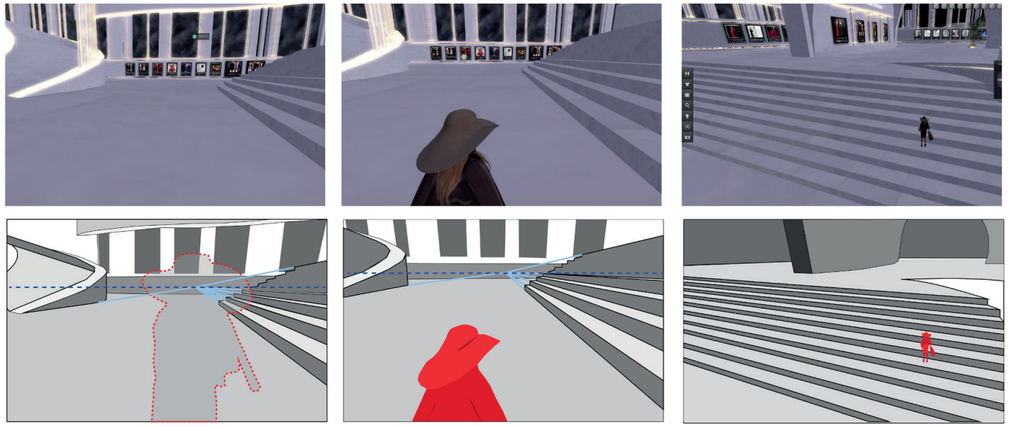


Fig.29. **a.** Punto di vista soggettivo. **b.** Punto di vista semisoggettivo. **c**. Punto di vista oggettivo.

contribuisca allo sviluppo di abilità cognitive che possono agevolare l'attribuzione di significato allo spazio. «La presa di prospettiva penetra nella dimensione più profonda delle percezioni corporee e mentali e stimola i meccanismi di simulazione consentendo al visitatore di immedesimarsi nell'esperienza finzionale»[113].

È proprio a partire dalla prospettiva adottata che la qualità delle informazioni recepite dal nostro sistema sensoriale, condurrà a una conoscenza efficace o, al contrario, inadeguata dello spazio esplorato. Mangione e Di Tore rimarcano il fondamentale ruolo dell'empatia nel determinare la capacità dell'utilizzatore di assumere una percezione coerente con lo spazio virtuale, fruito attraverso il corpo dell'*avatar*. Questa posizione va oltre la capacità di gestire le informazioni spaziali tramite l'immedesimazione nell'altro e il cambio di prospettiva; si tratta di una vera e propria trasmigrazione "extracorporea" che consente di essere sé stessi e qualcun altro allo stesso momento[114]. È, però, una capacità estremamente soggettiva e talvolta totalmente assente quando sussistano compromissioni della sfera sensoriale o neuronale. Secondo Berthoz: «Il passaggio da una codifica all'altra è legato allo sviluppo evolutivo dell'individuo»[115]. In condizioni di tipicità percettiva, se calato in un contesto immersivo, «il cervello umano produce una tensione continua a cambiare punto di vista, gettando le basi

113 Cfr. *ivi*, pp.43-61
114 Cfr. *ivi*, p.46
115 *Ivi*, p.48

dell'intersoggettività. Il cervello, in questa prospettiva è molto lontano dall'idea di elaborare degli stimoli provenienti dai sensi, ma rappresenta un creatore di mondi, un reality emulator»[116]. Questo processo non avviene a seguito di un'elaborazione computazionale delle informazioni in ingresso provenienti dall'esterno, ma è un'attività intrinseca di auto-regolazione e di compensazione dei processi cognitivi introiettati, che ha come risultante la produzione di immagini emulative della realtà[117]. Più siamo immersi nell'esperienza e più le attribuiamo significato, con il risultato di radicarla nella nostra storia personale interiorizzata, ovvero, nella nostra "realtà emulata". Non è importante che ci si trovi in un contesto fisico, in un sogno o in un mondo virtuale: Carassa, Morganti, Tirassa spiegano come sia la prospettiva soggettiva a giocare un ruolo fondamentale nell'attribuzione di significato al luogo, alla propria presenza lì e ai propri movimenti, dando una forma veridica al proprio costrutto mentale[118]. Non a caso, risale al 1932 uno dei primi film con alcune scene girate in soggettiva: in *Vampyr*, Carl Theodor Dreyer carica di forza espressiva il viaggio di una salma sul carro funebre, facendolo vivere con gli occhi del defunto.

Ancora più coraggiosa è la scelta di Robert Montgomery, in *Una donna nel lago* e di Dalmer Daves in *La fuga*, entrambi girati nel 1947 quasi esclusivamente in soggettiva; il punto di vista del protagonista e quello dello spettatore si sovrappongono in un'immedesimazione pressoché totale. In questo modo tutte le sensazioni dell'attore si trasferiscono all'osservatore con un'intensità e un'immediatezza sorprendenti.

Nel primo caso il punto di vista soggettivo rafforza l'attenzione su dettagli che sono indispensabili a tenere insieme la trama di un intrigato puzzle investigativo; nel secondo, la soggettività è funzionale a mantenere ignota l'identità del protagonista. In particolare Daves, anticipa in maniera pionieristica alcune caratteristiche specifiche della visualizzazione in *VR*, ad esempio, inquadrando parti del corpo del protagonista. Quest'espediente, nell'azione filmica come in ambiente virtuale, rafforza e migliora la percezione del proprio corpo nello spazio, dando informazioni sulle proprie dimensioni e distanze rispetto al mondo circostante.

Considerando i limiti tecnologici al tempo delle riprese, il potenziale narrativo dell'immagine filmica è riposto prioritariamente nella particolarità dell'inquadratura, capace di sollecitare il *transfer* tra osservatore e sog-

116 Cfr. *ivi*, p.46
117 Cfr. *ibidem*
118 Crassa , Antonella, Francesca Morganti, e Maurizio Tirassa . "A Situated Cognition Perspective on Presence." *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. California Digital Library, 2005. p.387

Fig.30. Daves Dalmer, 1947 Dark Passage.

getto dell'azione (Fig.30).Vivere l'esperienza in prima persona è talmente importante nel processo di conoscenza spaziale, che diventa secondario, non solo il realismo dell'ambientazione, ma anche l'identità in cui ci si immedesima.
Yugo Nakamura, direttore creativo dello studio grafico *Mono-Craft*, sperimenta l'interpretazione spaziale da punti di vista differenti, puntando proprio sulla capacità di assumere diverse identità attraverso la prospettiva soggettiva in realtà virtuale[119]. Il video, che si può fruire in modalità immersiva tramite un visore *Oculus Rift* (cfr. glossario), utilizza un sistema *point and teleport* per osservare la stessa scena da punti di vista differenti, immedesimandosi, di volta in volta, in un soggetto diverso (Fig.31): una persona, un quotidiano, un orologio da parete, una mosca, un ventilatore, un trenino giocattolo, ecc. La caratterizzazione dell'apparato grafico, seppur essenziale, è scrupolosamente dosata in funzione dell'obiettivo principale: la conoscenza dello spazio attraverso prospettive inedite all'occhio umano. La comunicazione delle caratteristiche spaziali è agevolata dalla semplicità delle forme e dalla uniformità delle *texture* che riducono il carico sensoriale trasmesso dall'ambiente. Quando il punto di osservazione si sposta, la possibilità di visualizzare parte del proprio *avatar* rafforza il senso di presenza, migliorando la soggettivazione dell'esperienza; a questo si aggiunge la maggiore definizione grafica del soggetto in primissimo piano rispetto al contesto circostante. È interessante osservare come, a ogni cambio di prospettiva, corrisponda una forte attenzione sui dettagli appartenenti all'osservatore virtuale, rispetto a quelli della scena circostante.
Per ciascun soggetto la rappresentazione si sofferma sulle qualità più ri-

Fig.31. Link al video *Point of View* di Yugo Nakamura.

119 Nakamura, Yugo. "Point of view." May 2017./

conoscibili, ovvero sui particolari che lo caratterizzano maggiormente; in alcuni casi i materiali, in altri il movimento. Anche in questo, quindi, lo studio grafico opera una scelta selettiva delle informazioni da comunicare. Ad esempio, quando la camera assume la posizione del quotidiano poggiato sul tavolo, i dettagli della sua *texture* sono talmente verosimili da trasmetterne visivamente anche le sensazioni tattili di porosità e ruvidità tipiche della carta di giornale, mentre il suo *layout* grafico resta schematicamente simbolico, anche se inequivocabilmente decifrabile (Fig.32).
Diverso è il trattamento di oggetti che si qualificano prioritariamente per il loro funzionamento, come il ventilatore o l'orologio di cui, in vista soggettiva, si descrive con estremo realismo la dinamica piuttosto che le qualità estetiche. Le pale del ventilatore generano effetti stroboscopici che sembrano dipendere, in maniera del tutto credibile, dalla velocità di rotazione, piuttosto che dalla perizia grafica e dalla scelta progettuale dell'operatore; le lancette dell'orologio, si spostano da una tacca all'altra del quadrante con un lievissimo movimento di ritorno, che riesce a trasmettere l'elasticità del moto e impossibile da percepire da qualunque altro punto di osservazione. Dal momento che si assumono punti di vista inediti allo sguardo umano, lo spazio svela, di volta in volta, nuove possibili interpretazioni di sé, come in una progressiva epifania visiva. Così, ad esempio, la stessa stanza può apparire dilatata, se vista con gli occhi di una mosca o, al contrario, far coincidere i suoi confini visivi con quelli di una fessura o di un foro (Fig.33); trasmettere un forte senso di verticalità, se il punto di vista è quello del ventilatore a soffitto, oppure di orizzontalità se si viaggia sui binari del trenino giocattolo (Fig.34).
A ogni cambio di posizione della camera, cambia non solo l'inquadratura, ma anche la modalità percettiva, in base alla quale l'ambiente assume nuove possibilità interpretative. Una forte azione di sintesi sui contenuti percettivi, tuttavia, rende sempre riconoscibile l'ambientazione e genera uno spazio essenziale, dalle caratteristiche morfologiche molto nitide, che comunica con immediatezza il suo *layout* organizzativo.
Tale chiarezza supporta l'interpretazione spaziale ogni volta che avviene un cambio di prospettiva. Quest'ordine, dove ogni elemento figurativo, ha una chiara posizione e funzione entro un costrutto globale denso di significati efficacemente comunicati, traduce il concetto di semplicità che Arnheim attribuiva alle "grandi opere d'arte"[120]. Anche l'impaginato strutturale alla base della composizione sembra governato da un ordine percettivo che agevola l'immedesimazione e il passaggio da un ego all'altro e

120 Cfr. Arnheim, op.cit., p.68

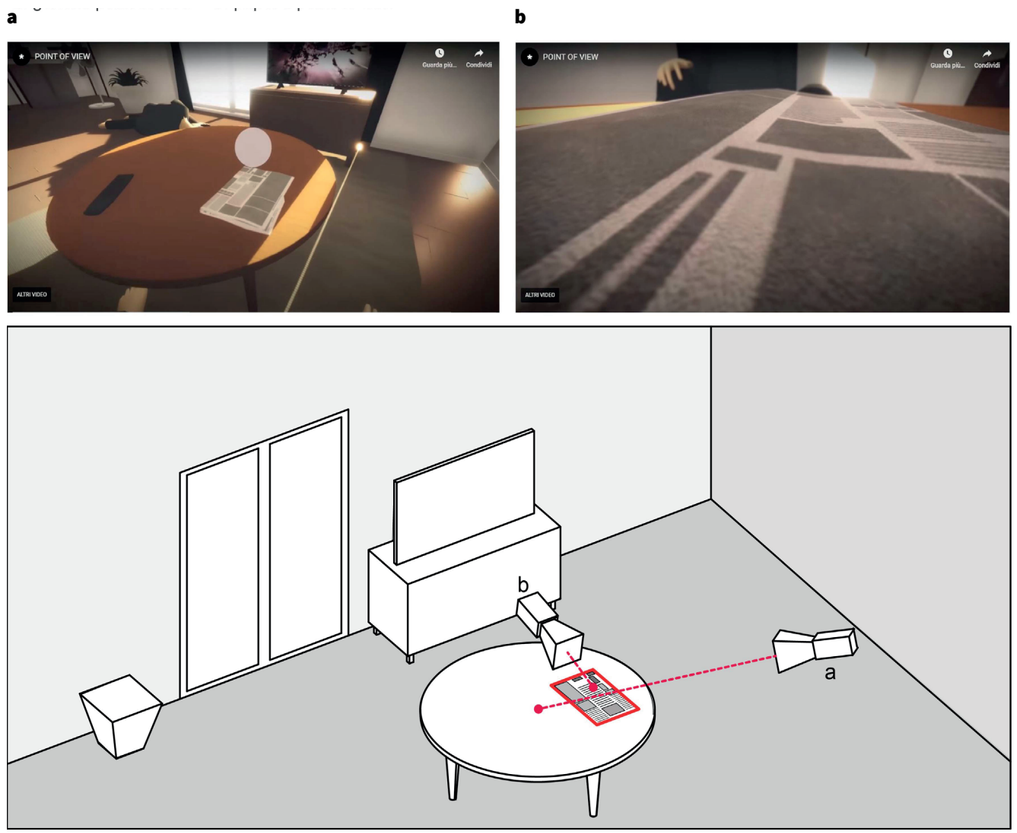


Fig.32. Quando la camera passa dalla ripresa in modalità oggettiva a quella sogettiva, nel progetto di Yugo Nakamura, non muta solo il punto di vista, ma anche la definizione dei dettagli.

semplifica l'interpretazione spaziale; le superfici verticali di pareti e arredo hanno una prevalenza di toni chiari, desaturati o totalmente bianchi, mentre le superfici orizzontali (a eccezione del letto) hanno in comune tonalità calde e neutre con una prevalenza del beige. Si verifica, così, una chiara distinzione tra le due direzioni e, in particolare tra pareti e pavimento, immediatamente percepibile già dalla prima inquadratura. Al contrario, lo scarso contrasto tra le pareti della stanza, tutte bianche (con prevalenza di bianco anche negli oggetti a esse addossati), ha richiesto un intervento grafico per sottolineare le linee di demarcazione degli spigoli; questi, in assenza di altri espedienti, risultano essenziali a favorire la percezione della tridimensionalità dell'ambiente virtuale. La deformazione, infatti, è uno dei principali indizi di profondità[121], pertanto in un ambiente rappresentato, è importante visualizzare nitidamente i contorni di una figura, se si vuole che essa appaia in una configurazione tridimensionale piuttosto che piana.

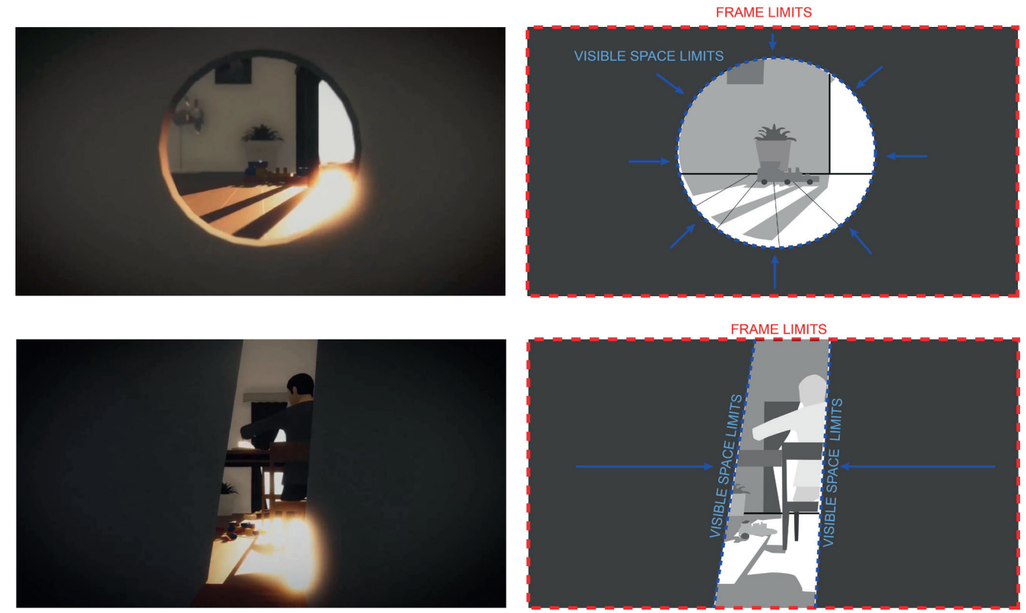


Fig.33. Esempi di contrazione dei limiti dello spazio visibile, nel video di Yugo Nakamura.

Se da un lato lo studio di Nakamura sceglie lo schematismo e la semplicità nella modellazione di oggetti, persone e architettura, molta attenzione è posta agli effetti luministici. Non solo questi sono funzionali a narrare la progressione temporale dell'animazione, ma aiutano in maniera incisiva la definizione dei volumi. Richiamando Arnheim, si potrebbe dire che nel progetto di Nakamura "la luce crea lo spazio"[122]. Piuttosto che un'illuminazione uniformemente distribuita, l'autore aggiunge alla luce ambiente una

121 Cfr. *ibidem*
122 Cfr. *ivi* p. 253

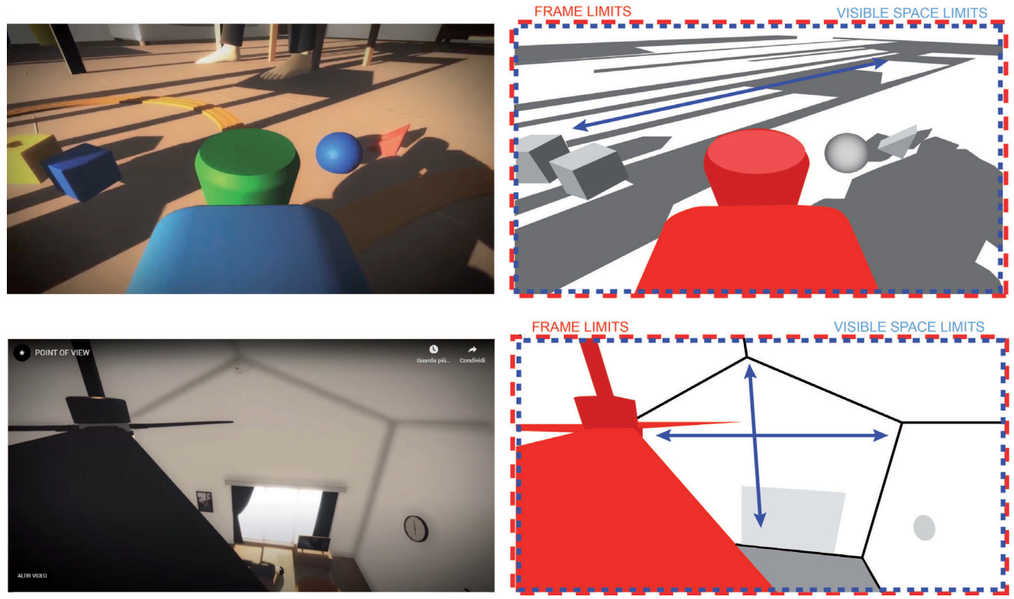


Fig.34. Esempi di dilatazione spaziale nel video di Yugo Nakamura.

sola fonte direzionale alla volta; di giorno quella che filtra dalla vetrata, di sera quella del lampadario. Questa gestione delle luci genera forti contrasti di luce e ombra che accelerano il passaggio dalle zone di buio a quelle di luce. Così, lungo l'arco della giornata, l'attenzione viene guidata solo su alcune aree della scena che, proprio grazie all'illuminazione appare suddivisa in zone, riducendo ulteriormente il carico di informazioni visive da recepire (Fig.35). Inoltre, la coesistenza di ombre molto accentuate e aree fortemente illuminate, agevola la comprensione dei volumi e delle loro forme.
Arnheim spiega come gli effetti della luce direzionale generino gradienti più efficaci di quelli prodotti da un'illuminazione diffusa grazie alla loro asimmetria[123]. In più, la nitidezza delle ombre portate, conferisce loro una consistenza percettiva che le fa assimilare all'oggetto che le proietta. Non sono aloni informi, ma occupano un loro spazio percettivo all'interno dello scenario e rispondono alle stesse regole proiettive dell'oggetto. È così

123 Cfr. *ivi* p. 254

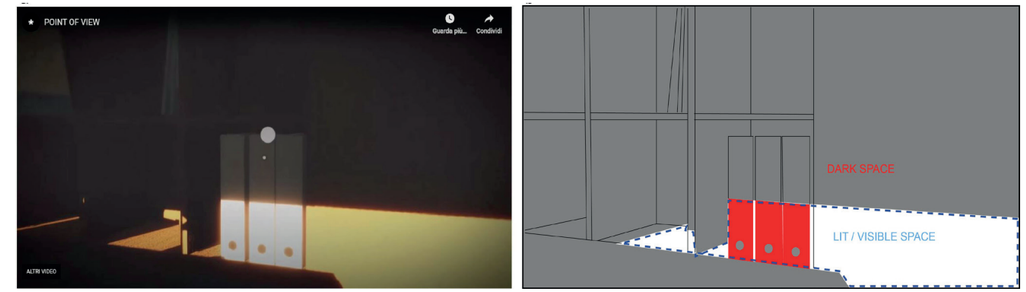


Fig.35. Yugo Nagamura usa il contrasto netto tra zone di buio e di luce per evidenziare dettagli nella scena.

che le ombre "creano lo spazio", definendo: «la differenza tra verticale e orizzontale e [accentuando] i gradienti di dimensione della prospettiva convergente. […] Un'ombra è soggetta alla distorsione prospettica come qualsiasi altra cosa che percepiamo, e perciò la si vedrà convergere a partire dalla base di contatto con l'oggetto quando essa si trova dietro di esso, e divergere quando essa si trova davanti ad esso»[124].
Quindi, anche in questo caso, gli elementi grafici accuratamente selezionati, rafforzano la struttura prospettica della rappresentazione e in questo modo favoriscono l'immersione nell'ambiente simulato al fine di dare efficacia alla comunicazione spaziale. Non a caso, il panorama dei mondi virtuali, offre una cospicua casistica di scenari che, avendo come principale obiettivo l'interazione con il contesto e con gli altri, hanno, come caratteristica prevalente, la possibilità di agire in visione soggettiva, attraverso il proprio *avatar*. *Active World*, *Cybertown*, *There Habbo Hotel*, *Second Life*, *Mindcraft* sono tutti esempi in cui l'utente può intervenire sull'ambientazione fino a definire conformazioni dedicate e avere la sensazione di viverle in prima persona, come in una vita parallela. In tutti i casi la visione prospettica è una costante[125]e anche in una *Doll House View*[126], la rappresentazione non muta mai in una proiezione parallela, piana (mappa) o assonometrica, consentita comunemente in molti videogiochi, a partire dal più longevo *Pacman* a videogame più attuali, come *Fortnite*, *Call of duty*, *League of Legend*, *Valorant* ecc. (Fig.36). Insomma, l'architettura dell'apparato figurativo mira essenzialmente all'immedesimazione.

124 *Ivi* p. 259.
125 Cfr. Unali, Maurizio. *Verso un Atlante della Città Virtuale. Estetiche "a 72 DPI"*. Roma: Edizioni Kappa, 2008.
126 Vista dall'alto verso il basso dell'intera ambientazione virtuale, utile ad orientarsi all'interno dello spazio di gioco. cfr. glossario.

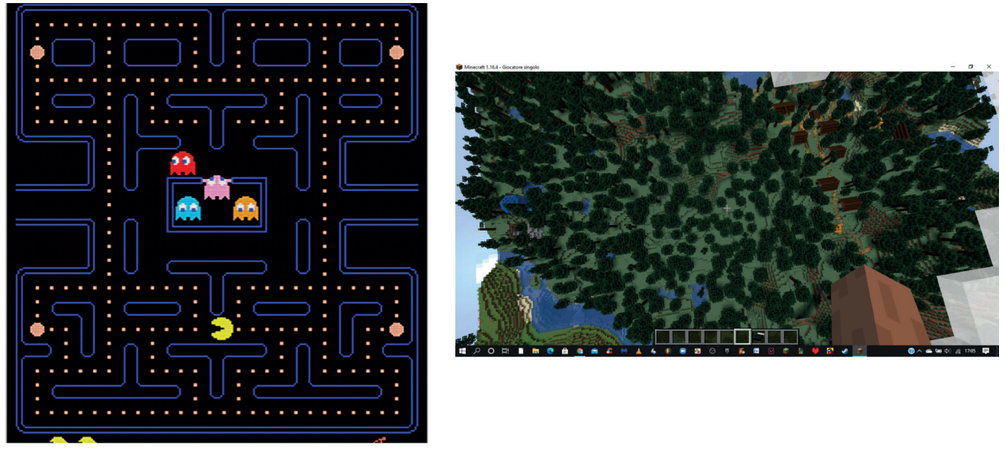


Fig.36. Confronto tra una mappa in proiezione parallela e una prospettiva dall'alto in due videogiochi diversi.

Second Life, ad esempio, proprio per le sue potenzialità immersive e comunicative, negli ultimi anni è stata l'applicazione più utilizzata con finalità pedagogiche e nello studio dell'interazione sociale nell'autismo. La possibilità di mediare il rapporto con il mondo fisico, attraverso un *setting* realistico, sta mostrando notevoli risultati nell'incremento di capacità comunicative e relazionali di persone *ASD*. L'applicazione pone l'utilizzatore/*avatar* al centro del sistema puntando soprattutto sui metodi di visualizzazione e navigazione del *gamespace*. In *Second Life* è possibile modificare l'angolo visivo della camera assumendo una vista oggettiva solo in condizione di staticità; quando, invece, l'*avatar* passa all'azione e al movimento, la telecamera resta vincolata alla posizione del giocatore in prospettiva soggettiva o semisoggettiva. Il giocatore diventa, così, il centro di riferimento di un sistema di coordinate polari che consentono la decodifica dei valori spaziali. Questa condizione è particolarmente importante nella definizione di un giudizio spaziale di tipo egocentrico[127] ovvero la percezione di posizione, direzione e distanza relativamente al nostro corpo[128]. Di Tore specifica che: «Nel sistema di riferimento allocentrico (oggetto-oggetto),

127 Si distinguono "giudizio egocentrico" e "giudizio allocentrico", denominato anche exocentrico o ogettivo-relativo, in quanto quest'ultimo valuta la posizione degli oggetti in relazione ad altri oggetti o rispetto ad altri riferimenti dello spazio. Cfr. Jerald, 2015, op.cit., p. 112.

128 Cfr. *ibidem*.

le informazioni sulla posizione di un oggetto sono codificate in base alla posizione di altri oggetti. La posizione di un oggetto è relativa alla posizione degli altri oggetti. Nel sistema di riferimento egocentrico (soggetto-oggetto), le informazioni sulla posizione di un oggetto vengono codificate in base agli assi corporei del soggetto. La posizione di un oggetto è relativa alla posizione del soggetto. È possibile rappresentare il sistema egocentrico utilizzando il piano cartesiano ricavato dagli incroci del piano frontale e del piano sagittale»[129] (Fig.37).

Sono valutazioni fondamentali nel processo di conoscenza spaziale, in quanto aiutano il senso dell'orientamento, stabilendo l'idea di destra/sinistra, avanti/dietro. Tali giudizi, infatti, possono non essere immediati né scontati in un ambiente virtuale per un utente poco esperto, così come nel mondo reale per una persona con difficoltà propriocettive. Inoltre, sono molte le variabili che condizionano la percezione egocentrica; ad esempio, questa può essere compromessa da condizioni di bassa luminosità, o da particolari conformazioni spaziali, che possono ingannare il nostro giudizio di direzione o posizione[130].

Come per molti sistemi *VR* che non includono il tracciamento aptico, in *Second Life* i parametri legati al *layout* visivo sono fondamentali per stabilire buoni livelli di orientamento e propriocezione. Uno di questi fattori è legato alle *artificial locomotion*[131], che possono essere di tipo continuo o discontinuo (*teleport*). Il passaggio tra differenti *layout* avviene in modalità *teleport*, mentre all'interno di un unico scenario il movimento è consentito solo in modalità continua. Questo vincolo facilita la costruzione di mappe mentali relative alla conformazione spaziale, in quanto consente di mantenere, durante lo spostamento, una continuità visiva e di mettere in relazione tra loro diverse parti dell'ambientazione. Dal momento che la locomozione implica, in *Second Life*, una prospettiva soggettiva o semisoggettiva, il senso di presenza è prioritariamente favorito dagli indizi di profondità, utilizzando differenti espedienti grafici per dare efficacia agli effetti prospettici. La convergenza e la deformazione delle linee di contorno sono estremamente evidenti, rimarcate dai toni saturi oltre che dagli effetti luministici. Una particolare attenzione è attribuita agli indizi di profondità. Oltre ai gradienti di dimensione, che implicano la riduzione graduale

129 Di Tore, op.cit., p. 48.

130 La camera di Ames è una delle illusioni che altera la nostra capacità di valutare le effettive distanze tra gli oggetti nello spazio. La persona che si trova più lontana rispetto alla nostra posizione ci appare come se fosse alla medesima distanza della persona più vicina, ma con una dimensione inverosimilmente più piccola.

131 Modalità di spostamento nello spazio virtuale. Cfr. glossario.

nelle proporzioni, il senso di profondità è rafforzato dalla prospettiva aerea, ovvero la minore saturazione degli oggetti in lontananza; a imitazione dell'effetto teorizzato da Leonardo da Vinci, per via dell'addensarsi dell'atmosfera interposta, gli oggetti lontani diventano più sfumati, più chiari e dal colore grigio-azzurro (Fig.38).
Nella *VR* le soluzioni in favore della profondità spaziale non sono necessariamente legate al realismo, in quanto mettono in relazione aspetti legati alla rappresentazione con fattori di carattere umano e tecnologico in cui entrano in gioco: scelte grafiche, indizi di movimento, visione binoculare, vergenza, accomodazione e alcune condizioni legate al contesto[132].
A tal proposito, gli studi di Jaeger dimostrano che *texture* particolarmente sofisticate possono incrementare la percezione delle distanze allo stesso modo di *texture* molto semplici che vengano messe in relazione con altri indizi spaziali[133]. L'esito finale e la sensazione della profondità, pertanto, dipendono da una concomitanza di condizioni le quali, collaborano a costruire un modello veridico dello spazio d'azione. La lettura delle configurazioni formali, in *Second Life*, è agevolata da un uso marcato di ombre proprie, che definiscono i volumi con contrasti luce/buio molto netti. L'uso

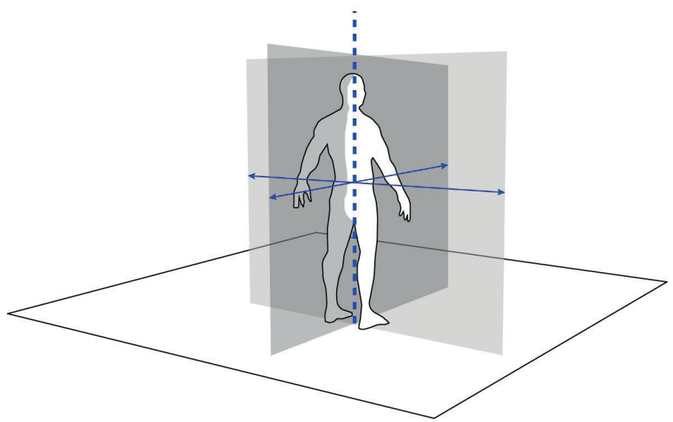
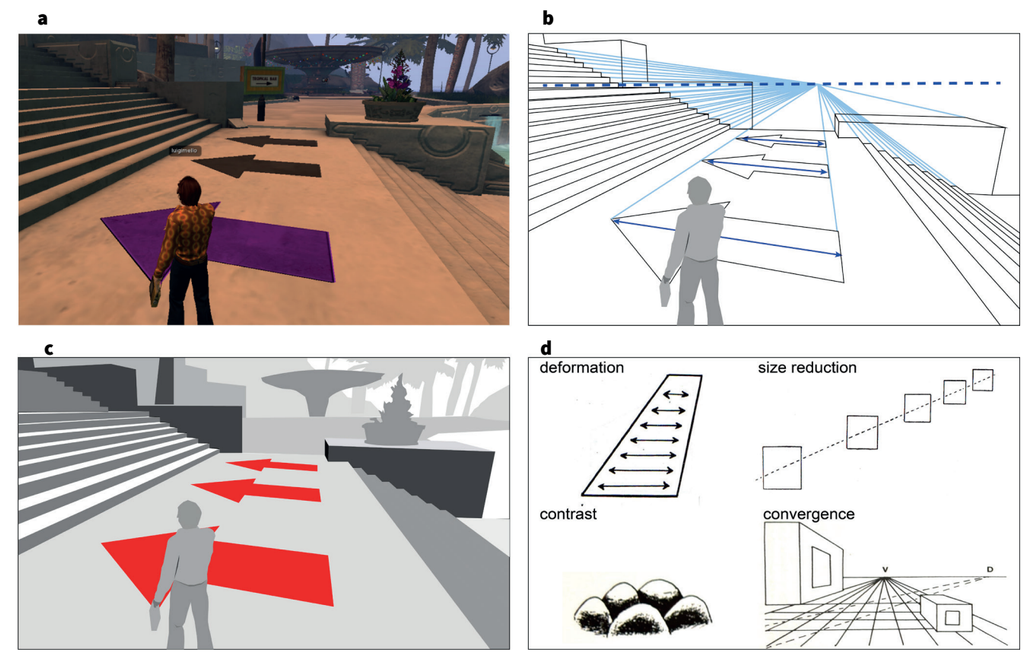


Fig.37. Schema basato sulla descrizione di Stefano Di Tore sulle coordinate spaziali.

132 Cfr. Jerald, 2015, op.cit.
133 Cfr. Zimmons, Paul Michael. "The Influence of Lighting Quality on Presence and Task Performance in Virtual Environments" *Ph.D. Dissertation*. Chapel Hill, North Carolina: The University of North Carolina at Chapel Hill, 2004., p.45

esclusivo dell'illuminazione locale[134] sottrae veridicità all'ambientazione, ma questo non implica necessariamente una riduzione delle *performance* di gioco, che sono in stretta connessione con la cognizione spaziale. Confrontando più esperimenti sugli effetti di differenti tipologie d'illuminazione in *VR*, Zimmons dimostra che, se da un lato una maggiore sofisticazione delle ombre migliora la lettura della conformazione spaziale, dall'altro, causa un incremento delle informazioni da processare che, in alcuni casi, può aumentare i tempi necessari a portare a termine un'attività. Quindi, la scelta delle qualità luministiche dipende dagli obiettivi progettuali e dall'utenza di riferimento. Ad esempio, se ci si prefigge di trovare un oggetto nello spazio e afferrarlo, l'illuminazione locale fornisce indizi sufficienti

Fig.38. **a.** Frame tratto da *Second Life* **b.** Lo schema evidenzia Deformazione, riduzione delle dimensioni e vergenza nella scena. **c.** I contrasti cromatici e luministici sono settati secondo le regole della prospettiva aerea. **d.** (Arnheim, 1954) schemi sui graienti di deformazione, dimensione, contrasto, convergenza.



134 Le tipologie d'illuminazione in ambiente virtuale si distinguono in: Illuminazione ambiente, uniformemente distribuita; illuminazione locale, che produce esclusivamente ombre proprie, illuminazione globale che produce ombre proprie e ombre portate. Per i diversi tipi di illuminazione. Vedi anche §2.4.

all'individuazione del *target* e alla valutazione della sua posizione rispetto al contesto. Inoltre, Zimmons dimostra che, all'aumentare delle condizioni di stress generate dall'ambiente, si riduce l'importanza della qualità dei dettagli (delle *texture* e di *rendering*), a condizione che gli effetti luministici siano coerenti con la configurazione rappresentata[135].
Al contrario, in una condizione di *comfort*, è richiesta una maggiore accuratezza nella definizione grafica e negli effetti di luce e ombra. Come anticipato in precedenza, le ombre portate non solo conferiscono naturalezza e familiarità all'ambientazione, ma aiutano a comunicare informazioni sullo spazio e sugli oggetti. Nel 2001 Hu giunge a conclusione che, in un ambiente virtuale, l'abilità dell'utente nel valutare le relazioni spaziali è incrementata da una maggiore accuratezza degli effetti luministici.
Slater, nel 1995, verifica che i dettagli legati alle ombre, migliorando il giudizio di posizione e profondità, possono incrementare le performance nell'afferrare oggetti virtuali in termini di sensibilità al contatto, ma non di *target*ing [136].
Naturalmente, non si tratta di valutazioni metriche esatte, ma di stime approssimative guidate dall'intuito e che ci aiutano a percepire valori di posizione, forma e distanza, basandosi sulla comparazione tra i diversi indizi spaziali registrati dall'immagine retinica[137]. Il nostro cervello automaticamente e in modo inconscio, tende confrontare gli *input* visivi recepiti in uno spazio rappresentato a quelli normalmente registrati nel mondo reale; quindi, più gli indizi rappresentati ci sono familiari e più rapidamente riusciamo a sviluppare un giudizio egocentrico e un senso di presenza. In particolare, gli effetti dell'illuminazione condizionano quella che Heeter definisce "presenza soggettiva", che si distingue dalla "presenza sociale" e dalla "presenza ambientale", in quanto misura la personale sensazione di sentirsi parte del contesto[138] in cui si agisce.
John Flynn, che nel 1970 ha analizzato l'influenza dell'illuminazione sui comportamenti umani, è giunto alla conclusione che la luce si comporta come un agente selettivo delle informazioni provenienti dall'ambiente[139]. In sintesi, selezionando e riducendo la quantità di dati spaziali veicolati dal

135 Cfr. Zimmons, op.cit., p.131
136 Cfr. *ivi*, p.45
137 Cfr. Jerald, 2015 op.cit, p.114
138 Secondo Heeter la "presenza sociale" misura la capacità di condivisione di uno stesso ambiente virtuale e la "presenza spaziale" riguarda la risposta dello spazio alle azioni dell'utilizzatore, ovvero la capacità del contesto di reagire e riconoscere gli imput dell'utente. Cfr. Zimmons op.cit, p.21.
139 Cfr. *Ivi*, p.31.

sistema visivo, la luce influenza incisivamente la personale interpretazione dello spazio e la nostra interazione con esso. Gli esperimenti di Flynn, e successivamente quelli di Taylor, Sucov e Zimmons, osservano una naturale propensione a osservare e a dirigersi verso le aree maggiormente illuminate, tuttavia questa tendenza si riduce considerevolmente nel caso di un'illuminazione poco familiare. Ciò dimostra il ruolo dell'illuminazione globale nelle ambientazioni virtuali per migliorare il senso di *comfort*, favorire l'immersione e focalizzare l'attenzione sugli aspetti prevalenti della configurazione spaziale. In sintesi, perché l'ambiente virtuale comunichi con efficacia i suoi valori spaziali è determinante dosare e selezionare in maniera mirata i codici figurativi della rappresentazione, in modo da fornire informazioni necessarie e non sovrabbondanti. «Se le azioni consentite saranno sufficientemente fluide e coerenti con quelle possibili nel mondo non simulato, la *VR* non costituirà un livello di complessità maggiore nel processamento delle informazioni tale da necessitare un so*vr*accarico cognitivo»[140].

2.4. Cos'è la Realtà virtuale e in che modo può diventare una strada verso l'autonomia e l'inclusione

2.4.1. I sistemi di realtà virtuale

Il termine Realtà Virtuale è comunemente utilizzato per definire ambientazioni realizzate al computer che imitino la realtà e che possano essere fruite tramite molteplici dispositivi con differenti livelli di immersione e presenza. La maggior parte delle definizioni inerenti alla realtà virtuale si soffermano infatti proprio su questi due aspetti. Sherman e Craig definiscono la *VR* attraverso il punto di vista dell'utilizzatore "essere nell'essenza o nell'effetto, ma non nei fatti"[141]. Fuch, Giga, Jarg, Cruz mettono in evidenza le relazioni che si creano tra un apparato tecnologico capace di simulare *input* sensoriali multicanali e l'utente che, ricevendo tali stimoli, percepisce l'illusione di vivere l'esperienza virtuale come se fosse reale[142]. Da un punto di vista operativo, la *VR* usa periferiche in grado di rilevare la testa dell'osservatore e la sincronizza con il punto di vista virtuale nell'ambiente

140 Morganti et al., op.cit., p.101.
141 Cfr. Sherman, William. R., and Craig, Alan B, *Understanding Virtual Reality*. Morgan Kaufmann Publishers.
142 Cfr. Tomasz , Mazuryk , e Gervautz Michael . *Virtual Reality. History, Applications, Technology and Future*. Institute of Computer Graphics Vienna University of Technology, Austria, 1996.

simulato[143] (Fig.39). I sistemi *VR* non operano tutti allo stesso modo, ma si distinguono in base alle modalità con cui stabiliscono l'interazione con l'utente.
VR immersive: È il sistema più noto. In questo caso l'utente è isolato dall'ambiente fisico tramite apparati per la visione e il controllo delle azioni, come caschi e guanti. È tramite questi dispositivi che vengono trasmessi gli stimoli sensoriali generati dal *software*, con il risultato di un totale scollamento dal mondo reale e di una immersione totale nell'ambientazione rappresentata e riprodotta dal computer.
VR Third Person o Projected Reality: Non si tratta di un sistema immersivo, in quanto l'esperienza è vissuta indirettamente osservando, a monitor, la propria immagine inserita in un contesto virtuale. La posizione del proprio corpo e i movimenti vengono registrati da telecamere poste nell'ambiente e rielaborati da algoritmi che trasformano i dati di *input* in immagini.
VR Desktop: Anche questo non è un sistema immersivo, in quanto le immagini vengono trasmesse da un computer e visualizzate tramite specifici occhiali, lasciando l'utente in contatto con il mondo fisico. La semplicità del linguaggio per la programmazione della simulazione virtuale (*VR*ML) e la possibilità di condividerle le esperienze via Internet, li rende sistemi mediamente economici e ne agevola la diffusione.
VR Immersive Desk o WorkBench: Si tratta di una tecnologia semi-immersiva che utilizza uno schermo traslucido per retroproiezioni. Lo schermo

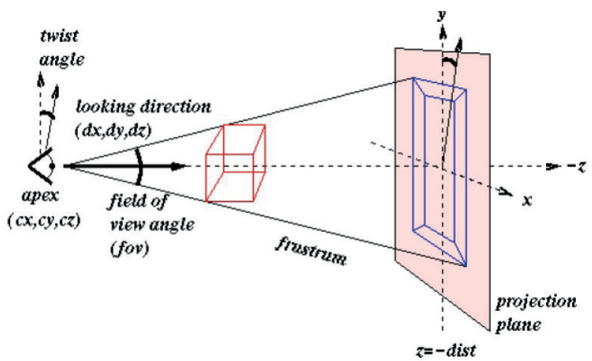


Fig.39. Scenario Virtuale proiettato secondo la visuale dell'osservatore (Pasquino Germana, 2007).

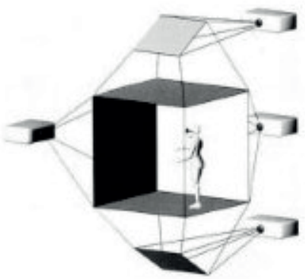
143 Cfr. Pasquino, Germana. *Interazione Uomo Macchina nella Progettazione Industriale: l'utilizzo della Realtà Virtuale come Strumento di Progettazione*. Tesi di Dottorato, Reggio Calabria: Facoltà di Ingegneria, Università della Calabria, 2007/2008.

che, ancorato ad un supporto basculante può ruotare e fungere anche da *desktop*, viene osservato con occhiali a occlusione per la visione stereoscopica, mentre l'interazione avviene mediante quanti o *joystick* 3D. In questo caso i principali problemi sono connessi a limiti di scalabilità e alla difficoltà nel rappresentare effetti di occlusione[144].
VR large screen: Come i precedenti, è un sistema semi-immersivo nel quale immagini vengono proiettate da 3 o più proiettori su uno schermo panoramico. In questo caso la visione può essere monoscopica o stereoscopica, mediante occhiali, mentre l'interazione è attivata tramite i comandi di una console. Questo sistema è più idoneo in compresenza di un ampio pubblico.
Caves (Cave Automatic Virtual Environment): Sono delle vere e proprie stanze le cui pareti (in numero variabile) sono sostituite da schermi di proiezione. La scena avvolge completamente l'utente, che pertanto, in questo caso, non ha bisogno di periferiche visive, ma solo dei trackers per la rilevazione della posizione[145]. Nonostante questi sistemi siano i più adatti a qualsiasi tipologia di utenza e non generino alcun effetto negativo, hanno la controindicazione di non essere trasportabili e di avere elevati costi di installazione. (Fig.41).
Oltre alle interfacce grafiche, molti altri aspetti condizionano l'esperienza virtuale determinando diversi livelli di immersione, orientamento, navigazione, interazione e così via. Questi aspetti dipendono dalla combinazione di più fattori ovvero dalle caratteristiche del sistema tecnologico utilizzato (ad esempio l'interazione tra software e dispositivi per la visione e la navigazione) in concomitanza con aspetti di fattore umano e, quindi, dall'interazione "uomo-macchina".

2.4.2. Aspetti tecnologici

Dal primo dispositivo *HMD* di Ivan Sutherland (Fig.40) a oggi, i visori per la realtà virtuale hanno fatto progressi sostanziali che ne hanno migliorato esponenzialmente le caratteristiche tecniche ed ergonomiche. La qualità delle immagini e la comodità d'utilizzo sono essenzialmente i due parametri su cui si concentrino maggiormente la ricerca nel settore della *VR*. Per quel che riguarda i fattori ergonomici, l'aspetto che ancora oggi si cerca di

144 Cfr. Guitiàn, Iglesias, José Antonio, e Agus Marco . "Interfacce uomo-macchina nella Realtà Virtuale." In Human computer interaction. *Fondamenti e Prospettive*, di A Soro, 298-330. Monza: Polimetrica, 2008. p.9.
145 Cantelmi, Tonino, Michela Pensavalli , e Massimiliano Marzocca . "Realtà Virtuale ed Aumentata:implicazioni teoriche ed applicative nei contesti educativi e nella clinica." Modelli x la mente. 16 Nov 2015. p. 9.



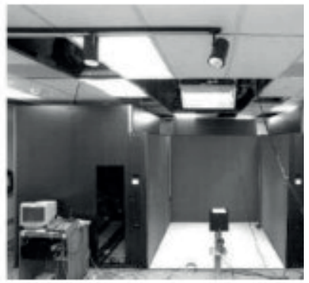


Fig.40. Il primo prototipo di realtà virtuale, messo a punto da Ivan Sutherland.

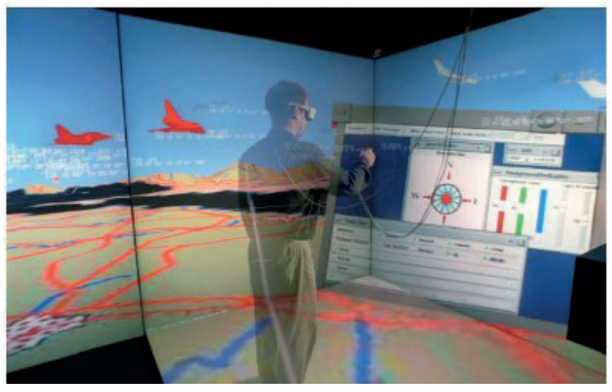


Fig.41. Esempio di un sistema *Cave* denominato CABANA.

migliorare è legato al peso dei caschi, nota dolente per qualsiasi strumentazione di fascia alta.
La qualità grafica dipende invece dalla *LOD* (*Level of Detail*) o risoluzione delle immagini e dalla capacità computazionale di *hardware* e *software*. L'evoluzione di queste tecnologie si deve prioritariamente al mondo del *gaming* che ha contribuito alla divulgazione di *software* commerciali per la gestione delle simulazioni complesse, ovvero i *Game Engines* (cfr. glossario), e parallelamente di visori che differiscono per prestazioni e prezzi. Altre caratteristiche performative derivano dal fatto che: «*output* multimodali devono essere integrati in un singolo sistema»[146]. Ivan Sutherland descrive i requisiti che le interfacce utente 3D devono possedere per sfruttare a pieno le abilità percettive e di coerenza spaziale degli utenti. Tali specifiche vengono definite nell'ambito di un *workshop ACM CHI* sui problemi irrisolti relativi all'interazione 3D:
Modalità di input e output multiple e integrate: Le interfacce utente dovrebbero essere in grado di sfruttare non solo il canale visivo per le comunicazioni.
Fedeltà funzionale: Considerate nel complesso, le varie informazioni sensoriali fornite da un'interfaccia devono essere adeguate per l'operazione in esecuzione.
Velocità di risposta: Le interfacce utente 3D devono essere molto rapide nel rispondere alle azioni dell'utente in modo che dei comportamenti di tipo esplorativo possano verificarsi in modo naturale. Questo fatto introduce degli importanti vincoli temporali sulle applicazioni.
Affordance: consente la creazione di oggetti che hanno delle proprietà ricche di significato e forniscono informazioni su come interagire con gli oggetti stessi e all'interno degli ambienti 3D.
Attrazione rispetto alla rappresentazione mentale: Le interfacce utente devono essere organizzate in modo che siano riconoscibili dall'utente. Metafore di comportamento all'interno di un mondo reale e tecniche di simulazione fisica sono specialmente utili in questo contesto[147].
Uno dei principali parametri in base al quale valutare la resa tecnologica di un sistema di realtà virtuale è il livello di **immersione**.
«L'immersione è il grado oggettivo con cui un sistema *VR* proietta stimoli sui recettori sensoriali degli utenti in un modo che sia ampio, corrispondente, circostante, vivido, interattivo e che da informazioni sul sistema (Slater and Wilbur 1997)»[148]. La tipologia e la qualità di queste impressioni determinano il livello di immersione e la sensazione di presenza nell'ambientazione virtuale. Alcuni requisiti in base ai quali poter valutare l'efficacia immersiva di un'applicazione per *VR* sono per lo più legati al senso della vista.
Percezione di profondità: L'impostazione dei parametri che collaborano alla percezione della profondità spaziale è fondamentale per consentire un buon livello di immersione. Questo, infatti, è uno dei fattori maggiormente testati negli *usability test*, in quanto è considerato uno dei parametri per la valutazione dell'esperienza *VR*.
Accuratezza: dipende dalla risoluzione; la fovea centrale di un occhio umano possiede una risoluzione di circa 0.5 minuti ad arco[149], mentre, il campo

146 Sutherland, Ivan, in Guitiàn et al., op.cit., P.8.

147 *Ibidem*.
148 Jerald, 2015, op.cit., p.45.
149 Guitiàn Iglesias, Antonio José, Marco Agus, 2008. *Interfacce uomo-macchina nella Realtà Virtuale*. In A Soro (a cura di) Human computer interaction. Fondamenti e prospettive. Polimetrica. ISBN: 978-88-7699-146-2. pp298-330.

visivo (*FoV*) ha un'apertura media di circa 125° ma per un effetto immersivo non è necessario raggiungere tale condizione ed è sufficiente un intervallo tra i 90 e i 110 gradi[150].
Frequenza critica di fusione: riguarda la rapidità di successione delle immagini digitali che, al di sotto dei 10-15 Hz, toglie fluidità al movimento, generando distrazione e affaticamento durante la visione. Uno studio del 2006 ha rilevato che per evitare sfocature da movimento e scatti di un oggetto in movimento sullo schermo la velocità di *rendering* dovrebbe essere almeno di 120 *FPS* e il *frame rate*[151] ideale di 240 *FPS*. Tali caratteristiche, tuttavia, non sono ancora molto diffuse nei visori più comuni, che si attestano su *frame rate* tra i 60 e i 120 *FPS*[152]. Per aumentare l'efficacia del livello di immersione molti visori sono dotati di sistemi audio multicanali, con effetto doppler. Questi hanno una funzione analoga a quella degli *eye tracking* (cfr. glossario) per la visione, ovvero adattano la scena alla posizione dell'utente, solo che in questo caso saranno i suoni a creare un effetto di avvicinamento o allontanamento.
Estensività: riguarda la gamma di canali sensoriali che possono essere trasmessi all'utente (visivi, audio, forze fisiche)
Corrispondenza: è la coerenza tra le modalità sensoriali. Ad esempio, la corretta visualizzazione e rappresentazione delle immagini in relazione ai movimenti del capo e degli occhi.
Avvolgenza: dipende dalle capacità di un dispositivo di trasmettere *input* sensoriali distribuiti su 360°
Vividezza: riguarda il livello di saturazione in termini grafici, audio, frequenza dei fotogrammi, *bitrate*. Steuer la definisce come «la ricchezza nella rappresentazione di un ambiente mediato in quanto definito dalle sue caratteristiche formali, ovvero dal modo in cui un ambiente presenta informazioni ai sensi»[153]
Trama: ovvero la coerenza narrativa tra il messaggio veicolato e la sequenza degli eventi.
Interagibilità: si traduce nella possibilità da parte dell'utente di apportare modifiche al "mondo virtuale" e di ricevere da queste risposte appropriate oltre alla potenzialità di influenzare eventi futuri.

150 Cfr. Guitiàn, op.cit.
151 Da non confondere con la latenza, il frame rate o refresh rate indica quante volte al secondo una scena video viene renderizzata. Cfr. glossario.
152 Cfr. Bonatto, Daniele, Sègolène Rogge, Arnaud Schenkel, Rudy Ercek, e Gauthier Lafruit. "Explorations for Real-Time Point Cloud rendering of natural scenes in Virtual Reality" *International Conference on 3D Imaging (IC3D)*. 2016. 1-7.
153 Zimmons op.cit., p.25.

Fig.42. Esempio di *HMD* (*Oculus Rift*) e di active glass (*Stereographics Crystal Eyes*).

Esistono attualmente, differenti livelli esperienziali in relazione al coinvolgimento sensoriale e al grado di isolamento dal mondo fisico; pertanto, più l'utente resta in contatto con l'ambiente reale, minore sarà l'immersione nel modo virtuale. In pratica l'efficacia della *VR* è legata alla «velocità e alla quantità di retroazione sensoriale che l'operatore riceve. Se la retroazione sensoriale è nulla, allora non si può parlare di sistema RV»[154]
Ciò è relazionato al tipo di interfaccia e alla quantità di periferiche utilizzate. I *display* visivi possono differire in base alle tecnologie impiegate, al livello qualitativo (ad es. risoluzione, qualità audio/video, sincronizzazione) e al livello di immersione che riescono a trasmettere all'utente. Ad esempio, utilizzare un normale monitor per l'osservazione della scena, darà la sensazione di rimanerne all'esterno, come se si guardasse da una finestra, mentre indossando un visore si potrà vivere la sensazione di fare un'esperienza in prima persona e di essere avvolti totalmente dallo spazio ricostruito in digitale. I visori attualmente più comuni in uso sono: i caschi *HMD* (*Head Mounted Display,* cfr. glossario), gli occhiali "attivi" ad otturatore, occhiali "passivi" e *display* olografici auto stereoscopici (Fig.42). Inoltre, tra le stesse tipologie di periferiche esistono differenze tecniche che riguardano la possibilità di rilevamento del focus visivo (*Oculus rift*) o sistemi ottici multifocali per l'ottimizzazione dell'accomodamento visivo[155].
Anche la mobilità all'interno della scena e il modo in cui il sistema risponde agli *input* dell'utente, collaborano al senso di immersione. L'utilizzatore può muoversi nella scena, utilizzando comuni dispositivi come: *keyboards, mouse, joystick o touchscreen*, tramite i quali è anche possibile interagire con altri utenti. In qualsiasi sistema di *VR*, un computer genera impressioni sensoriali che sono trasmesse all'uomo attraverso i suoi sensi. Tale processo si articola attraverso alcune fasi principali e componenti di base: *input*, ad es. dati che riguardano la posizione dell'utente nello spazio e la sua fissazione oculare, *application*, aggiornamento dinamico delle geometrie, interazione, simulazione, *rendering*, elaborazione di un'interfaccia *user-friendly* che dia un'illusione di realtà e *output* che trasmettono all'utente le risposte del sistema (in termini di immagini, sensazioni tattili e uditive).

154 Ravasio op.cit., p.48.
155 Questa tecnologia utilizza una scansione laser per fornire l'effetto di accomodamento visivo. Tale sistema permette di fornire condizioni di adattamento visivo anche a prescindere dalle condizioni di visione dello spettatore. Cfr. Kim, Dong Wook, Young Moo Kwon, Park Q.Han, e Kim Sung Kyu. "Analysis of a head-mounted display-type multifocus display system using a laser scanning method" *Optical Engineering* 50, n. 3 (2011).

Fig.43. La possibilità di visualizzare parti del proprio *avatar* durante l'esperienza virtuale, aiuta il senso di presenza e la consapevolezza delle propria spazialità all'interno della scena.

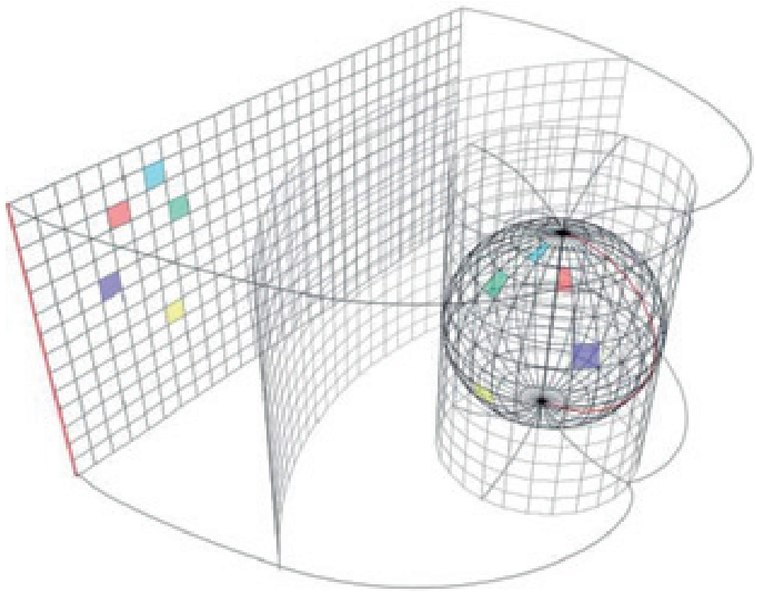
I dispositivi di input possono trasmettere i dati secondo diverse modalità: discreta, ovvero una sola risposta per ogni azione immessa dall'utente, continua, se le informazioni si auto generano in assenza di comando o registrano costantemente le azioni dell'utente, ibrida, quando le due modalità agiscono in maniera integrata[156]. I dispositivi di *input* si distinguono anche in base ai gradi di libertà, ovvero il numero di dimensioni che controllano DoF (*Degrees of Freedom,* cfr. glossario). Si passa da dispositivi a singolo *DoF* (ad esempio un solo pulsante premito a riposo) a 6 o più *DoF* che consentono l'interpretazione di qualsiasi spostamento nello spazio (su, giù, sinistra destra, avanti, dietro, rollio, inclinazione e imbardata).
Mouse, joystick, trackball e touchpad, sono esempi di *controller* con 2DoF. I sistemi di realtà virtuale più complessi richiedono un minimo di 6 DoF, ma per una navigazione semplificata con operatività ridotta sono sufficienti anche dispositivi di base come *joystick* e *mouse*. I controlli a singolo canale, come i pulsanti (chiamati anche *trigger* analogici), usati prevalentemente per selezionare oggetti o come *starter*, sono i più semplici da usare, adatti quindi ad utilizzatori inesperti. Tuttavia, quest'aspetto va messo in

156 Cfr. Jerald, 2015, op.cit., pp.308-309.

relazione con la tipologia di applicazione che si sta usando, dal momento che un eccessivo numero di pulsanti può generare confusione ed errori, soprattutto se il loro funzionamento non è esplicito[157]. Un'opzione che può agevolare la navigazione in caso di inesperienza o di persone con difficoltà di coordinamento visuo-motorio, è la possibilità di astrarre i pulsanti per innescare il comando indirettamente, attraverso il puntamento oculare, ma secondo Jason Jerald «questa astrazione può causare una sconnessione tra l'utente e l'applicazione»[158].
Un altro sistema che libera il corpo da dispositivi *hardware* da indossare o impugnare, è costituito dai sistemi *Bare Hands.* In questo caso i sensori di movimento, *Leap Motion Controller*, sono posizionati nel visore, agendo come scanner tridimensionali per le articolazioni che vengono simultaneamente visualizzate all'interno della scena virtuale. In questo modo l'utente ha la possibilità di visualizzare parti del proprio corpo (Fig.43).
Mantenere un contato visivo con la propria fisicità, ad esempio vedere l'immagine delle mani mentre si manipola un oggetto o delle gambe mentre si cammina, può essere utile a migliorare il senso di presenza e orientamento, oltre ad agevolare le relazioni con lo spazio circostante. I dispositivi d'ingresso dati, pertanto, possono registrare diversi tipi di *input*, movimenti oculari, della testa, degli arti, vocalizzazioni, in base ad una serie di parametri: tempo impiegato, ampiezza dei movimenti, direzione e velocità dello spostamento, contatto, manipolazione e posizione reciproca tra gli oggetti e l'ambiente virtuale[159]. Ulteriori sensori possono essere integrati con il sistema per registrare risposte di tipo biofisico; in questo modo è possibile rilevare variazioni psicofisiologiche nell'utente durante l'esperienza e avere quindi un quadro più completo delle sue prestazioni nell'interazione con l'ambiente virtuale. È possibile ad esempio acquisire, in tal modo, valori relativi al grado di coinvolgimento emotivo o del livello di impegno motorio per dedurne eventuali condizioni di stress. Allo stesso modo, il tracciamento dell'attività oculare durante la fase esplorativa consente di ricavare informazioni sulle rilevanze soggettive rispetto agli stimoli forniti dall'ambiente e metterle in relazione con i processi decisionali[160].

Immagini e Rendering: Per avere un effetto immersivo, i sistemi *VR* riproducono particolari tipi di immagini che danno la sensazione di trovarsi al

157 Cfr. *ibidem*.
158 *Ibidem*.
159 Cfr. Ravasio, op.cit., p.54.
160 Cfr. *ibidem*.



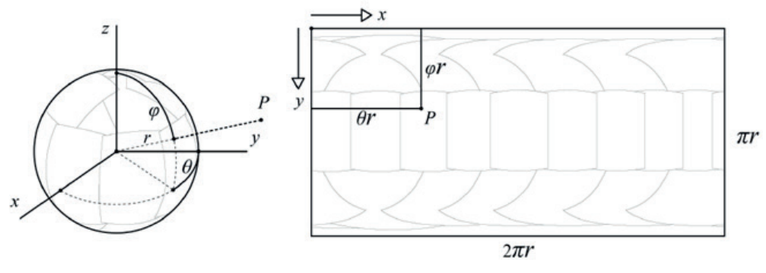


Fig.44. Mappatura e sistema di coordinate in una proiezione equirettangolare.

centro della scena e di poter osservare il contesto in qualsiasi direzione. È come se, invece di osservare un filmato attraverso una finestra, come quella di un monitor, vi si fosse immersi all'interno. Queste vengono definite immagini, panoramiche, sferiche o a 360°.
Si tratta di immagini realizzate mediante una proiezione cilindrica equidistante o equirettangolare[161]. Stabilito un centro di osservazione nello spazio, da questo viene proiettato il contenuto dell'immagine su una ideale superficie sferica e sviluppato in piano, secondo una mappatura che ha come centro di coordinate x/y, il centro di proiezione o "punto nodale", al fine di ricavarne un'unica foto panoramica o il fotogramma per un montaggio video. Tale sviluppo in piano «ha un rapporto fra larghezza e altezza pari a 2:1, poiché il bordo superiore e quello inferiore, ricavati per dilatazione dei rispettivi poli che rappresentano, misurano quanto il cerchio massimo della sfera e i bordi laterali quanto la metà di esso»[162] (Fig.44).
Un risultato simile può essere ottenuto mediante "panorama cubico o a croce". In questo caso le proiezioni vengono effettuate dal punto nodale verso le sei facce di un cubo. Il vantaggio di questo tipo di proiezione è che le sei immagini proiettate non subiscono deformazioni interne ma, nello sviluppo piano, si configurano come porzioni di panorama, mentre si ricuciono se osservate dal centro del cubo. Un'immagine panoramica può essere fotografica o renderizzata da un modello 3D e può essere generata direttamente dal *software* di *rendering*, da una macchina fotografica panoramica o a partire da una moltitudine di scatti parzialmente sovrapposti (Fig.45). In tal caso le riprese devono avvenire tutte dallo stesso punto nodale, fino a raggiungere un angolo *FoV* di 360° in orizzontale e 180° in direzione verticale. Sono i *software* di *stitching* o di acquisizione fotografica che provvedono a rielaborare gli scatti in maniera fluida, riconoscendo, tra le immagini contigue, coppie di punti omologhi o "punti di controllo"[163]. Al fine di consentire una corretta fusione delle immagini, queste devono essere elaborate seguendo alcuni accorgimenti: un'area di sovrapposizione di almeno 1/3, un unico valore di esposizione e di bilanciamento del bianco, una messa a fuoco uguale per tutti gli scatti.
Rendering stereoscopici: Nella *computer graphic* immersiva, i parametri geometrici che entrano in gioco non riguardano solo ampiezza e struttura del *FoV*, ma sono legati anche a principi di stereoscopia, funzionali alla per-

161 Cfr. Baglioni , Leonardo , e Romor Jessica. *Creazione e impiego di fotografie panoramiche*. Materiali del Corso di Fondamenti e Applicazioni della Geometria Descrittiva, Sapienza Università di Roma, 2013.
162 *Ivi*, p.20.
163 Cfr. *ibidem*.

cezione della tridimensionalità ovvero della profondità quando si osserva uno spazio e che derivano dalla nostra visione binoculare. Le immagini panoramiche a 360°, quindi, possono essere visualizzate, in visione monoscopica oppure subire ulteriori elaborazioni tramite le applicazioni *VR viewer* per la navigazione immersiva consentendo una visione stereoscopica. Per tale motivo, la creazione di contenuti di una proiezione a 360° può essere tecnicamente impegnativa in quanto vincolata al punto di vista della ripresa. A seconda dei movimenti del capo e della direzione di osservazione, infatti, possono venir meno i presupposti per una corretta interpretazione stereoscopica degli stimoli trasmessi dall'immagine rappresentata e generare anomalie percettive. Per ovviare a questi inconvenienti Jason Jerald consiglia di «far convergere la disparità tra gli occhi destro e sinistro nella parte superiore e inferiore della scena»[164]. In questo modo si avrà maggior realismo nella posizione centrale della scena rispetto ai poli dove, in tal caso, non andranno posizionati contenuti d'interesse primario, ma aspetti secondari o, meglio ancora, uno sfondo uniforme, privo di indizi di profondità e geometrie nette che risulterebbero fortemente deformate. I *render* stereoscopici, che possono essere creati con comuni *software* di modellazione (Fig.46), pertanto, imitano il procedimento proiettivo dell'apparato

Fig.45. Esempio di *Photomerge* a cura dell'autrice.

164 Jerald. 2015, op.cit., p. 247.

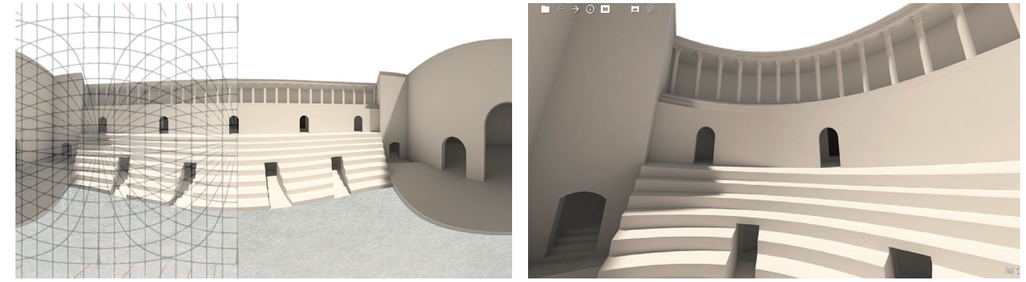


Fig.46. Esempio di render 360 a cura dell'autrice. L'immagine rappresenta un *frame* video inserito in un *tour* virtuale per la valorizzazione dei Campi Flegrei; progetto dell'Università di Napoli Federico II, responsabile scientifico prof. Alessandra Pagliano.

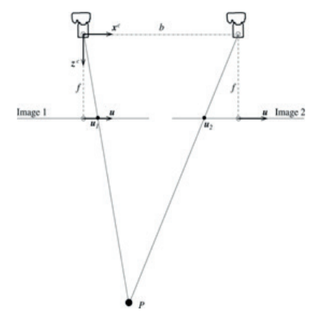


Fig.47. Wahbeh Wissam, 2011. Esempio di triangolazione stereofotogrammetrica.

visivo umano. «Quando si fissa su un oggetto, gli assi ottici oculari convergono, intersecandosi in un particolare punto chiamato di fissazione. La sua immagine proiettata sulle retine, in particolare, sulle fovee si forma su una coppia di punti retinici, uno per ciascun occhio, dai quali originano stimoli nervosi che il sistema della visione "fonde" in un singolo punto. Per questo motivo tali punti retinici sono chiamati corrispondenti; non sono simmetrici da un punto di vista anatomico, ma risultano funzionalmente accoppiati a causa del fenomeno della fusione sensoriale»[165].
Quindi, mentre a livello ottico vengono prodotte due immagini piane (una per ciascun occhio) non identiche ma con lievi differenze, in base al processo di "stereopsi", a livello cerebrale queste informazioni vengono reinterpretate in un'unica rappresentazione tridimensionale. In particolare, le tecniche stereoscopiche mirano a riprodurre la differente angolazione oculare, mediante la riproduzione di due immagini da due punti nodali differenti che abbiano parametri identici. I due punti di vista devono essere allineati su una direzione X orizzontale trasversale, ortogonale rispetto ad un asse Z, longitudinale davanti all'osservatore[166] (fFig.47).
Le informazioni di distanza, relative alla posizione del punto osservato nello spazio, vengono dedotte dai *software* mediante triangolazione, mentre le fasi principali per la realizzazione dei *rendering* riguardano: *application*, acquisizione dei dati geometrici, cromatici, caratteristiche dei materiali e tassellatura delle superfici in triangoli, *geometry,* applicazione delle tra-

165 Colace, Giuseppe, e Muratori Mario. "Televisione stereoscopica. Le basi della tecnica stereoscopica." *Elettronica e Telecomunicazioni*. 2004. http://www.crit.rai.it/eletel/2004- 2/42- 4.pdf. p. 28.

166 Cfr. Wissam, Wahbeh. *Architectural Digital Photogrammetry Panoramic Image-Based Interactive Modelling*. Tesi di Dottorato di Ricerca - Ciclo XXIII, Dipartimento della Storia, Disegno e Restauro dell'architettura, Roma: Università degli Studi di Roma"La Sapienza", 2011.

sformazioni sugli oggetti virtuali (illuminazione, ombreggiature, spostamenti, variazioni di scala) e definizione delle parti nascoste, *rasterization*, campitura dei triangoli a partire dai singoli *pixels* (applicazione delle *textures*, illuminazione, ombreggiature)[167].
Le due immagini vengono visualizzate dai *display* stereoscopici che, tramite specifiche lenti inserite nei visori, ricreano l'effetto della stereopsi. L'effetto può essere ricreato mediante stereoscopia attiva, mediante l'otturazione alternata delle lenti destra e sinistra oppure tramite filtri polarizzati, separando le componenti della luce per i due occhi, con un effetto qualitativamente inferiore. Oltre alla stereopsi vi sono altri fattori della rappresentazione spaziale che collaborano al senso di profondità, come aspetti luministici, ombreggiature, contrasti cromatici, *texture*, qualità che a loro volta interagiscono con caratteristiche fisiche dell'apparato visivo come accomodazione, convergenza oculare.
La **Qualità di rendering e illuminazione** o "fotorealismo" è definita come «l'indistinguibilità di un'immagine generata al computer con una fotografia»[168] quindi è legata all'alta risoluzione dell'immagine, alla profondità di colore, alla caratterizzazione grafica della scena in termini di verosimiglianza e dettaglio, e all'illuminazione. Quest'ultimo è uno dei fattori cardine nell'esperienza visiva in quanto l'interazione dei raggi luminosi con gli elementi di una scena consente una moltitudine di informazioni: la posizione e l'orientamento nello spazio, i materiali di cui sono fatti con le loro caratteristiche di riflettanza, trasparenza o opacità, le volumetrie, i colori; aspetti che si configurano come importanti indizi visivi per la comprensione della profondità e dell'ambiente circostante[169]. In quest'ottica la luce funge da linguaggio comunicativo per l'interpretazione dei segnali visivi e per una loro corretta decodifica semantica come agenti della composizione spaziale. Flynn, ad esempio, ha dimostrato che la luce influenza l'utente nell'orientarsi all'interno di una stanza, nella comprensione delle sue dimensioni e forma e nelle performance orientate al raggiungimento degli obiettivi[170].
L'incremento della velocità computazionale dei computer e della complessità degli algoritmi ha consentito effetti luministici sempre più complessi

167 Cfr. Wuthrich, Charles A. *Computer Graphics: 5-The graphics Pipeline*. materiali del corso Medieninformatik, Fakulttat Medien, Weimar: Bauhaus-Universitat Weimar, s.d., 1-54.
168 Zimmons, op.cit., P.1.
169 Cfr. Veitch, Jennifer. "Psychological processes influencing lighting quality" *Journal of the Illuminating Engineering Society* 30, n. 1 (2001): 124-140.
170 Cfr. op.cit., p.2.

Fig.48. Paul Michael Zimmons, 2004. Esempi di illuminazione ambiente, illuminazione locale e illuminazione globale.

Fig.49. Dispositivi messi a confronto da Nigel Newbutt nella sua ricerca.

nelle scene virtuali. I principali modelli usati per l'illuminazione di ambienti virtuali vengono definiti da Foley come: "illuminazione ambiente", "illuminazione locale" e "illuminazione globale"[171] (Fig.48). La prima modalità rappresenta l'ambiente illuminato da una luce diffusa e non direzionale. Si tratta di un'approssimazione che non tiene in conto delle qualità fisiche delle superfici, pertanto, l'effetto restituito sarà irreale, piatto e privo di ombreggiature.
L'illuminazione locale tiene in conto della direzionalità delle fonti luminose e le considera come puntiformi. Diversamente da quanto avviene con la luce ambiente, in questo caso le superfici avranno una differente luminosità in relazione al diverso angolo d'incidenza dei raggi luminosi e alla distanza dalla fonte irradiante. Questo tipo di illuminazione produce ombre ed effetti chiaroscurali nitidi e dai forti contrasti. L'effetto complessivo dell'illuminazione locale è dato dalla somma degli effetti di ciascun punto luce.
L'illuminazione globale è quella che richiede calcoli più complessi. Essa tiene in conto la totalità delle fonti luminose in un ambiente e quindi somma gli effetti di entrambe le modalità d'illuminazione. Inoltre, l'illuminazione globale include anche i fotoni diffusi dalle superfici per emissione indiretta. L'ambientazione che ne deriva è particolarmente realistica con ombre e effetti chiaroscurali che vengono smorzati dall'ibridazione delle diverse metodologie.

I dispositivi di output: Gli *output device,* che veicolano le informazioni sensoriali, si distinguono in base alla tipologia di percezioni che trasmettono e come si è visto possono condizionare il livello di immersione. I sistemi più complessi riescono ad agire su quasi tutti i canali sensoriali, ma i più comuni si limitano ad *output* di tipo visivo e uditivo. Mentre nei sistemi

171 Cfr. *ivi*. p.6.

non immersivi i dispositivi di *output* sono costituiti da schermi, monitor, pannelli o pareti per proiezioni fino a dispositivi portatili come tablet o smartphone, nella *VR* immersiva, le immagini sono filtrate dalle doppie lenti dei caschi *HMD* che vengono denominati *non-see-through*, in quanto isolano completamente rispetto a qualsiasi stimolo esterno.
Queste strumentazioni consentono le condizioni ideali di immersione, al contrario delle *video-see-through* e *optical-see-through* usate invece nella realtà aumentata o virtualità aumentata, in cui si mantiene comunque un contatto visivo con il contesto reale.
Tra i principali sistemi *HMD*: *Play Station VR*, lanciato dalla *Sony* nel 2016, *Gear VR*, sviluppato da *Samsung Electronics* in collaborazione con *Oculus* nel 2015, *Oculus Rift*, lanciato sul mercato nel 2014. Quest'ultimo è probabilmente, tra tutti, quello più utilizzato anche in applicazioni che esulano dal campo del *gaming* come quello terapeutico o didattico. Una recentissima sperimentazione è stata svolta da Nigel Newbutt proprio allo scopo di confrontare le prestazioni e l'usabilità di alcuni visori e la loro efficacia in campo educativo piuttosto che ludico. I visori presi in esame sono stati: *HTC Vive, ClassVR* e *Google Cardboard* (Fig.49, cfr. glossario).
La ricerca ha dimostrato che la superiorità del *comfort* e della qualità grafica del dispositivo *HTC* influiscono in maniera sostanziale nelle prestazioni, supportando il potenziale educativo del programma e riducendo gli effetti negativi[172]. Il ruolo dei *tracker* inseriti nei visori è fondamentale per conferire stabilità e realismo all'esperienza. La registrazione costante di posizione e orientamento nello spazio, consentono in qualsiasi momento di adattare la scena ai movimenti del capo e degli occhi. Ad esempio, muovendo lo sguardo a destra, il computer deve simultaneamente rigenerare l'immagine spostando l'inquadratura verso sinistra, analogamente, a una rotazione del capo corrisponde un riassetto della rappresentazione in direzione opposta al fine di stabilizzare la scena virtuale. Per garantire un buon livello di immersione i dispositivi *HMD* devono, quindi, intervenire su più fattori: accuratezza nel tracciamento, bassa latenza e attenta calibrazione[173].
Le periferiche di *output* per la *VR* non coinvolgono esclusivamente il senso della vista e dell'udito, ma possono illudere anche il senso del tatto, attraverso guanti (*data gloves*) che, tramite sensori di movimento, consentono di manipolare "virtualmente" elementi dell'ambiente simulato. Perché ciò sia possibile, il sistema deve riuscire a simulare *input* di tipo

172 Cfr. Newbutt, Nigel , Ryan Bradley, e Iian Conley. "Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children:Views, Experiences, and Future Directions." *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 23, n. 1 (2020): 23-33.
173 Cfr. Jerald, 2015, op. cit., p. 34.

tattile, ma anche a recepire *output* provenienti dal nostro organo sensorio, quali spostamenti e forze[174]. Gli *haptics* sono forze artificiali che si interpongono tra gli oggetti virtuali e il corpo dell'utente. Queste possono essere attive o passive, a seconda che siano reazioni dinamiche, di ritorno dal sistema o azioni su oggetti statici. Possono inoltre essere sensazioni tattili, forze propriocettive (che agiscono sulla muscolatura e le articolazioni) ed essere autogenerate dalla propria mobilità o generate dallo spazio circostante mediante *Collision Detection*[175]. Anche in questo caso l'efficacia dell'interazione non dipende solo dalla tecnologia utilizzata, in quanto le caratteristiche umane giocano un ruolo fondamentale in relazione alla consapevolezza del proprio corpo nello spazio, alla capacità di percepire il movimento e di controllare la postura. Questi fattori possono variare in relazione non solo a fattori fisici, i quali possono influire nell'equilibrio e nella gestione dei movimenti del corpo o di parti di esso, ma anche da alterazioni nei processi cognitivi che influenzano i recettori propriocettivi come nel caso dell'autismo.

2.4.3. Aspetti di fattore umano nell'interazione con il sistema

Come anticipato, l'esperienza immersiva non dipende esclusivamente da parametri di ordine tecnologico, ma entrano in gioco anche molteplici aspetti che riguardano le modalità con cui l'uomo si relaziona al sistema e ai dispositivi *VR*. Ad esempio, si devono tenere in conto fattori fisiologici e psicologici individuali che intervengono nei processi percettivi e che, pertanto, collaborano a restituire sensazione di presenza, orientamento, coinvolgimento emotivo.

Presenza: Il senso di presenza è fortemente connesso al livello di immersione, ma rispetto a quest'ultimo esso risente maggiormente di condizionamenti di tipo percettivo piuttosto che tecnologico[176]. Sebbene quindi un'alta immersività sia un presupposto fondamentale per consentire buoni livelli di presenza, questa non è automaticamente determinata, in quanto presuppone una serie di altri fattori fisiologici e psicologici che variano da un individuo all'altro.
L'*International Society for Presence Research* assume una posizione uffi-

174 Valori tipici per simulare l'interazione con una buona varietà di oggetti `e almeno 10 N a 1000 Hz. Cfr. Guitiàn et al. op.cit, p.7.
175 L'impatto con oggetti intercettati durante la mobilità in ambiente virtuale viene rilevato dai sensori e tramutato in feedback aptico. Cfr..glossario.
176 Cfr. Jerald, 2015, op.cit.,. p. 46.

ciale nel definire il senso di presenza, adottando una definizione in progressiva evoluzione che segua nel tempo i rapidi sviluppi dell'evoluzione tecnologica:

> The Concept of Presence: Explication Statement:
> Presence (a shortened version of the term "telepresence") is a psychological state or subjective perception in which even though part or all of an individual's current experience is generated by and/or filtered through human-made technology, part or all of the individual's perception fails to accurately acknowledge the role of the technology in the experience. Except in the most extreme cases, the individual can indicate correctly that s/he is using the technology, but at *some level* and to *some degree*, her/his perceptions overlook that knowledge and objects, events, entities, and environments are perceived as if the technology was not involved in the experience. Experience is defined as a person's observation of and/or interaction with objects, entities, and/or events in her/his environment; perception, the result of perceiving, is defined as a meaningful interpretation of experience.[…] Presence occurs when part or all of an individual's experience is mediated not only by the human senses and perceptual processes but also by human-made technology (i.e., "second order" mediated experience) while the person perceives the experience as if it is only mediated by human senses and perceptual processes (i.e., "first order mediated experience)[177].

Secondo Biocca i modelli spaziali prodotti dall'immaginazione si basano su proprietà analoghe a quelle dei recettori sensoriali e dipendono dai meccanismi neurali connessi alla percezione spaziale[178]. La presenza potrebbe quindi essere considerata una forma d'illusione percettiva generata dagli stimoli che la *VR* trasmette agli organi sensoriali.
Si tratta della consapevolezza individuale di sentirsi effettivamente coinvolti in prima persona nell'esperienza che si sta vivendo anche se questa non è reale. Assumendo che tale sensazione sia definita da un modello spaziale mentale, la presenza può gradualmente trasferirsi dallo spazio fisico a quello virtuale[179]. Portata ad alti livelli, essa può indurre una temporanea amnesia nei confronti del contesto fisico, fino al punto di non percepire più il *medium* tecnologico che si interpone tra l'utente e il mondo percepito. La persona coinvolta da un alto senso di presenza non *avrà* la sensazione di osservare uno spazio rappresentato, come avviene nel caso di un dipinto o di una riproduzione video, ma si porrà nella condizione emotiva di visitare un luogo fisico.
Questa sensazione incrementa durante l'azione ed è labile in quanto dipende dal livello di attenzione dell'utente nei confronti di tutti gli elementi della composizione spaziale, pertanto, è facile perderla. È quindi importante che non interrompano momenti di *break-in-presence.* Si tratta di momenti in cui l'illusione generata dalla *VR* viene meno e l'utente prende coscienza del reale contesto in cui si trova.
Le interruzioni di presenza possono essere causate da malfunzionamenti tecnici, intralci del filo, suoni o voci esterne alla *VR*. Spesso si è portati a pensare che la presenza sia legata al realismo delle scene; alla fine degli anni'90 Heeteril, Witmer, Singer consideravano il fotorealismo una qualità primaria nel favorire l'immersione e il senso di presenza. Tuttavia, uno studio del 2004 dell'Università del North Carolina a Chapel Hill, smentisce queste ipotesi, verificando che l'elevato realismo delle immagini incide nel senso di presenza solo in specifiche condizioni come, ad esempio, in esperienze a basso coinvolgimento emotivo e ambienti con minimi contenuti visivi. Un ambiente ricco di dettagli da un lato aiuta l'utente a migliorare il senso dell'orientamento e a valutare la sua posizione nello spazio, dall'altro comporta uno stress visivo che richiede maggior concentrazione e attenzione per lo svolgimento delle azioni e quindi può configurarsi come un ostacolo al raggiungimento degli obiettivi dell'esperienza virtuale[180].

Place illusion (PI): Così definito da Slater[181], è la condizione principale affinché si verifichi una sensazione di presenza. Da una prospettiva egocentrica il mondo reale appare stabile anche se noi muoviamo la testa. Questa percezione non deriva esclusivamente dalle proiezioni che si gene-

177 International Society for Presence Research. (2000). *The Concept of Presence: Explication Statement*. Retrieved <2020> from https://smcsites.com/ispr/
178 Cfr. Nilsson, Niels Christian, Rolf Nordahl, e Stefania Serafin . "Immersion Revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence". *Humantechnology* 12, n.2 (2016): 108-134. p.120.
179 Cfr. *ibidem*.
180 Cfr. Zimmons, op.cit, p.45.
181 Cfr. Slater, Mel. "2009. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments". *Phiolophical Transactions of Royal Society,* 2009: 3549–3557.

rano sulla superficie retinica, ma anche da indicatori provenienti da corpo e mente, come il sistema vestibolare e propriocettivo[182]. Per questo motivo le persone con compromissioni a livello neurologico hanno difficoltà a interagire con il contesto a causa della loro scarsa consapevolezza spaziale. Analoghe disfunzioni percettive possono verificarsi in un ambiente virtuale se il sistema non è stabile, ad esempio, se la renderizzazione delle immagini non è simultanea ai movimenti oculari, se brillantezza, colori, contrasto sono a bassa risoluzione o se il campo visivo della rappresentazione è difforme dal normale. In un dispositivo *HMD*, i *display* visivi sono posizionati a breve distanza dagli occhi in modo tale che i sistemi di tracciamento oculare assicurino in ogni momento un aggiornamento delle immagini in relazione ai movimenti del capo, facendo convergere l'inquadratura verso la direzione osservata[183]. Questo fa sì che si stabilisca una coerenza tra le sensazioni percepite e gli stimoli provenienti dagli elementi di composizione spaziale. È importante, infatti, che l'utente abbia l'illusione che la sua interpretazione dello spazio e di conseguenza il suo modo di muoversi al suo interno, derivi da un'interazione diretta con gli elementi in esso contenuti, come se essi esistessero fisicamente. Qualsiasi intromissione nella libertà di interazione con l'ambiente, pertanto, riduce la presenza spaziale. È il caso, ad esempio di cavi che possono intralciare i movimenti, di limitazioni al campo visivo, di ingombri sui quali si può inciampare o di un'instabilità nelle immagini. La percezione della tridimensionalità e quindi della profondità è un fattore di importanza primaria per l'illusione spaziale. Tutte le rappresentazioni che simulano la tridimensionalità, sfruttano le proprietà di particolari segni nel concorrere al giudizio di profondità. Alcuni di questi indizi di profondità sono riportati da uno studio svolto presso il centro di ricerche e Innovazione Tecnologica della RAI di Torino:
Il movimento parallattico: la velocità di spostamento di un oggetto vicino sembra maggiore di quella di uno lontano.
La prospettiva lineare: un oggetto di grandezza costante sottende angoli progressivamente minori (quindi è visto più piccolo), man mano che si allontana. L'esempio più classico è la convergenza apparente di due rette parallele che si allontanano dall'osservatore.

182 Cfr. Jerald, Jason, Tabitha Peck, Frank Steinicke, e Mary C Whitton. "Sensitivity to Scene Motion for Phases of Head Yaws." *Conference: Proceedings of the 5th Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization* . Los Angeles, California, USA,: APGV, 2008. 155-161.
183 Cfr. Slater, Mel. "2009. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments." *Phiolophical Transactions of Royal Society*, 2009: 3549.

La sovrapposizione dei contorni: un oggetto che interrompa i contorni di un altro viene percepito come anteposto all'altro. Questo è un fattore molto importante per le inquadrature nelle riprese stereoscopiche.
La distribuzione delle luci e delle ombre: il chiaro-scuro genera una impressione di rilievo e quindi di profondità relativa.
La familiarità con oggetti noti: la distanza tra oggetti noti viene giudicata anche in base alla loro grandezza apparente.
La prospettiva aerea: la foschia atmosferica influenza il contrasto e il colore degli oggetti situati più lontano. Inoltre, ne sfuma i contorni. Il fenomeno viene spesso utilizzato in fotografi a mettendo a fuoco il soggetto principale e sfocando ad arte gli altri piani, in particolare, lo sfondo.
L'accomodazione del cristallino: ovvero la modificazione della sua forma per mettere a fuoco l'immagine sulla retina, a carico della muscolatura intrinseca.[184]
Texture: Kline e Witmer (1996) hanno dimostrato che l'uso dei dettagli delle *texture* migliora la capacità di una persona di giudicare le distanze. Jaeger (1998) ha eseguito studi sugli elementi segnici delle di trame e stima della distanza in ambienti virtuali. Scoprì che anche semplici *texture*s migliora-vano capacità del partecipante di stimare le distanze[185].

Embodiment: La sensazione di essere coinvolti fisicamente nell'esperienza virtuale migliora notevolmente il senso di presenza. Secondo Slater il corpo è il centro focale dove illusione e credibilità dello spazio si fondono[186]. Durante la normale interazione non mediata con gli ambienti, l'uomo riceve continuamente informazioni sensoriali attraverso il suo corpo, pertanto, è attraverso le funzionalità proriocettive e la consapevolezza di sé, che l'utente reagisce con una maggiore o minore illusione di presenza fisica nella *VR*[187].
Questa è prevalentemente connessa alla modalità di visualizzazione e alla possibilità di vedere parti del proprio corpo[188]. Alcune navigazioni, infatti, precludono questa possibilità o, all'opposto, rappresentano per intero il corpo dell'*avatar* impegnato nell'azione. Entrambe le tipologie di visualiz-

184 Colace, op.cit.,. p.31.
185 Cfr. Zimmons, op.cit.
186 Cfr. Nilsson Niels Christian, Nordahl Rolf, Serafin Stefania, 2016. Immersion Revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Humantechnology*. November 2016, Volume 12(2), p.126
187 Cfr. Nilsson, op.cit, p.126
188 Cfr. § 2.3

zazione, seppure con inquadratura ad altezza d'occhio, si discostano dalla naturale osservazione della realtà. Nel primo caso, non riuscire ad avere una relazione visiva con sé stessi, può generare difficoltà nel percepire le dimensioni del proprio ingombro nello spazio e quindi a stabilire una corretta interazione con gli oggetti, con il contesto e con eventuali altri utenti presenti nell'ambiente virtuale. D'altro canto, osservare il proprio *avatar* per intero, può dare la sensazione di vivere l'esperienza indirettamente, per interposta persona. Poter visualizzare, con un'inquadratura soggettiva, i propri arti durante il movimento e nell'interazione con gli oggetti (ad es. visualizzare la propria mano che afferra qualcosa o la parte del corpo che urta un elemento dello spazio), rafforza profondamente il senso di presenza con un effetto che viene definito *rubber hand illusion*[189]. Il fatto che ciò che si visualizza di sé corrisponda alla propria conformazione fisica è irrilevante. D'altronde Maltz fa riflettere sul fatto che non sempre percepiamo noi stessi in maniera oggettiva, ma abbiamo della nostra immagine una visione distorta, pertanto, visualizzarsi con altre caratteristiche rispetto alla realtà potrebbe non condizionare il senso di presenza[190]. Non si tratta, tuttavia di una condizione generalizzabile in quanto, se comunemente il senso di empatia aiuta a mettersi nei panni di qualcun altro, e quindi anche a vestire gli abiti di un *avatar*, per persone non neurotipiche questo processo non è scontato. Nel caso specifico dell'autismo un problema diffuso riguarda non solo difficoltà a immaginare sé stessi, ma anche a immedesimarsi negli altri, pertanto, la visione di un corpo virtuale dissimile dal proprio, potrebbe precludere una sensazione di totale presenza nella scena. Uno studio inglese, della *Anglia Ruskin University*, approfondisce in maniera mirata l'osservazione della *self-consciousness* negli *ASD* misurando il senso di immedesimazione in un corpo virtuale. L'esperimento, che consiste nell'osservazione del proprio corpo di spalle attraverso un visore *VR* (Fig.50), dimostra che le persone *ASD* hanno una minore capacità di identificazione nel corpo visualizzato, pertanto, maggiori difficoltà a immedesimarsi e collocarsi spazialmente per tramite di un *avatar*[191].

Interaction: L'interattività è una delle caratteristiche che maggiormente contraddistingue il mondo immersivo dai media tradizionali. «A differenza dei normali computer che accettano solo comandi precisi e discreti via tastiera o mouse, i sistemi di *VR* hanno la proprietà di monitorare continua-

189 Cfr. Jerald, 2015, op.cit., p. 47
190 Cfr. Jerald, 2015, op.cit., p.48
191 Cfr. Mul, Cari-lene, Flavia Cardini , Steven D Stagg, e Shabnam Sadeghi-Esfahlani. "Altered bodily self-onsciousness and peripersonal space in autism." *Autism : the international journal of research and practice*, Nov 2019: 2055-2067.

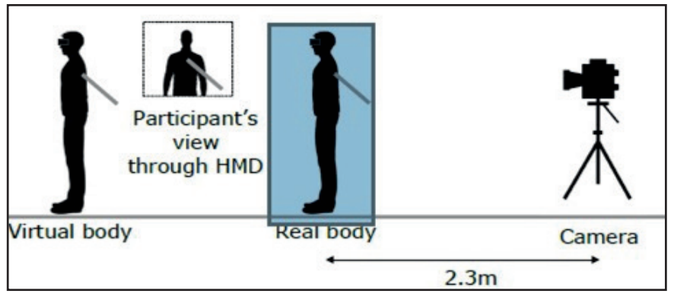


Fig.50. Mul, Cari-lene, Flavia Cardini , Steven D Stagg, e Shabnam Sadeghi-Esfahlani; schema descrittivo dell'esperimento.

mente i movimenti e le azioni di ogni parte del corpo dell'utente e di far corrispondere alle azioni di questi quelle riprodotte nell'ambiente virtuale […]»[192]. La capacità di risposta del sistema (in termini di *output* multisensoriali) agli *input* forniti dall'utente, costituisce un fattore importante per valutare il livello di interattività della *VR*. Anche da ciò dipende il livello di presenza e di coinvolgimento fino al punto da isolare completamente l'utilizzatore dal contesto circostante. «Dal momento che il nostro sistema percettivo motorio è ottimizzato per l'interazione con il mondo reale, un'alta correlazione tra i movimenti percepiti direttamente dall'utente attraverso il sistema percettivo e cinestesico e quelli eseguiti nell'ambiente virtuale è la condizione che crea il più alto livello di presenza»[193]. Le modalità di interazione sono diverse per ogni tipologia di *VR* e dai dispositivi utilizzati, con un diverso livello di ergonomia e di naturalezza nell'azione. L'illusione dell'interazione è fortemente connessa alle modalità di risposta del sistema quando l'utente viene in contatto con lo spazio virtuale e con i suoi oggetti.

Per questo sono fondamentali gli *haptics*, nella misura in cui riescono a restituire un *feedback* verosimile agli *input* forniti dall'interazione. Oltre alle risposte tattili e alle forze che entrano in gioco, nell'interazione sono importanti anche le modalità di risposta visiva nei confronti dei movimenti del capo. Guardarsi attorno, infatti, non è sufficiente ad avere la sensazione di trovarsi nello spazio circostante, sono necessari altri stimoli che mettano in contatto l'osservatore con la realtà rappresentata. L'illusione dell'interazione riguarda anche la comunicazione con personaggi virtuali. La "presenza sociale" non dipende dal realismo fisico, pertanto, anche

192 Ravasio, op. cit., p. 52.
193 *Ibidem*.

un interlocutore virtuale può dare la sensazione di uno scambio interpersonale se la sua comunicazione non avviene solo sul piano verbale, ma anche gestuale e delle espressioni facciali. Le ambientazioni virtuali sono spesso usate per superare problemi legati alla socializzazione; le persone autistiche, ad esempio, riescono così a sperimentare situazioni sociali problematiche, in modo che possano abituarsi gradualmente allo scambio interpersonale e imparare a comprenderne le dinamiche.

Percezione e modalità di movimento: Nella *VR* non è il corpo dell'utente a spostarsi, bensì la scena e, anche in questo caso, il realismo dell'effetto è legato al livello di illusione percepita dai recettori sensoriali. La gestione dei movimenti che avvengono all'interno di una scena virtuale con un sistema *HMD*, è basata su un riferimento di coordinate globali, rispetto alle quali è individuato qualsiasi oggetto nello spazio e i suoi spostamenti.
Se il nostro *target* visivo è statico, quando muoviamo la testa la scena che stiamo visualizzando deve modificarsi con uno spostamento in direzione opposta per darci la sensazione che lo spazio attorno a noi sia immobile mentre il nostro sguardo si sposta e non viceversa. Ad esempio, girando la testa di 10° a destra il capo visivo deve subire una rotazione di 10° a sinistra affinché l'ambiente che stiamo guardando resti stabile. Allo stesso modo se lo spostamento avviene in avanti la scena si deve espandere aprendo la visuale in direzione dell'osservatore. Il "rapporto di posizione" mette in relazione la posizione dello spazio intorno a noi con la rotazione della nostra testa e nel "mondo reale" è pari a 0[194].
Il movimento sarà percepito in maniera più realistica se si tiene in conto di alcuni fattori psicologici. Ad esempio, siamo abituati a immaginare gli oggetti più lontani di una scena come più stabili rispetto a quelli più vicini, pertanto, l'effetto di movimento dev'essere rafforzato per gli elementi osservati sul fondo dell'ambientazione. Questa modalità è basata sul principio di *position constancy*, ovvero una modalità percettiva che ci consente di distinguere e interpretare le immagini di movimento proiettate dalla retina mettendo in relazione lo spostamento dei nostri occhi e della nostra testa con i riferimenti spaziali. Un valore del rapporto di posizione diverso da 0, nei caschi *HMD* viene percepito come una instabilità della scena e può generare problemi di *motion sickness*. Nei caschi privi di *eye tracking* la scena si muove nella stessa direzione della testa con un rapporto di posizione pari ad 1, mentre nei caschi con tracciamento oculare avviene un iniziale spostamento della scena in direzione del capo e una successiva

194 Cfr. Jerald, 2015, op. cit., p.141.

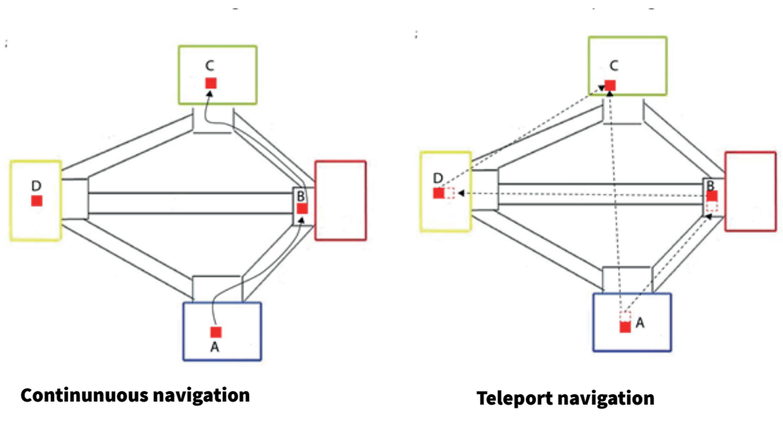
inversione di movimento in direzione opposta, quando il movimento del capo rallenta, fino al raggiungimento del valore 0, riducendo notevolmente gli effetti negativi dovuti all'immersione[195]. Anche l'osservazione di oggetti in movimento, durante la rotazione della testa risponde a specifiche caratteristiche percettive le quali, imitate in ambiente virtuale, possono favorire ulteriormente la sensazione di presenza. Uno studio dell'università del North Carolina e dell'Università di Münster (Germania), chiarisce che le condizioni di visibilità umana mutano durante il movimento della testa in relazione alla direzione di spostamento dell'immagine che si sta osservando. I risultati si riferiscono ad una situazione di immobilità oculare e rilevano che la soglia visiva aumenta quando l'immagine segue la direzione del movimento del capo[196]. Pertanto, in una scena virtuale con oggetti in movimento i tempi di visualizzazione delle figure mobili, per essere verosimili, devono ridursi qualora gli spostamenti abbiano direzione opposta alla rotazione dello sguardo.
Le modalità di navigazione nelle scene possono essere più o meno realistiche e implicare o meno movimenti corporali. Alcuni dei primi lavori di Slater e dei colleghi, Usoh e Steed, sulla locomozione hanno scoperto che la sensazione soggettiva di presenza è maggiore quando si finge di camminare sul posto piuttosto che premere un pulsante[197].
L'artificial locomotion è probabilmente il sistema più intuitivo, in quanto la direzione di movimento è gestita direttamente dalla rotazione della testa, che viene registrata dai sensori inseriti nel visore. Questa metodologia consente un'inquadratura soggettiva ed è il sistema più diffuso nel mondo del *gaming*. Durante la navigazione, l'attivazione del movimento si avvia mediante pressione su *controller* che dev'essere mantenuto durante tutta la durata dello spostamento. La simultaneità dei movimenti del capo con la gestione dei *controller* può generare difficoltà d'uso per utenti non esperti o con problematiche di coordinazione. Tuttavia, trattandosi di una navigazione continua, il processo di conoscenza dello spazio viene agevolato dalla facilità nel creare collegamenti mentali tra le diverse parti dello spazio rappresentato.
La possibilità di costruire uno schema mentale dei percorsi, ne semplifica anche la memorizzazione. La controindicazione, in questo caso, è costituita dall'incoerenza percettiva tra il sistema vestibolare e quello visivo, dovuta all'immobilità fisica durante il movimento. Quest'aspetto incre-

195 Cfr. *ivi*, p.142.
196 Cfr. Jerald, 2008. Op.cit., pp 9–10.
197 Cfr. Nilsson, op.cit, p.127.

menta i problemi di chinetosi, riscontrati a volte con l'uso dei caschi. Tali disfunzioni possono essere ridotte, non solo con l'uso di tecnologie più sofisticate, come quelle per il tracciamento focale, ma anche con l'uso dell'*arm swinging* ovvero il movimento ondulatorio delle braccia e la loro visualizzazione nell'ambiente virtuale. Si tratta di un espediente che si basa sulla possibilità di ingannare parzialmente il sistema vestibolare per fargli credere che anche il corpo si trovi in movimento.[198]
La modalità *teleport* o discontinua, consente invece salti visivi da una scena all'altra riducendo i tempi di spostamento (cfr. §4.2, §4.3.1, §4.4.1) . Se quest'aspetto riduce la sensazione di malessere, d'altro canto la configurazione dell'immagine mentale dell'ambiente risulta più frammentaria con maggiore complessità nell'orientamento e nell'interpretazione dello spazio (Fig.51).

Navigazione e Wayfinding: Questi termini non sono sinonimi, ma si riferiscono a due fattori fortemente connessi e interdipendenti. Mentre il primo è un concetto più generare, che riguarda sia il movimento che l'orientamento, il secondo è probabilmente l'aspetto che maggiormente dipende da caratteristiche cognitive, in quanto è relazionato alla capacità

Fig.51. Confronto tra navigazione continua e navigazione discontinua.



198 Cfr. Rossi Daniele, op.cit., pp.977-984.

di costruire delle mappe mentali[199]. Queste sono immagini non acquisite dal sistema visivo, ma costruite direttamente a livello cerebrale e, pertanto, comunemente denominate *picture in the head*. Se riferite alla navigazione, esse migliorano la capacità di orientarsi, in quanto consentono di costruire connessioni tra le parti di uno spazio, dando a ogni elemento una collocazione in riferimento alle altre.
Persone con difficoltà di astrazione e immaginazione, hanno sicuramente maggiori problemi di orientamento e, in questi casi, sono le caratteristiche della figurazione spaziale, in concomitanza con le tipologie di movimento, che collaborano al senso di orientamento. Anche per le persone neuro tipiche, i problemi di navigazione aumentano quando lo spazio circostante non può essere colto da un solo punto di vista, ma è abbastanza esteso da implicare il movimento.
«La necessità di mantenere un concetto di spazio e la posizione relativa tra gli oggetti e il luogo è essenziale per la navigazione. Questa è detta "comprensione spaziale", e come per la comprensione verbale, riguarda l'abilità di percepire, capire, ricordare, e richiamare [alla mente immagini] per riusarle in futuro»[200]. Conoscere quali siano gli elementi che aiutano la conoscenza e l'orientamento nello spazio è, pertanto, fondamentale per una progettazione di un ambiente virtuale *human centered*.
Gli strumenti che veicolano le informazioni dello spazio possono essere "primari" o "secondari". I primari provengono direttamente dall'ambiente, ad es. gli elementi del costruito, edifici, marciapiedi, monumenti di un contesto urbano possono servire come riferimenti spaziali o linee guida per il movimento. I secondi invece sono indiretti e non forniti dall'ambiente, come mappe, indicazioni di direzione o istruzioni. In particolare, l'uso delle mappe presuppone una modifica nelle modalità di visualizzazione, da una prospettiva egocentrica (o soggettiva) a una geocentrica, con conseguente complicazione delle modalità di navigazione.
Ciò può avere conseguenze nel senso di immersione e presenza, soprattutto in persone non esperte o non neurotipiche, pertanto, in questi casi, è consigliabile limitarne l'uso a una fase preliminare di pianificazione del percorso, evitando trasformazioni nei punti di vista. Tuttavia, l'esito della rappresentazione spaziale che si costruisce a livello mentale è condizionato dal metodo utilizzato per acquisirla, ovvero, se tramite navigazione diretta o mappe. Nel primo caso si costruisce una rete di relazioni tra ele-

199 Cfr. Darken, Rudolph P., e Barry Peterson . "Spatial orientation, wayfinding, and representation." In *Handbook of Virtual Environment Technology*, di Kay M. Stanney, 26. CRC Press, 2001.
200 *Ivi*, p.2.

menti nodali dello spazio, ma non si sviluppa la possibilità di fare percorsi con un ordine diverso da quello esperito (ad es. se si passa da A a B e da B a C, non si potrà passare da A a C con un diverso percorso se non attraverso B) (Fig.51). Nel secondo caso invece, avendo una visione globale del modello spaziale, sarà possibile procedere la navigazione tramite *jump* e quindi passando da un punto ad un altro in maniera diretta e variabile. Si tratta tuttavia, in questo caso, di un tipo di conoscenza che mette in relazione parti differenti dello spazio senza dare una reale percezione delle distanze[201]. In *VR* è possibile navigare direttamente tramite una mappa o avere una visione combinata, egocentrica ed exocentrica. La visualizzazione simultanea però non è adatta a tutte le tipologie di utenti, in quanto richiede dimestichezza nella gestione dei dispositivi di *input* e notevoli capacità di astrazione spaziale.
Come anticipato, quindi, gli aspetti di fattore umano condizionano fortemente il *wayfinding* non solo a livello cognitivo, ma anche sensoriale. La consapevolezza propriocettiva, ad esempio, agisce sia a livello conscio che inconscio, per darci indicazioni che riguardano la nostra posizione nello spazio, la direzione di spostamento, e la consapevolezza delle forze che entrano in gioco quando interagiamo con l'ambiente.
Normalmente, queste informazioni vengono trasferite al cervello dai muscoli, tendini e nervi del corpo, pertanto, quando un sistema di *VR* non prevede la simulazione di tali *input*, la progettazione delle strutture spaziali e delle modalità di movimento è ancora più importante. In questi casi il sistema visivo deve infatti sopperire alla mancanza di dati, veicolando in maniera appropriata le informazioni che riguardano i riferimenti spaziali, tenendo anche in conto i problemi di discrepanza tra sistema visivo e sistema vestibolare.
La maggior parte dei problemi di chinetosi o *cybersickness*, sono infatti generati dall'incoerenza percettiva tra le informazioni trasmesse dal corpo statico e quelle simultaneamente veicolate dagli occhi che registrano il movimento. Tale discrepanza incrementa durante l'accelerazione in quanto questa non viene registrata dagli organi otoliti[202]. I sintomi sono, pertanto, simili a quelli del mal di mare possono essere ridotti tramite alcuni accorgimenti: mediante sofisticate strumentazioni, che riescono a regolare la messa a fuoco, attraverso tracciamento oculare, adottando una navigazione con una modalità di movimento discontinua, *teleport* o, ancora,

201 Cfr. *ibidem*.
202 Ogni set (destro e sinistro) di due organi otoliti funge da accelerometro a tre assi, misurando l'accelerazione lineare. La cessazione del movimento lineare viene rilevata quasi immediatamente dagli organi degli otoliti. Cfr. Jerald, 2015, op.cit., p. 106.

procedendo con un'andatura a velocità costante e priva di accelerazioni improvvise.

2.4.4. Una strada verso l'inclusione

Nell'ultimo decennio le applicazioni di Realtà Virtuale hanno avuto un rapido incremento in svariati settori, soprattutto nel campo del *gaming,* ma sempre più spesso si comincia, anche in Italia, a sentir parlare di implementazioni applicabili alla scena educativa. In particolare, la realtà virtuale ha prodotto ottimi risultati nel *training* in ambiente simulato, in quanto consente di fare pratica in piena sicurezza prima di procedere alle esperienze reali e di settare in maniera mirata le caratteristiche del sistema, dosando gli *input* trasmessi in relazione all'utenza di riferimento. Si tratta di un'interfaccia informatica avanzata che, tramite la riproduzione-imitazione tridimensionale di contesti reali, offre la possibilità di poter effettuare, al loro interno, esperienze immersive e multisensoriali. I primi studi sulle esperienze multisensoriali si sviluppano intorno agli anni '50, quando viene sperimentato un complesso macchinario, "sensorama", che riesce a sollecitare tutti i sensi facendo interagire diverse tecnologie: immagini stroboscopiche, altoparlanti, emissione di aromi, flussi d'aria e un manubrio tattile; inoltre la poltrona utilizzata, riesce a simulare effetti ondulatori, tramite sistemi di contrappesi e leve.
Grazie agli studi di Ivan Sutherland presso l'università dello Utah, intorno agli anni'60 si approda al primo sistema digitale per la visualizzazione di un ambiente virtuale. Tutto ciò che viene percepito dai sensi (vista, udito, tatto, olfatto), è riprodotto dal computer, e l'azione-interazione avviene in tempo reale. In pratica l'utente partecipa alla scena fittizia come se vivesse un'esperienza reale, anche con la possibilità di interagire con altri e con l'ambiente. Lo stesso Sutherland, quando nel'65 cerca di far comprendere la portata della sua ricerca, si esprime così: «Lo schermo è una finestra attraverso la quale uno può vedere un mondo virtuale. La sfida è fare in modo che quel mondo appaia reale, si comporti in modo reale, emetta suoni reali, e si senta reale»[203].
La verosimiglianza spazio-temporale, la sincronizzazione tra *input* utente e risposta del sistema, la velocità di renderizzazione e l'accuratezza sono ancora oggi i principali requisiti che una tecnologia di *VR* deve soddisfare. Tali presupposti, inerenti caratteristiche *hardware* e *software* del sistema, si interfacciano con molteplici aspetti di fattore umano che condizionano l'esito dell'esperienza.

203 Ivan Sutherland, in Guitiàn, op.cit. pp298-330.

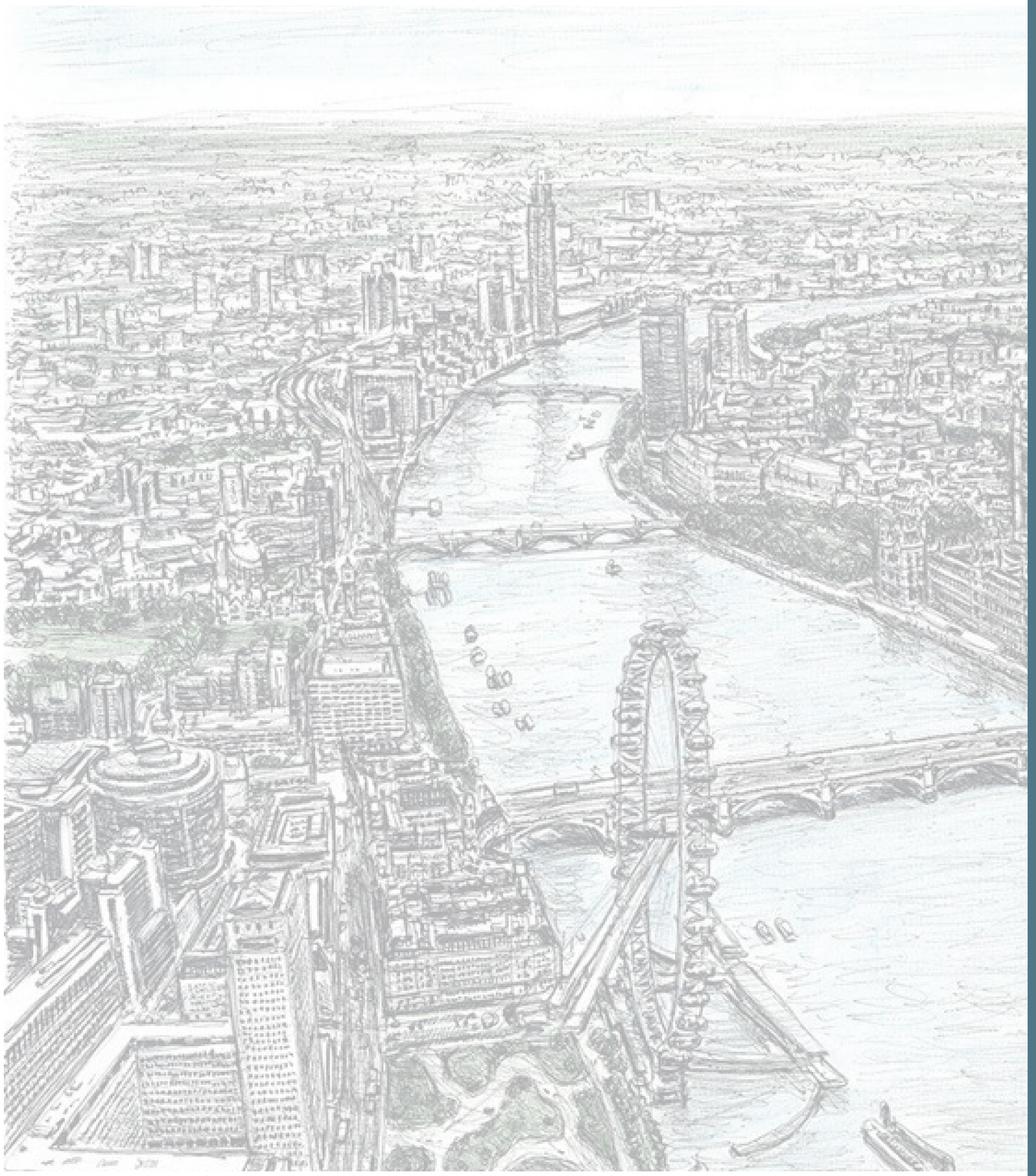
Antonio Ravasio, a tal proposito, evidenzia un aspetto importante dei sistemi immersivi, ovvero il fatto che l'interazione con la *VR* comporti un cambiamento nel nostro modo di relazionarci alla "macchina". «Nella tecnologia virtuale si può ravvisare un significativo cambiamento nel modo di concepire l'interazione uomo-computer, l'obiettivo a cui si tende è la realizzazione di dispositivi d'interfaccia che consentano una naturalezza sempre maggiore nell'interazione, fornendo, da una parte, all'utente le informazioni virtuali secondo modalità più simili alle caratteristiche del sistema percettivo e cognitivo umano e, dall'altra, facendo sì che il sistema accetti come comandi le modalità comunicative e comportamentali che l'uomo utilizza nella sua esperienza quotidiana»[204].
Pertanto, la possibilità di attivare gli stessi processi psicologici e comportamentali della realtà, fa della *VR* un ambiente ideale per la sperimentazione in diversi ambiti, tra cui quello pedagogico e scientifico. È ancora Ravasio che ne spiega il funzionamento: «La RV consente di "simulare" situazioni altamente reali suscettibili di essere vincolate ai protocolli della sperimentazione più rigorosa. In altre parole, il soggetto viene immerso in una "realtà potenziale" (quella rispetto a cui si vuole studiare il comportamento o i costrutti cognitivo-relazionali) ciò consente di osservare e registrare, in tempi e in modi notevolmente aderenti alla realtà progettata, le azioni del soggetto permettendo di ricavare indicatori predittivi altamente affidabili»[205].
In un contesto educativo questo si traduce nella possibilità di decifrare i fattori coinvolti nell'interazione nonché i dati di *output*, in termini di "processi, competenze, abilità". Discretizzando le singole variabili che entrano in gioco in fase sperimentale è possibile comprendere: «le modalità di adattamento e riorganizzazione neuopsicologica allo stimolo»[206]. La configurazione di analoghi scenari in vivo è difficilmente attuabile, per l'esiguità della gamma di simulazioni, per la difficoltà di controllo dei processi messi in campo e per la complessità nel manipolare le informazioni di supporto. Nonostante oggi, una maggiore attenzione sui temi della disabilità psico-fisica, stia incrementando lo studio di progetti orientati all'inclusione, le difficoltà connesse ai disagi neurologici rendono molto difficile attuare azioni mirate e personalizzabili in ambiente "fisico".
La maggior parte degli interventi *autism friendly*, in ambito architettonico,

204 Ravasio, op.cit, p.48.
205 *Ivi*, p.50.
206 *Ibidem*.

mirano alla progettazione di «un layout spaziale semplice, ordinato e sequenziale, che consenta una generale prevedibilità e ripetitività di azioni e movimenti, e la predisposizione di contesti neutri, dal punto di vista acustico, visuale e tattile»[207].
Azioni simili cominciano a interessare anche ambienti non strettamente legati alla quotidianità e alle competenze di base, ma piuttosto alla diffusione della cultura e del patrimonio. Un esempio è rappresentato da alcuni progetti dell'*Università Federico II* di Napoli in collaborazione con la cooperativa sociale il *Tulipano-Cilento4all*, nati con l'intento di realizzare una rete museale *autism friendly* per l'accesso e la fruizione di musei e siti archeologici per persone con autismo e/o disabilità cognitiva[208]. Tuttavia, il principale ostacolo con cui la progettazione di esperienze in vivo deve confrontarsi, è la difficoltà di adeguare il percorso di visita alle differenti esigenze percettivo-cognitive dell'utenza che, soprattutto nel caso dell'autismo, sono difficilmente generalizzabili[209]. Questo è sicuramente un punto di forza della *VR* che, essendo uno spazio interamente riprodotto tramite un'azione grafica, non pone limiti alla libera gestione del suo apparato espressivo.
Come si è visto, l'interpretazione dello spazio dipende dalla possibilità di veicolarne efficacemente le caratteristiche essenziali: profondità, prospettiva, dimensioni, distanze. Quando questa comunicazione è rivolta a persone con compromissioni percettive, non si può contare sulla personale capacità di sintesi delle informazioni principali, né la decodifica di tali *input* può assumersi come scontata, pertanto essa richiede un accurato controllo dei codici grafici atti ad intervenire lì dove il *deficit* complica o inibisce la corretta lettura del messaggio visivo. I parametri sui quali è possibile agire, facenti parte del bagaglio strumentale della rappresentazione, sono innumerevoli e possono essere modulati e rivisti, non solo in base al livello di funzionamento dell'utente *ASD*, ma anche in relazione agli eventuali progressi registrati. Scegliere la quantità dei segni che descrivono una scena, l'inserimento/esclusione delle *texture* e la loro complessità, gli effetti luministici e le ombre con il loro grado di definizione, i cromatismi e i livelli di saturazione, il livello di realismo e di dettaglio, la complessità/semplicità delle geometrie sono solo alcuni settaggi possibili nella graficizzazione

207 Attaianese E., Minucci G. (2019) *Progettare percezione e piena fruizione dei siti di interesseculturale da parte di persone con autismo*. In Baratta, A.F.L., Conti, C., Tatano, V. (a cura di) INCLUSIVE LIVING II Design for an autonomousand independent living. Anteferma Edizioni S.r.l. Conegliano, p.302.
208 Cfr. Attaianese et al., 2019, op.cit, p.308.
209 Sulle caratteristiche percettive dell'autismo cfr. §3.1.

di un ambiente virtuale. A questo si possono aggiungere altrettanti ausili visivi e audio di supporto alla comunicazione di un qualsiasi spazio fisico.
In particolare, quando ci si relaziona con ambienti del patrimonio architettonico, i contenuti che esso preserva vanno ben oltre la mera materialità della scatola muraria; si tratta di concetti che possono richiedere anche alte capacità di astrazione e relazione tra le nozioni e che, pertanto, spesso sono estremamente difficili da trasmettere in ambiente fisico dove, come accennato, la selezione-gestione degli *input* è di difficile attuazione. In un sistema di *VR* è possibile isolare gli elementi *target* dal resto del contesto, sottraendo così allo sguardo dell'utente qualsiasi dettaglio ininfluente o che possa distrarre l'attenzione dal tema da mettere a fuoco. A tal proposito, infatti, bisogna tenere in conto che, un autistico, può essere attratto anche da particolari che a noi possono sembrare insignificanti ed è impossibile sapere, in un contesto complesso, cosa sarà oggetto della sua attenzione.
Eliminare stimoli distraenti riduce notevolmente l'eventualità che l'attenzione dell'utente sia deviata rispetto al tema principale della comunicazione. Inoltre, è possibile mettere in pratica una serie di azioni mirate a evidenziare i *target* attentivi; si può intervenire sui settaggi grafici, aggiungere *marker*, sollecitazioni audio visive, informazioni testuali e molto altro.
La flessibilità della *VR* consente, inoltre, di rivelare relazioni esistenti tra le parti di un contesto architettonico, seppur fisicamente distanti. Un dettaglio decorativo, simbolico o ricorrente all'interno di un edificio storico, può diventare uno spunto narrativo che consenta di rafforzare la memorizzazione dei concetti mediante l'uso di un attrattore; un stimolo visivo che, reiterato in più momenti dell'esperienza virtuale, possa funzionare da innesco attentivo e mnemonico. Allo stesso modo è possibile supportare l'esperienza tramite un *avatar* (cfr. glossario) che possa favorire la familiarizzazione con l'ambiente, guidare il percorso e agevolare la comprensione di alcune funzioni esattamente come un *tutor* potrebbe fare nella realtà. A tutto questo si aggiunge la possibilità di modificare il sistema in relazione alle risposte degli utenti con estrema flessibilità e facilità rispetto a un ambiente di *trainig* fisico. Naturalmente la *VR* non può, né deve, sostituirsi alle esperienze in vivo, ma ha il potenziale per migliorarne l'efficacia in maniera sostanziale.
La *VR* può costituire un tramite tra l'utente, con il suo personale mondo percettivo, e il mondo esterno, con la sua complessità. Un sistema virtuale opportunamente progettato, con una visione *human centered*, può supportare l'utente nel pieno espletamento delle sue personali capacità e fare un altro passo verso il processo di inclusione auspicabile anche per il patrimonio architettonico. Non bisogna, quindi, pensare che un incremento delle esperienze virtuali possa allontanare il pubblico dagli ambienti del patrimonio, ma al contrario, agevolandone la comprensione, si pone alla portata di tutti il suo valore culturale aprendone le porte anche a un'utenza a volte esclusa per l'inaccessibilità fisica o cognitiva.



Capitolo 3
Autismo e spazio architettonico

The house of Parliament and the London Eye, dettaglio.
Stephen Wiltshire

3 Autismo e spazio architettonico

3.1. Le percezioni nell'autismo. Profili percettivi

Cercare di descrivere le peculiarità delle percezioni autistiche non è facile; il rischio è quello di generalizzare un tema legato a un incredibile numero di variabili che possono condurre da un estremo all'altro degli scenari contemplabili. Non a caso i numerosi esperimenti svolti in questa direzione spesso hanno condotto a risultati contrastanti e talvolta, portato gli scienziati ad assumere posizioni opposte. L'unico presupposto condiviso unanimemente è che il "mondo percettivo" delle persone autistiche differisce da quello comunemente recepito, sebbene tutti siamo calati nel medesimo "contesto fisico". Gli *input* sensoriali, pertanto, scaturiscono dagli stessi elementi ma vengono registrati in modo inconsueto, con differenze anche tra autistici (*ASD*), in relazione alle diverse "esperienze sensoriali"[1].
La prerogativa di trasporre in immagini il mondo percepito sembra essere una caratteristica piuttosto comune nell'autismo. Sembrerebbe infatti che molte persone *ASD* pensino per immagini, il che li porterebbe ad eccellere in abilità visuo-spaziali a discapito delle *performance* verbali. Temple Grandin, docente universitario e *industrial designer* con autismo, nel suo libro *Thinking in pictures* descrive il funzionamento del "pensiero visuale" dal suo punto di vista: «I think is different from how "normal" people think. […], all my thoughts happen in photorealistic pictures. My mind works like the search engine Google when it does an image search. If somebody says the word saddle, the first image I see in my imagination is an English saddle, my most prized possession when I was in high school»[2]. Questa caratteristica cognitiva è spiegata da Arnheim con l'esistenza di due tipologie di "attività nervosa superiore"[3]: intellettuale e artistica. La seconda, in particolare, è associabile alle modalità percettive degli animali, in quanto anch'essi percepiscono il mondo tramite "impressioni". Non a caso Temple Grandin attribuisce il suo successo come progettista di attrezzature per bestiame, alla sua sindrome, sostenendo di poter "pre-vedere" le sensazioni degli animali su cui verrà sperimentata la sua attrezzatura.
«Si può dire che in certe condizioni sfavorevoli, quando il sistema nervoso è indebolito [la] divisione filogenetica del cervello [in parte animale e parte umana] si ripresenta; allora probabilmente un individuo userà soprattutto il primo sistema di segni mentre l'altro userà soprattutto il secondo»[4]. Questo concetto è ripreso in alcune ricerche sull'autismo, come quelle di Martha J. Farah e Semir Zeki che dimostrano come il "pensiero visivo" si appoggi a sistemi cerebrali diversi rispetto a quelli che consentono l'elaborazione verbale, pertanto la compromissione di uno dei due non ha ripercussioni sull'altro[5]. Nel caso dell'autismo, il sistema che elabora le informazioni visuo-spaziali è intatto e talvolta sopperisce ai *deficit* della sfera verbale al punto che «le idee sono espresse come immagini. Essi possono separare le cose e assemblarle secondo schemi diversi, tutto nella propria immaginazione. Manipolano le immagini per risolvere la maggior parte dei problemi. […] I "pensatori visivi" vedono, effettivamente, le loro idee»[6]. È comprensibile come, questa trasposizione del pensiero in immagini, possa trovare degli ostacoli nel momento in cui ci si trovi di fronte un concetto astratto che non trova un immediato corrispettivo figurativo. I "pensatori visivi" hanno quindi difficoltà con informazioni verbali, soprattutto se lunghe e legate a nozioni teoriche, mentre vengono agevolati dalla possibilità di visualizzare simboli, segnali o anche parole semplici che consentano di immagazzinare le informazioni in forma di immagine. Tuttavia, come anticipato, lo scenario sensoriale delle persone autistiche è estremamente ampio e può passare da un estremo all'altro, pertanto una generalizzazione dei caratteri percettivi è impossibile.
Frequentemente si distingue tra "iposensibilità" e "ipersensibilità" ma lo scenario delle complessità sensoriali comprende una casistica dove i diversi sintomi possono coesistere o manifestarsi isolatamente.
Le esperienze sensoriali più diffuse sono[7]:
Disturbo derivante da determinati stimoli e/o fascinazione per alcuni stimoli: causata dall'ipersensibilità, l'attrattiva verso uno stimolo piacevole procura sensazioni di benessere che, talvolta possono portare la persona ad isolarsi dal contesto, con un effetto quasi ipnotico.
Inconsistenza della percezione: fluttuazione tra iper e iposensibilità oppure tra iper-ipo e "tipicità", come un "entrare e uscire" dalla condizione autistica.
Percezione frammentaria: la difficoltà nel gestire simultaneamente più informazioni può portare a percepire solo parti dello stimolo, senza però riuscire a metterle in relazione tra loro. I frammenti, pertanto, vengono interpretati come elementi isolati piuttosto che come porzioni di un insieme.

1 Cfr. Bogdashina, op.cit., p. 59.
2 Grandin, Temple. "Autism from the Inside." *Educational Leadership* 64, n. 5 (Febr 2007): 29-32, p.29.
3 Cfr. Arnheim, 2013. Op.cit, p. 65.
4 *Ibidem*.
5 Cfr. Bogdashina, op.cit., p. 122.
6 *Ibidem*.
7 Cfr. *ivi*, pp. 59 e 129.

Percezione distorta: la difficoltà nel percepire la profondità spaziale può tradursi nell'interpretazione "distorta" di un mondo "bidimensionale"; possono manifestarsi anche "diplopia" o vista doppia, distorsioni di forma e movimento.
Agnosia sensoriale: difficoltà nell'associare un significato alle immagini e alle sensazioni
Percezione ritardata: le persone autistiche fruiscono in maniera limitata delle esperienze pregresse nei processi percettivi, come se ogni esperienza fosse nuova, anche se già vissuta in passato. L'impossibilità di automatizzare l'elaborazione degli stimoli percettivi comporta un ritardo nelle risposte agli stimoli.
Vulnerabilità al sovraccarico sensoriale: alcune persone possono soffrire più di altre per iperstimolazione, con esiti dolorosi e reazioni colleriche.
Sinestesia: anche detta "percezione cross-sensoriale o congiunta" riguarda la stimolazione involontaria di un canale percettivo tramite *input* veicolati attraverso un altro apparato sensorio. In maniera blanda è una sensazione diffusa comunemente quando uno stimolo, ad esempio un odore ci dà la sensazione di percepire una sensazione visiva e così via. Ciò avviene in quanto i sensi non agiscono mai in maniera del tutto isolata, quanto piuttosto in modalità integrata.
Prosopagnosia: difficoltà a riconoscere i tratti dei volti. Poiché questa difficoltà interessa esclusivamente i tratti del viso, spesso le persone si aiutano concentrandosi su altri particolari del corpo, come i capelli o l'abbigliamento.
Disturbo dell'elaborazione uditiva centrale (CAPD): può manifestarsi a più livelli o come ritardo uditivo o come incapacità a recepire determinate frequenze, in generale è legato all'iper/iposensibilità
Sensibilità scotopica/sindrome di Irlen (SS/IS): sensibilità a particolari frequenze e lunghezze d'onda dello spettro della luce bianca
Disfunzione/disturbo dell'integrazione sensoriale (SID): compromissione del processo di ricezione, organizzazione ed emissione di informazioni sensoriali.
Carl H. Delacato è uno dei primi studiosi a cercare di individuare delle categorie percettive per le persone con autismo. Nel 1974, osservando bambini *ASD* si accorge che alcuni aspetti dei loro comportamenti ripetitivi erano schematizzabili. In particolare, distingue tre categorie: *hyper, hypo* e il *white noise*. I primi due sono contraddistinti da un canale sensoriale troppo aperto (nel primo caso), che quindi lascia passare un eccessivo numero di informazioni, oppure debole, che non consente il passaggio di un sufficiente quantitativo di *input*. La descrizione di queste due caratterizzazioni

sensoriali trova riscontro in alcune definizioni della "teoria della disfunzione integrativa sensoriale" (SID). A tal riguardo, ad esempio, Kranowitz, nel 1998, spiega che in presenza di un eccessivo carico sensoriale, l'individuo prova a evitare tali stimoli mentre, se le informazioni non sono sufficienti, il cervello va in cerca di altre sollecitazioni. Delacato, però, integra questa classificazione con un terzo caso, "il rumore bianco"; in questa condizione l'inefficienza del sistema sensoriale, genera autonomamente un'interferenza; una sorta di rumore di fondo che sovrasta la percezione dei dati provenienti dall'esterno[8]. Delacato descrive alcune reazioni che aiutano a capire meglio tali differenze: una parte dei ragazzi da lui osservati, sono infastiditi dal contatto fisico, anche minimo, con un'altra persona, in quanto la loro pelle è troppo sensibile, altri ragazzi sorridono solo quando vengono punti con uno spillo fino al sanguinamento, altri ancora sono impassibili, con gli occhi dilatati e qualcuno intento ad esaminare il più piccolo granello di polvere[9]. Per lo psicologo, queste amplificazioni o attenuazioni sensoriali possono interessare, a livelli diversi, ciascun canale percettivo. Una persona con canale uditivo *hyper*, ad esempio, può essere iposensi-

fig.51. Stephen Wiltshire, The Houses of Parliament and the London Eye.

8 Cfr. Delacato, Carl H. *The ultimate stranger, the autistic child. Garden City*, NY: Doubleday, 1974. p.72
9 Cfr. *ivi*, p.68

bile o interessato da “rumore bianco” a livello visivo o, ancora, registrare variazioni sullo stesso circuito, in quanto l’intensità di funzionamento di ciascun canale può subire fluttuazioni[10].
In particolare, avere una “iper-vista”, comporta l’acquisizione di quantità eccessive di dati visivi senza tralasciare il minimo dettaglio. Ne risulta la percezione di una scena sovraffollata dove sono presenti particolari che, solitamente verrebbero trascurati. Un aspetto saliente della capacità attentiva, in una condizione neurotipica, riguarda la possibilità di filtrare selettivamente il bagaglio informativo che giunge in maniera indiscriminata al nostro apparato sensoriale; dal momento che siamo in grado di processare solo una quantità limitata d’informazioni, è fondamentale, nel processo cognitivo, la valutazione di quali stimoli elaborare e quali trascurare. L’assenza di un filtro tra le informazioni di primo piano e quelle secondarie complica, indubbiamente, l’interpretazione dell’immagine registrata dal sistema visivo; dal momento che gli *input* visivi vengono registrati simultaneamente, questa gran quantità di dati, in assenza di un processo di catalogazione e gerarchizzazione degli stimoli, non può essere processata a livello cognitivo e, pertanto, genera un sovraccarico informativo. Se da un lato questo fenomeno implica un disagio nella corretta interpretazione del messaggio visivo, dall’altro, in alcuni casi, può diventare un punto di forza nello svolgimento di alcuni compiti. Una tale “percezione letterale”, ad esempio, porta le persone a vedere ciò che per la maggior parte di noi è nascosto, a svelare quella parte del visibile comunemente occultata dalla nostra immaginazione predittiva di ciò che stiamo per osservare e dai nostri condizionamenti esperienziali. Questa anomalia percettiva, si traduce talvolta in speciali abilità come quelle osservate nei *savant*. Uno dei casi più noti è quello di Steven Wiltshire, artista autistico in grado di riprodurre a memoria immagini di paesaggi urbani con incredibile precisione anche nei più piccoli dettagli (fig.51).
Nel caso di Wiltshire si parla di memoria fotografica nel senso più letterale del termine, dal momento che le sue raffigurazioni appaiono come un montaggio fotografico, piuttosto che di una prospettiva con punto di vista unico. L’artista, infatti, viste le estensioni dei paesaggi, spesso osserva la scena in movimento, sorvolandola con un elicottero, pertanto il suo punto d’osservazione varia durante il percorso. I suoi disegni, quindi, non riconducono tutta l’esperienza visiva alla staticità di una sola prospettiva e, se guardati sotto un profilo geometrico, potrebbero sembrare scorretti, ma sono costruiti come una successione di scatti, ognuno estremamente coerente con la posizione dell’osservatore in un dato momento del tragitto. Un’altra caratteristica che contraddistingue la modalità esecutiva di Wiltshire, come di altre persone autistiche osservate nell’atto di disegnare, è il fatto di poter iniziare la scena da qualsiasi dettaglio, anche il più insignificante. Questa sembra essere una prerogativa di molti bambini *ASD* che «possono cominciare a disegnare un’automobile da una ruota, un uomo da un piede, ecc.»[11]. Altri casi di ipersensibilità visiva, vengono descritti come se l’osservazione avvenisse attraverso una lente d’ingrandimento, quindi con un sovradimensionamento dei particolari e una conseguente “iper-attenzione” su di essi. In questi casi, l’estrema focalizzazione sul dettaglio anche più piccolo, come una particella di polvere nell’aria, può portare a far svanire lo scenario circostante[12], con una conseguente estraneazione dalla realtà.
Naturalmente, l’amplificazione delle sensazioni non riguarda solo la vista, ma tutti i canali sensoriali, con reazioni che spesso portano a una chiusura rispetto al mondo esterno, come forma di difesa dal sovraccarico di sollecitazioni. O’Neill paragona l’ipersensibilità a una reazione allergica che fa sentire il proprio organo sensorio sovraffollato dagli agenti che ne stimolano i recettori, passando, in taluni casi, dal fastidio al dolore.
Donna William, raccontando in prima persona la sua esperienza, spiega che alcuni profumi le facevano sentire il naso come stracolmo di argilla, fino a farle “bruciare i polmoni”[13]. Alcune reazioni osservate più frequentemente in caso di ipersensibilità visiva manifestano, oltre a un’attenzione estrema per i dettagli più piccoli, anche un’intolleranza agli eccessi nelle condizioni luministiche, ad esempio, luci troppo forti, troppo deboli o effetti improvvisi e inattesi, come lampi bruschi[14]. È anche possibile che le stesse sollecitazioni che procurano disturbo per qualcuno, siano un’attrazione per altri, con differenze tra persona a persona, per cui è molto difficile definire una casistica specifica. La sensibilità alla luce è ampiamente riscontrata per particolari *texture*, come quelle a strisce, e per alcune frequenze e lunghezze d’onda; per questo si parla di “sensibilità scotopica” o sindrome di Irlen (SSIS).
Secondo Helen Irlen, i problemi legati alla sensibilità scotopica, non occorrerebbero nell’elaborazione delle informazioni visive, ma piuttosto nel riceverle. La loro intolleranza ad alcune condizioni luminose, fluorescenza, luce solare forte, riflessi o luci notturne, provoca affaticamento e difficoltà

10 Cfr. Bogdashina, op.cit., p. 60

11 *Ivi* p. 55.
12 Cfr. *ivi*, p. 61.
13 Cfr. *ibidem*.
14 Cfr. *ivi*, p. 65.

d'attenzione. Alcuni dei principali sintomi legati alla "sensibilità scotopica" possono essere:
sensibilità alla luce

- sensibilità al contrasto (bianco/nero) e al colore (toni chiari e motivi a strisce)
- bassa risoluzione dei caratteri, visualizzati con tremore, sfocatura, movimento, sfavillio, luccichio, scomparsa
- difficoltà a visualizzare insiemi di oggetti nell'ambiente o gruppi di caratteri
- problemi di concentrazione
- scarsa percezione della profondità e le distanze
- tensione e fatica

«Il so*vr*accarico sensoriale causato da luci forti, lampade fluorescenti, colori e motivi fa reagire il corpo come se fosse bombardato, dando luogo a cambiamenti biochimici negativi che possono avere per effetto sintomi fisici come mal di testa, ansia, attacchi di panico o aggressività. Per attenuare lo stress causato dal "bombardamento sensoriale", gli individui utilizzano i propri "comportamenti visivi difensivi": guardare altrove, dare brevi occhiate, guardare tenendo le dita davanti agli occhi, guardare in basso, o chiudere completamente il proprio canale visivo»[15].
Sul versante opposto è l'iposensibilità sensoriale, caratterizzata da una scarsa ricezione di *input* provenienti dall'esterno. In questi casi, la persona è come calata in un mondo "vuoto" privo di stimoli visivi, uditivi ecc. Talvolta, per sollecitare il sistema nervoso e il passaggio di informazioni verso il cervello, assumono atteggiamenti ripetitivi apparentemente "privi di senso" come dondolarsi, emettere versi, o percuotere il capo con la mano, ruotare su sé stessi, tamburellare ecc. Azioni simili si possono riscontrare anche in caso di ipersensibilità, ma con l'obiettivo opposto di sedare un sistema nervoso sovraffollato o di calmare sensazioni di dolore. Una persona iposensibile può avere difficoltà nel recepire il contesto circostante, dal momento che, all'opposto delle persone con "iper-vista", moltissimi dettagli non vengono recepiti; gli oggetti, ad esempio, sono individuati solo tramite i loro contorni e l'illuminazione, anche se forte, spesso è un *input* troppo flebile per distinguere gli indizi spaziali. Pare che persone con queste caratteristiche riescano a volgere lo sguardo verso il sole anche per molto tempo. In un simile scenario, zone maggiormente illuminate diventano un attrattore[16].

15 *Ivi*, p. 141-142-143.
16 Cfr. *ivi*, p. 63-64-65.

Queste complicazioni non dipendono da una compromissione degli organi sensoriali, che nelle persone *ASD* hanno una normale funzionalità, ma gli esiti del processo percettivo conducono a una sintomatologia che talvolta viene associata a quella di persone con disturbi visivi. Per esempio, le ricerche di Gense e Gense nel 1994 e Cass nel 1996, riportano atteggiamenti analoghi a quelli di bambini ciechi, come l'uso del contatto per esperire l'ambiente circostante. Cass giunge a ipotizzare che entrambe le problematiche a*vr*ebbero alla base lo stesso *deficit*. Un questionario somministrato a persone *ASD* nel 1994 dal Centro per l'autismo di Gine*vr*a, riporta che l'81% degli intervistati accusa "differenze nella percezione visiva"[17]. Se però, nel caso di cecità, in totale assenza di *input* visivi le persone possono contare su altri sensi per bilanciare il loro *deficit*, ciò non è sempre possibile nell'autismo, in cui le informazioni non sono assenti, ma distorte e, spesso, l'apparato sensoriale compromesso, non consente una compensazione su altri canali.

3.2. Peculiarità visive e condizionamento ambientale

Nell'accezione più comune il processo visivo è considerato un processo gerarchico nel quale gli stimoli luminosi che giungono alla retina si trasformano, tramite i fotorecettori, in segnali bioelettrici. Questi vengono inizialmente decodificati dal talamo e poi inviati alla corteccia visiva primaria V1. In questa fase vengono estratte le informazioni più semplici, che riguardano orientamento, posizione nello spazio e linee di contorno[18]. Le informazioni provenienti da quest'area vengono gradualmente consolidate e dettagliate grazie a un sistema di relazioni tra le successive aree del sistema visivo, ognuna delle quali decodifica specifiche caratteristiche degli stimoli. Quindi, man mano che i dati passano da un'area all'altra della corteccia visiva l'informazione diventa più specifica e meno grossolana. Il cervello consente, inoltre, di integrare i dati mancanti, grazie alla memoria e, pertanto, in ogni momento, la nostra esperienza condiziona il processo percettivo.
Helmholtz, come Ames, tra i principali esponenti della psicologia transazionale, sottolinea l'importanza dell'esperienza nell'esito percettivo, in contrapposizione con i principi gestaltici sulla sussistenza di fattori innati. Cantril specifica che "contesto e uomo" si condizionano a vicenda instaurando un rapporto di interdipendenza: l'osservatore immagazzina le infor-

17 Cfr. *ivi*, pp.31-32.
18 Cfr. Dakin, Steven; Uta, Frith . "Vagaries of Visual Perception." *Autism,* Neuron 48 (November 2005). p. 498.

mazioni provenienti dall'ambiente che, a loro volta, costituiscono un bagaglio esperienziale capace di creare un'aspettativa percettiva sulle possibili configurazioni della realtà[19]. Gli esperimenti in campo non-neurotipico, tuttavia, hanno mostrato come, queste teorie (con ampio riscontro in condizioni di neurotipicità), non sempre sono applicabili in contesto autistico. La maggior parte degli studi che si sono interessati delle anomalie percettive nell'autismo, hanno cercato di localizzare l'origine della "distorsione", per capire se essa abbia luogo a livello "percettivo" o "cognitivo". Molti studi, però giungono a conclusioni discordanti se non addirittura in opposizione. Scharre e Creedon, ad esempio riscontrano comorbidità con problemi optometrici, come l'allineamento oculare, errori di rifrazione, acuità, capacità oculomotoria, stereopsi e strabismo[20]. Un'alta percentuale di strabismo nei campioni osservati, viene anche riscontrata negli studi di Kaplan, Rimlan e Edelson (1999). Queste complicazioni sarebbero causa di alcune deformazioni visive come la tendenza a misinterpretare gli indizi di profondità spaziale. Più volte, i ricercatori, parlano di una visione "piana" o "bidimensionale" dovuta probabilmente a problemi di stereopsi e che ha ripercussioni nelle relazioni spaziali oltre che interpersonali. L'ipotesi di Kaplan, Scharre e Creedon è, infatti, che il processo di registrazione delle informazioni provenienti da ciascun occhio, soffra di "uno sviluppo fragile"[21] che richiede ulteriori approfondimenti.
Tuttavia, l'idea che i problemi percettivi dell'autismo dipendano da compromissioni fisiologiche è un'ipotesi che non trova molto riscontro; Simmons et al., ad esempio, non riscontrano un nesso diretto tra gli esiti degli studi optometrici e le disfunzioni autistiche, mettendo in discussione le metodologie degli esperimenti[22].
Una delle teorie più accreditate è quella sviluppata Da Happè e Frith nel 2006: *la Weak Central Coherence Theory (WCC)*, propone che le persone *ASD* siano caratterizzate da un particolare "stile cognitivo" che rende difficile generare connessioni tra i dettagli di un'immagine per visualizzarne la conformazione globale. In tal senso si attribuisce all'autismo, una preferenza attentiva sui dettagli piuttosto che sulla visione d'insieme. Sebbene sia difficile formulare una distinzione netta tra l'elaborazione locale e quella centrale, Dakin e Frith cercano di definire a quali livelli avviene il

Fig.52. Una delle immagini utilizzate nell'esperimento di Brosnan sui processi gestaltici nell'autismo.

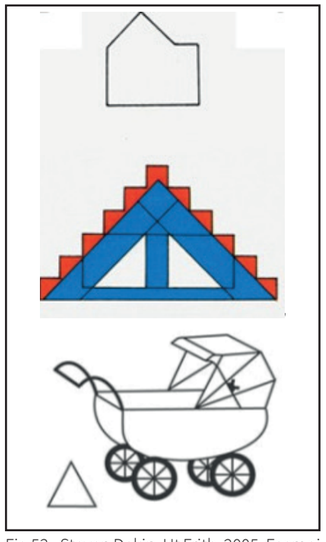


Fig.53. Steven Dakin, Ut Frith, 2005. Esempi di *embedded figures* utilizzate negli esperimenti sull'influenza del contesto nelle persone *ASD.*

19 Cfr. Triggianese, op.cit., p.57-58.
20 Cfr. Simmons, David R., Ashley E. Robertson, Lawrie S. McKay, Erin Toal, Phil McAleer, e Frank Pollick. "Vision in autism spectrum disorders." *Vision research,* n. 49 (Nov 2009). p.2707.
21 Cfr. *ivi*, p. 2712.
22 Cfr. *ivi*., p.2707.

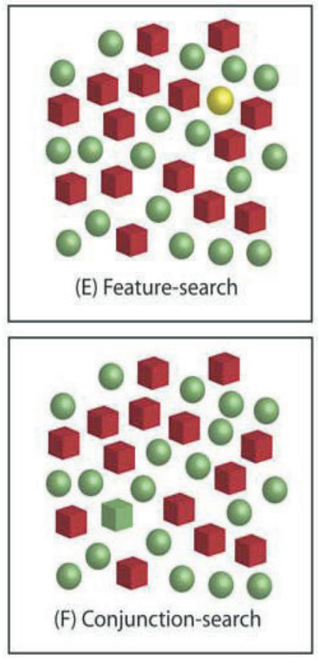


Fig.54. Steven Dakin, Ut Frith, 2005. Immagini utilizzate per sondare l'elaborazione percettiva che suscita prestazioni superiori negli osservatori con ASD.

processamento dei diversi stimoli: la struttura locale può risolversi a livello della corteccia visiva primaria, mentre la struttura globale è definita nei passaggi successivi, in quanto richiede l'attività coordinata di diversi neuroni[23]. Tuttavia, Mottron e Belleville, nel 1993, sostengono l'ipotesi che, nelle persone autistiche, le componenti "locali" e "globali" degli stimoli visivi non siano organizzate gerarchicamente come nel "tipico" iter percettivo. Inoltre, queste componenti vengono processate in modo autonomo e del tutto equivalente (quindi senza procedere dalle informazioni essenziali a quelle più complesse), senza alcuna integrazione, a livello cognitivo, degli stimoli visivi[24]. Questa integrazione, implicita in caso di neuro tipicità, per Mottron e Belleville è occasionale nell'autismo, con una conseguente predisposizione per l'elaborazione locale delle informazioni[25]. Uno dei capisaldi della teoria della *WCC* consiste proprio nel sostenere la mancanza di un'integrazione degli stimoli locali per approdare a un'entità globale. Diversi esperimenti hanno mostrato una superiorità performativa in persone con autismo per attività che richiedono l'elaborazione di informazioni di dettaglio, ma anche difficoltà nello svolgimento di semplici attività visive che riguardano la percezione del movimento e dell'orientamento[26]. Sebbene, vi siano sempre eccezioni, una delle caratteristiche più diffuse che emerge dagli esperimenti, è il fatto che le persone *ASD* non sembrerebbero subire l'influenza del contesto. Uno degli esperimenti più comuni per osservare l'influenza del contesto nel processo percettivo, è quello delle figure nascoste o *embedded figures*. In questo caso all'utente è chiesto di estrapolare una sagoma semplice da un complicato groviglio di linee[27] (Fig.52).
Daniele Smith spiega che le informazioni di base sui singoli segni grafici vengono estrapolate nella prima area della corteccia visiva, mentre la loro combinazione in figure complesse, avviene in uno stadio successivo. Solitamente, in questo caso, l'estrapolazione della figura è ostacolata dall'influenza del contesto che, con i suoi colori e sovrapposizioni di forme,

23 Cfr. Dakin, op. cit., p. 499.
24 Cfr. Burnette , Courtney P., Peter C. Mundy , Jessica Meyer , Steven K. Sutton, Amy E. Vaughan, e David Charak . "Weak Central Coherence and Its Relations to Theory of Mind and Anxiety in Autism." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 35, n. 1 (2005), p. 64.
25 Cfr. Smith, Danielle, Danielle Ropar , e Harriet A Allen. "Visual integration in autism.. 2015." *Human Neuroscience*, n. 9 (2015): 1-7.
26 Cfr. *ibidem*.
27 Cfr. Brosnan , Mark J., Fiona J. Scott, e Simone Pye Fox . "Gestalt processing in autism: failure to process perceptual relationships and the implications for contextual understanding." *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 45:3 (2004), p.464.

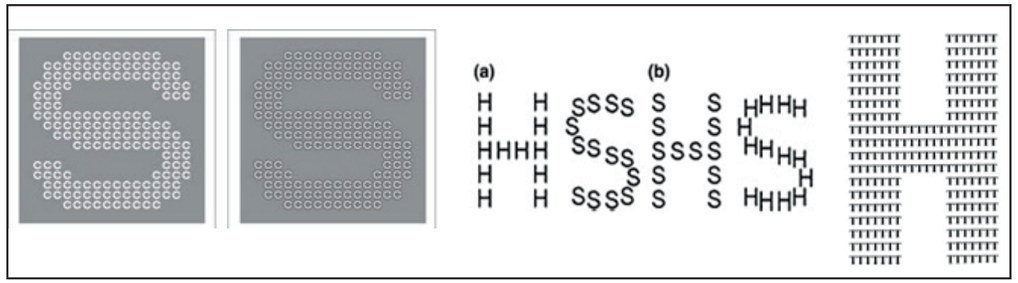


Fig.55. Esempi di esperimenti basati sulla Navon Figure

costituisce un distrattore. I tempi di ricerca del *target*, di consueto, dipendono dalla quantità dei distrattori, ma le persone autistiche, partecipanti agli esperimenti, non manifestano ingerenze da parte della struttura globale mostrandosi, anzi, più rapidi nell'espletamento dell'esercizio[28]. Quindi, mentre le persone neurotipiche sono fortemente condizionate dal numero e dalla qualità delle caratteristiche che distinguono l'oggetto della ricerca dal contesto, non è così per gli autistici (Fig.53).
In uno scenario come quello della (Fig.54 E) la velocità di risposta del gruppo di controllo è maggiore nel primo caso, dove la sfera gialla ha caratteristiche uniche rispetto ai distrattori e si riduce nel secondo esempio, dove le caratteristiche di colore e forma sono condivise con una parte del contesto (Fig.54 F). Questa differenza di tempi nell'esecuzione del compito non si registra nelle persone autistiche, che si mostrano più veloci in entrambe gli esperimenti[29].
Per Jarrold et al. le *performance* mostrate in questo tipo di esercitazione sono strettamente correlate alle caratteristiche percettive dell'autismo, in quanto, da un lato consentono una speciale abilità nel separare il *target* visivo dal resto dello scenario raffigurato, ma dimostrano anche le difficoltà nel raggruppamento degli stessi segni un unico *background*. Queste difficoltà nel collegare la parte al tutto in un insieme di senso compiuto, sarebbe alla base di quei comportamenti "*pop-out*"[30] frequentemente osservati nell'autismo. David Navon, nel 1976, mette in atto un esperimento che diventerà un riferimento per i successivi studi sull'influenza del contesto e la valutazione dei processi locali-globali nei processi visivi. Navon lavora su una serie di stimoli organizzati gerarchicamente; una lettera più grande

28 Cfr. Dakin, p. 500.
29 Cfr. *ibidem*.
30 Cfr. *ibidem*.

è composta da caratteri più piccoli (Fig.55)[31]. L'esito di questo test è particolarmente significativo, perché dimostra la possibilità di poter guidare il *focus* attentivo in persone *ASD* e indirizzarlo verso la globalità dell'immagine. Il risultato dell'esperimento dipende infatti dalle istruzioni fornite agli utenti: in assenza di specifiche indicazioni sul livello a cui prestare attenzione per la ricerca del *target*, le persone autistiche si dimostrano più abili nell'individuazione dei *target* a livello locale rispetto al gruppo di controllo neurotipico. Ma, quando viene specificato di soffermarsi esclusivamente su un unico livello, ovvero sulla lettera più grande, le differenze tra i due gruppi si assottigliano. Questi risultati hanno portato a una revisione della *WCC* aprendo la strada all'idea che non sussista una vera e propria compromissione dell'elaborazione "globale", quanto una "preferenza", che pertanto può essere guidata.
La *Enhanced Perceptual Functioning Theory (EPF)*, elaborata da Mottron e Burack ribalta proprio il concetto di "*deficit*" in una "percezione potenziata", che consente alle persone *ASD*, se libere da condizionamenti esterni, di incrementare le capacità percettive in favore di un processamento locale, sviluppando abilità superiori alla consuetudine[32]. Si tratta, quindi di una visione che si concentra maggiormente sulle azioni *bottom-up* per evidenziare, non soltanto le superiorità degli autistici in determinate condizioni visive, ma anche che gli aspetti deficitari non riguardano i processi cognitivi[33] ma il percetto autistico[34]. Robertson et al. si sono chiesti a cosa attribuire questa particolare acuità nella percezione dei dettagli, escludendo una superiorità nei livelli visivi di base (*low - level vision*)[35]. I loro esperimenti evidenziano una maggiore "attenzione visiva", aspetto che trova riscontro nella naturale propensione degli autistici a fissare particolari anche molto piccoli e a farsi attrarre dai dettagli. Il gruppo di ricerca rintraccia un nesso tra "il gradiente di attenzione visiva", molto alto nell'autismo, e il diverso grado di *deficit*, specificando che una maggiore compromissione dell'attenzione indica un alto livello di *deficit* percettivo[36]. Le osservazioni sono state effettuate incrementando la distanza dei *target* da rintracciare nella

31 Cfr. Brosnan (2004), op.cit., p 459.
32 Cfr. Guy, Jacalyn, Laurent Mottron , e Armando Bertone ."A Developmental Perspective of Global and Local Visual Perception in Autism Spectrum Disorder." *J.Autism Dev Disord* (Springer), luglio 2019: 2706-2720.
33 Si ricorda che la WCC parla di "stile cognitivo". Cfr §3.5.
34 Cfr. Guy, op.cit.
35 Cfr. Robertson, Caroline E, Kravitz , Dwight J, Cohen- Simon , Baron Freyberg Jan, e Chris I Baker. "Tunnel Vision: Sharper Gradient of Spatial Attention in Autism." *The Journal of Neuroscience*, 17 April 2013: 6776-6781.
36 Cfr. *ibidem*

scena: in entrambi i gruppi, autistico e neurotipico, si è registrato un crollo delle *performance*, sia in termini di tempo che di errori, all'aumentare della distanza del *target*, ma nelle persone *ASD*, con iniziali superiorità attentive, il *gap* registrato è stato di gran lunga maggiore[37]. Questo risultato mette in luce come, la caratterizzazione del contesto ambientale possa giocare un ruolo cardine nel modo in cui gli autistici vivono il "mondo". Robertson et al., a questo proposito, specificano che migliorare la visibilità dei *target* evidenziandone la posizione nello spazio può aiutare a minimizzare le interferenze dei distrattori, migliorando i tempi di ricerca e l'efficienza percettiva nell'interpretazione della scena[38].
Gli esperimenti che hanno indagato le particolarità delle percezioni autistiche sono molti, ma i risultati approdano a considerazioni miste e questo può dipendere anche dai numerosi fattori che interferiscono. Alcuni *report* mettono in evidenza che l'esito delle *performance* può variare in base a specifici parametri, in particolare: l'angolo visivo (Wang et al.), la densità dei piccoli elementi (Behrmann et al.) e le modalità di gestione dell'esperienza (Koldewyn et al.)[39]. Plaisted et al., ad esempio, riscontrano entrambe le peculiarità percettive, sia globale che locale, nelle medesime persone. Scherf et al., attribuiscono le differenze nei tempi di risposta all'età del campione osservato; ovvero, bambini e adolescenti non manifestano particolari *gap* prestazionali rispetto al gruppo di controllo neuro tipico, mentre negli adulti, la tendenza all'elaborazione locale sarebbe più spiccata.
Spesso, gli studi che hanno indagato l'influenza del contesto sulle percezioni autistiche, hanno fatto uso di immagini sulle deformazioni ottiche. In condizioni di tipicità il cervello integra le informazioni provenienti dal sistema visivo basandosi sulle esperienze precedenti e, pertanto, invece di interpretare alla lettera le immagini proiettate sulla retina, mette in atto un'azione predittiva che condiziona l'esito della percezione. Richiamando la psicologia transazionale, quest'ultima non dipende esclusivamente dagli *input* esterni, ma anche dalle nostre aspettative e dalla nostra immaginazione, al punto da indurci a "vedere" illusoriamente, anche immagini che in realtà non esistono[40] o da interpretarle in maniera distorta. In questo percorso verso la costruzione "mentale" dell'illusione, la struttura del *background* influenza in maniera incisiva l'interpretazione della scena. Un esempio è dato dalla configurazione di Hering nella quale le due linee rette appaiono flettersi verso l'esterno, solo se so*vr*apposte ad un *pattern*

37 Cfr. *Ivi*, p.6778
38 Cfr. *Ivi*, p.6781
39 Cfr.Guy, op.cit.
40 Cfr. Jerald, 2015, op.cit.

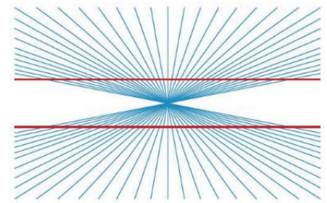


Fig.56. Ambiguità visiva di Ewald Hering.

radiale (fFig.56). Happè riscontra, nelle persone *ASD*, una sorta di "immunità" alle illusioni e alle distorsioni a conferma della *WCC* che porterebbe l'autistico a concentrarsi sui dettagli senza metterli in relazione con il contesto. In particolare, configurazioni come quelle di Ebbinghaus, Poggendorf e di Ehrenstein (Fig.57), che solitamente traggono in inganno, sembrerebbero inefficaci per l'autismo[41]. Nell'interpretazione di questo tipo di immagini, è fondamentale la correlazione tra i *target* e gli elementi di contesto. Ad esempio, nella prima, è il confronto tra le sfere centrali e quelle a contorno che induce a misinterpretare le dimensioni degli elementi centrali. In assenza di tale relazione tra le parti, mancano i riferimenti per una valutazione e conseguente alterazione della dimensione percepita. Garner e Hamilton nel 2001, smentiscono quest'ipotesi, dimostrando che le persone autistiche possono vedere le illusioni, ovvero possono contare su una "coerenza globale"[42]. Anche Ropar e Mitchell, tra il 1999 e il 2001, non rilevano gli stessi risultati di Happè. Per Frith e Dakin gli esperimenti riporterebbero diversi esiti in quanto influenzati da differenti procedure operative.

3.3. Processo gestaltico e visione a tunnel

L'influenza del contesto e le problematiche legate alla globalità dell'immagine, sono strettamente legate ai concetti della *Gestaltpsychology*. Per Brosnan: «c'è una so*vr*apposizione tra la concettualizzazione del processo "globale" e di quello "gestaltico" […]. Entrambe i termini si riferiscono allo step iniziale del processo d'informazione, identificazione, discriminazione o classificazione delle proprietà olistiche degli stimoli»[43]. Tuttavia, Kimchi introduce una differenza tra stimoli globali e gestaltici; mentre il livello globale e quello locale si attivano indipendentemente senza condizionarsi reciprocamente, questo non avviene nel processo gestaltico[44] dove, la comprensione del tutto, dipende dall'interconnessione delle parti e dalla loro interpretazione come insieme. Brosnan, a tal proposito, riporta come esempio la configurazione scelta per l'esperimento di Navon dove la lettura della lettera più grande è totalmente indipendente dall'interpretazione delle lettere minori, tant'è che l'esperimento conduce allo stesso risultato anche quando si cambiano i caratteri più piccoli, senza variarne la conformazione generale (ad esempio la lettera H maggiore viene percepita sia

41 Cfr. Dakin , Steven, e Uta Frith ."Vagaries of Visual Perception." *Autism, Neuron* 48 (November 2005),
p. 500.
42 Bogdashina. p.59.
43 Brosnan, 2004, op.cit., p.460
44 Cfr. *ibidem*.

quando composta da H più piccole che da T. Fig.545). Quindi è possibile vedere la forma globale anche trascurando l'identificazione di quella locale[45]. Alcuni studi di Brosnan mirano proprio a capire se il vantaggio sull'elaborazione locale, evidenziato dalle persone *ASD*, incida anche sui processi gestaltici, partendo proprio dal presupposto che i due iter siano differenti. Gli esperimenti vertono, in particolare, sui principi di prossimità, similarità, occlusione e riportano una minore capacità nel "raggruppamento" e nella visione d'insieme del gruppo *ASD* rispetto al gruppo di controllo. Secondo Brosnan questo risultato non implica un *deficit* nell'analisi degli elementi, ma una deformazione nei processi di connessione tra le parti, ovvero in sede di costruzione di quelle interrelazioni che conferiscono coerenza percettiva all'insieme[46].
I processi relazionali sono fondamentali in molte funzioni cognitive, come il riconoscimento facciale che, in condizioni di tipicità, è strettamente vincolato alla possibilità di costruire connessioni tra le parti di un volto. Se tali relazioni vengono alterate, ad esempio con il capovolgimento del viso, il riconoscimento è compromesso. Nell'autismo, invece, la mancanza di tali relazioni, fa sì che la loro alterazione non influisca nel processo di identificazione quanto, invece, la modifica dei singoli dettagli del viso. In generale, si riscontrano maggiori difficoltà di riconoscimento quando i caratteri facciali sono mostrati nel contesto del volto che isolatamente[47]. L'esperimento di Pelphrey (2002) chiedeva a un gruppo *ASD* di riconoscere le emozioni (felicità, tristezza, rabbia, paura, sorpresa e disgusto) attraverso l'osservazione di alcuni volti. Il tracciamento dei movimenti oculari attraverso l'*eye-traker* ha evidenziato la forte differenza di focus attentivo nei soggetti osservati rispetto al gruppo di controllo. Mentre l'attenzione di questi ultimi si concentra sulla regione degli occhi, in relazione con quella della bocca, il gruppo autistico guarda altrove, senza costruire rapporti specifici tra i caratteri del viso, facendo registrare molti errori nell'interpretazione delle espressioni facciali[48] (Fig.58, Fig.59).
Se ne deduce che, le distorsioni riscontrate in fase di aggregazione e semantizzazione delle parti di un'immagine, siano correlate anche all'ininfluenza del contesto nella percezione autistica, infatti, piuttosto che a un'anormalità dell'emisfero destro, dove si immagina sia localizzata l'analisi gestaltica e globale, si pensa a una precoce lateralizzazione dell'emisfero sinistro dove invece risiede il processamento locale. Tale considerazione

Fig.57. Hermann Ebbinghaus, Johann C. Poggendorf e Walter H. Ehrenstein. Esempi di ambiguità visive.

45 Cfr. *ivi*, p 461.
46 Cfr. *ibidem*.
47 Cfr. *ibidem*.
48 Cfr. Simmons, op.cit. p.2719.

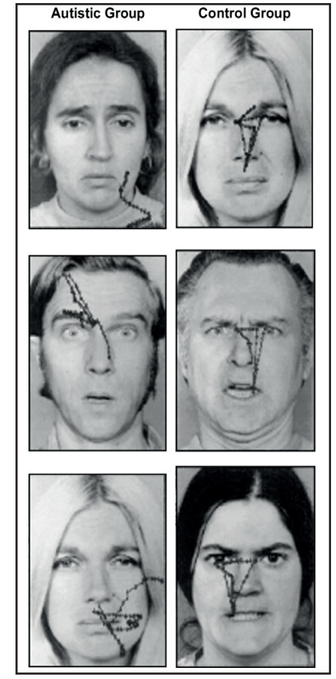
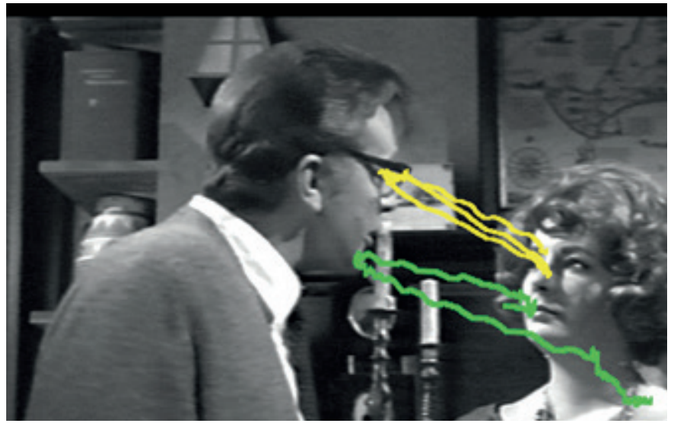


Fig.58. Caroline E. Robertson, 2013. Esperimenti sulla riconoscibilità delle espressioni facciali da parte di *ASD.*

Fig.59. Happè Fritch. Durante la visione di una clip video il gruppo autistico concentra l'osservazione sull'area delle labbra, mentre il gruppo di controllo focalizza lo sguardo sulla zona degli occhi.

spiegherebbe anche la possibilità di indirizzare le persone autistiche verso un livello globale[49].
Sebbene non sempre gli esperimenti abbiano condotto agli stessi risultati, Mottron è propenso ad associare l'autismo all'agnosia visiva e quindi alla difficoltà di estrapolare entità "significanti" dal contesto. Le affermazioni di Mottron, tuttavia, entrano in conflitto con alcuni esperimenti sulle immagini nascoste, in cui le persone osservate sono riuscite a riconoscere unità significative all'interno del *pattern* generale.
Secondo Bogdashina la difficoltà di smembrare una scena per elementi di senso compiuto indica, invece, che l'autismo è caratterizzato da una "percezione gestaltica". Secondo questo principio l'incapacità di filtrare le informazioni di fondo da quelle di primo piano, sarebbe causato da una tendenza a ricevere tutti gli *input* sensoriali simultaneamente, con illimitato dettaglio e in modo olistico[50]. La scena, pertanto, è percepita come singola unità piuttosto che come aggregazione di più elementi, all'interno della quale i dettagli, letti isolatamente, non assumono nessun significato, ma rimangono parti a sé stanti. Non costruendo relazioni di senso tra i dettagli di una configurazione, questa modalità percettiva può diventare insostenibile e generare un sovraffollamento sensoriale. Allo stesso tempo l'assenza di una gerarchizzazione percettiva porta l'attenzione su qualsiasi



49 Cfr. Brosnan 2004, op.cit., p 466.
50 Cfr. Bogdashina. Op.cit, p.55.

dettaglio anche il più irrilevante. «La percezione della Gestalt è spesso opprimente e può dare luogo a ogni sorta di distorsioni durante il trattamento dell'informazione, come una percezione frammentaria, ipersensibilità, fluttuazione tra iper e ipo-sensibilità elaborazione ritardata»[51]. In un simile scenario anche le informazioni sulle relazioni spaziali possono non essere elaborate, proprio a causa della frammentarietà della scena e dell'eccesso di *input*. Il "sopra", "vicino", "davanti" non hanno significato in assenza di relazioni tra le parti. Alcuni disegni di bambini autistici rendono l'idea della disgregazione dell'immagine percepita, mostrando deformazioni sulle posizioni relative, proporzioni e coerenza formale (Fig.60)
«Brand Rand, una persona con autismo, suggerisce che una delle possibili cause del vedere le cose come disconnesse possa essere il non avere la risorsa o le risorse necessarie per trattare allo stesso tempo tutte le parti rilevanti di uno stimolo»[52]. Per Bogdashina, questa caratteristica percettiva influenza le capacità attentive, limitandole ad un *focus* ridotto e, probabilmente, non consente l'immagazzinamento di sufficienti dati mnemonici per l'attuazione di un compito. Tale considerazione si lega alle osservazioni secondo cui le persone *ASD* non contano sulla memoria delle esperienze visive durante l'iter percettivo, il che li porterebbe ad osservare il mondo in ogni istante come fosse la prima volta.
Una conseguenza diretta del vedere tutto "come è" e non come ci aspettiamo possa essere, è una "percezione letterale", priva di interpretazioni personali o di condizionamenti preconcetti. Ropar e Mitchell riscontrano, a tal proposito, risposte percettive in contrasto con la legge della "costanza" formale. L'esperimento, in questo caso, richiede di scegliere al computer

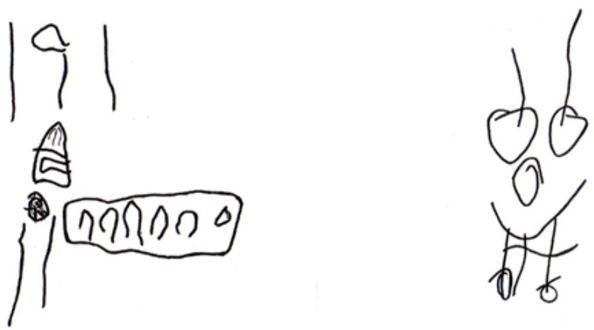


Fig.60. Disegni di bambini ASD.

51 *Ivi*, p.56.
52 *Ivi*, p.76.

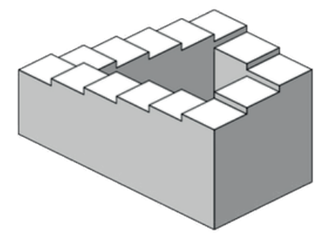


Fig.61. La scala di Penrose.

la forma di un'ellisse per farla coincidere con la sagoma di un cerchio visto da un punto di vista differente da quello dell'osservatore. L'esito atteso sarebbe stato quello di selezionare forme tendenti alla circolarità, basandosi sulla consapevolezza di osservare un cerchio e sul fatto che l'immagine della circonferenza fissata nella memoria si sovrappone in maniera coercitiva all'immagine retinica. Il gruppo autistico disattende tali aspettative, scegliendo con maggiore accuratezza formale la sagoma dell'ellisse. Anche in questo caso i ricercatori concludono che, la conoscenza acquisita, ha un'influenza ridotta nel giudizio visivo di persone autistiche[53]. Ring spiega questa particolare predisposizione con l'attivazione di specifiche aree della corteccia cerebrale durante l'iter percettivo: mentre i partecipanti nel gruppo di controllo attivano prevalentemente l'area prefrontale della corteccia, ovvero quella che coinvolge la memoria, il gruppo autistico mostra una maggiore attivazione del lobo occipito-temporale, il che implica un uso esclusivo dell'area visiva[54]. Si spiegherebbe così anche la particolare tendenza degli *ASD* a non cedere alle illusioni e alle così dette immagini "impossibili". Il nostro giudizio su queste immagini, solitamente, si basa proprio sul confronto con le precedenti esperienze visive e sulla constatazione che, nella realtà, simili configurazioni non sono verificabili. La scala di Penrose (Fig.61) ci appare come un paradosso perché portiamo con noi il ricordo delle scale che abbiamo percorso in prima persona, dove possiamo distinguere nettamente inizio e fine e che non costituiscono mai un circuito chiuso in sé.
Questo tipo di immagini è spesso usato proprio per valutare quali siano i caratteri emergenti nell'autismo, dal momento che l'interpretazione di una figura impossibile dipende dalla personale capacità di apprezzare quale parte della conformazione viola le regole gestaltiche, oltre all'identificazione dell'immagine nella sua interezza[55]. Brosnann esegue questo esperimento con due tipi di figure impossibili: una configurazione geometrica, ovvero il triangolo di Penrose, e una di fantasia, una mucca con due teste e una donna con quattro gambe. In entrambe i casi i ragazzi autistici hanno manifestato problemi nell'identificazione della difformità. Tuttavia, c'è da sottolineare che le stesse difficoltà sono state rilevate nel gruppo di controllo durante l'interpretazione delle anomalie nell'immagine geometrica. È probabile, quindi, che, in entrambi i gruppi partecipanti, l'osservazione, in questa fase dell'esperimento, sia stata complicata dalla maggiore com-

53 Cfr. Simmons, op.cit, p.2710.
54 Cfr. *ivi*, p.2723.
55 Cfr. Brosnan 2004, op.cit, p 461.

plessità del disegno e da una scarsa esperienza delle strutture geometriche[56].
Risultati simili sono stati rilevati da Sheppard et al, che nel 2009 eseguono un esperimento con figure impossibili, chiedendo ai partecipanti (*ASD* e non) di ricopiare due tipologie di immagini geometriche: possibili e non. Mentre il gruppo neurotipico richiede tempi più lunghi per il ridisegno dei tracciati ambigui, i ragazzi autistici non mostrano sostanziali differenze nell'esecuzione delle due esercitazioni, tranne che una minore accuratezza grafica in corrispondenza dei tratti incongruenti. In questo caso, si è potuta approfondire l'osservazione grazie all'inserimento di un'ulteriore prova, nella quale le stesse immagini vengono riproposte con una piccola interruzione (Fig.62); nel caso delle figure impossibili, il distacco scinde la figura in modo tale che le due sezioni abbiano ciascuna una configurazione logica. Il ridisegno di queste versioni segmentate non ha fatto registrare esitazioni, né differenze nell'accuratezza esecutiva. In entrambi i gruppi, quindi, le differenze tra un'esercitazione e l'altra dipendono dalla difficoltà nel gestire l'incongruenza tra le due parti dell'immagine piuttosto che da una discrepanza o alterazione nella stimolazione sensoriale[57]. I ricercatori non riescono a definire se ci sia un nesso tra i tempi d'esecuzione e l'accuratezza grafica, ma sono comunque restii a sostenere che i partecipanti autistici abbiano utilizzato particolari strategie sul processamento locale durante l'esecuzione del compito, allineandosi con quegli studi che, in via generale, non riscontrano sostanziali differenze nel processo di raggruppamento[58]. Anche se la loro ricerca non trova riscontro nelle teorie della *WCC*, Sheppard et al. non escludono che, particolari propensioni al processamento locale possano riscontrarsi in sottogruppi autistici che richiedono un maggior approfondimento di queste tipologie di ricerche. Una delle possibili cause, della differenza prestazionale potrebbe, invece, ricercarsi in una spiccata capacità nelle operazioni visuo/spaziali[59], spesso attribuita a persone autistiche.
La prevalenza di un canale visivo per l'elaborazione delle informazioni recepite dall'ambiente, non significa che gli *ASD* abbiano scarsa memoria; anzi, come si è visto nel caso dei *savant*, questa può essere talmente spiccata da consentire di richiamare alla mente dettagli anche minimi di un'immagine. Alcune persone autistiche la descrivono «come un grande

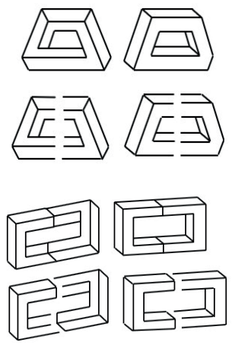


Fig.62. Immagini utilizzate nell'esperimento di Sheppard.

56 Cfr. *ibidem*.
57 Cfr. Sheppard, Elizabeth, Danielle Ropar, e Peter Mitchel. "Perceiving the impossible: How individuals with autism copy paradoxical figures." *Autism*, 13 Jul 2009: 435-452.
58 Cfr. *ibidem*.
59 Cfr. *ibidem*.

negozio, o una biblioteca o un archivio, ma non indicizzata né categorizzata e nemmeno tenuta insieme per associazioni, in cui pure ogni cosa può essere raggiunta in un istante, come nella memoria ad accesso casuale di un computer»[60]. Si tratta, pertanto, di una memoria "letterale", "meccanica", dalla quale è difficile estrapolare relazioni significanti. Una memoria visiva, dove le immagini hanno la capacità di rievocare sensazioni molto vivide anche su altri canali percettivi, ma che non supporta il riconoscimento e l'attribuzione di senso.

3.4. La propriocezione e il rapporto corpo-spazio architettonico

Una delle poche osservazioni su cui gli scienziati concordano è che le persone autistiche percepiscono il mondo in modo differente. Le caratteristiche comportamentali e il particolare modo di sentire dell'autismo, pertanto, influenza la loro esperienza spaziale. Nello stesso tempo, le informazioni trasmesse dall'ambiente esterno condizionano l'uomo e le sue sensazioni; se ciò avviene comunemente, quando gli *input* esterni sono interpretati in modo anomalo, possono indurre reazioni inaspettate e comportamenti disfunzionali. Per questo motivo l'architettura ha un ruolo importante nel rapporto tra spazio e autismo, in quanto può avere sia un ruolo supportivo, che ostacolare lo sviluppo delle competenze e delle relazioni con l'esterno. L'ambiente architettonico può sollecitare, rafforzare la comprensione delle informazioni recepite oppure complicare qualsiasi attività percettivo-cognitiva, inibendo il percorso verso la consapevolezza di sé e del mondo esterno. Richiamando l'idea di Gibson, l'interazione tra le persone e l'ambiente costruito, dipende non solo dalle caratteristiche fisiche degli elementi architettonici, ma anche dalle esperienze passate, dalle convinzioni, dalle preferenze estetiche, etc [61]. Vista la complessità delle caratteristiche percettive dell'autismo è difficile definire con chiarezza come siano interpretati i codici spaziali da ciascun individuo, ma alcune narrazioni in prima persona e l'osservazione di alcuni comportamenti possono aiutare a comprendere una prospettiva totalmente diversa nella lettura delle spazialità architettoniche. Il panorama dei comportamenti è talmente vasto che uno stesso dettaglio può essere interpretato in modi differenti in relazione alle peculiarità percettive del singolo individuo, ma può anche accadere che lo stesso segno, oggetto o elemento architettonico, venga

60 Bogdashina., op. cit, p.115.
61 Cfr. Gibson, James Jerome. "The ecological approach to the Visual perception of pictures." *Leonardo* (The MIT Pess) 11 (1978): 227-235.

tradotto percettivamente in modo del tutto differente dalla stessa persona in momenti o contesti diversi. Chiaramente tale aspetto può comunicare instabilità, motivo per cui si osserva una tendenza alla *routine* e una certa difficoltà a modificare la scena dell'ambiente in cui si vive.
Per le stesse ragioni le persone autistiche trovano conforto negli ambienti a loro familiari, dove la riconoscibilità dello spazio dipende dalla stabilità di più caratteristiche allo stesso tempo. Non basta che un oggetto mantenga la sua configurazione per essere riconosciuto, a volte è anche importante che si trovi esattamente nella stessa posizione per non essere interpretato come qualcosa di nuovo. Un aspetto generale, che è stato osservato nelle persone *ASD*, è la tendenza a cercare nello spazio punti di riferimento cui "ancorare" la propria relazione spaziale. Sul versante opposto sono considerati gli elementi in movimento, come le persone che, per l'autismo, rappresentano entità instabili e, pertanto inadeguate a colmare il loro bisogno di inalterabilità, d'immobilità. Birger Selling d una chiara idea di questa distinzione: «*Because of important reasons I can find safety only in things. People are incalculable and distinct monsters*»[62]. Queste esigenze sono legate alle deformazioni che caratterizzano le percezioni autistiche. Le difficoltà nell'interpretazione degli indizi spaziali, di profondità, di posizione e distanza, genera un senso di spaesamento che richiede, da parte dell'osservatore, un'azione compensativa per adattare il mondo introiettato alle proprie sensazioni. Non è facile riuscire a interpretare il punto di vista autistico, se non osservando il modo in cui, alcune volte, loro cercano di riflettere sullo spazio circostante la loro personale immagine interiore del mondo.
Liane H. Willey racconta il suo modo di controllare le sue reazioni quando perde l'orientamento: ogni volta che le cose diventano troppo confuse, rumorose, fastidiose al punto da sentirsi a pezzi, Liane si rinchiude nella sua alcova, rannicchiandovisi all'interno finché non comincia a sentirsi "squadrata e simmetrica" e ad assumere la forma stessa dell'alcova[63]. Le narrazioni in prima persona fanno spesso riferimento a come la stabilità dello spazio e il suo senso di chiusura e accoglimento possa dare conforto più degli esseri umani. In questo caso lo spazio e i suoi oggetti offrono un appiglio al quale aggrapparsi nei momenti di confusione e disorientamento, appiglio che l'autistico può rintracciare solo tramite l'esperienza diretta dell'ambiente circostante. Anche se, nella maggior parte di questi racconti,

62 Baumers, Stijn, e Ann Heylighen. "Beyond the Designers' View: How People with Autism Experience Space." *Design Research Society Conference 2010*. Montreal, 2010. p.3.
63 Cfr. *ibidem.*

lo spazio è visto come un aiuto nella ricerca di sicurezza, in molti casi si evidenzia la difficoltà di riuscire a interpretarlo correttamente. Alcune persone autistiche giungono alla consapevolezza delle loro difficoltà di relazione con l'ambiente, mettendosi a confronto con gli altri.
Gunilla Gerland osserva i comportamenti altrui nel tentativo d'interpretare un modo corretto di relazionarsi con lo spazio; alcuni problemi, ad esempio, riguardano la difficoltà di distinguere e riconoscere le direzioni di movimento, le porte o gli ambienti e le loro funzioni. Lo spazio e i suoi componenti sono letti in una modalità differente rispetto a quella a cui siamo abituati, pertanto, gli elementi dell'architettura assumono un significato diverso da quello che noi attribuiamo loro. Uno studente autistico afferma che la presenza di una scala non implica necessariamente la possibilità di salire o scendere, così come una porta non comunica la possibilità di poter essere attraversata. Inoltre, il fatto che Gunilla si chiede se non vi sia qualche "segnale nascosto", per lei impossibile da vedere, pone in rilievo l'esigenza di *marker* che mettano in evidenza i *target* attentivi all'interno di uno scenario. Spesso nelle difficoltà a orientarsi incidono, oltre ai problemi nell'interazione visiva con lo spazio, anche difficoltà di natura propriocettiva e vestibolare. Queste compromissioni causano una scarsa consapevolezza circa la posizione o anche l'ingombro fisico del proprio corpo. Può capitare, ad esempio, di urtare persone o cose, di inciampare, rischiare di cadere o anche di appoggiarsi agli altri. A volte queste reazioni dipendono da un'assente o parziale registrazione delle sensazioni corporee[64], quasi come una sorta di cecità propriocettiva.
Nelle persone neuro tipiche l'idea di sé che risiede a livello cognitivo, si basa sull'integrazione di segnali sensoriali veicolati attraverso diverse modalità, generando la coscienza di trovarci all'interno di un corpo. È grazie a questa consapevolezza, che noi viviamo il mondo attraverso una prospettiva soggettiva e che possiamo gestire i nostri movimenti e le nostre reazioni agli stimoli[65]. Uno studio inglese, della *Anglia Ruskin University*, approfondisce in maniera mirata l'osservazione della *self-consciousness* negli *ASD* misurando il senso di immedesimazione in un corpo virtuale, ovvero il proprio corpo osservato di spalle attraverso un visore *VR*[66] (vedi Fig.50 §2.4.3). Contestualmente il gruppo di ricerca misura l'estensione dello spazio peripersonale. Quest'ultimo è lo spazio che circonda il nostro corpo, definito anche "spazio d'azione" o "spazio sociale" e, proprio in quanto

64 Cfr. Mul op.cit.
65 Cfr. *ibidem*.
66 Cfr. *ibidem*.

tale, si modifica in base a condizionamenti culturali, caratteriali, emotivi ecc.
Edward Hall, nello studio delle distanze tra gli umani, rimarca l'importanza di due aspetti "nell'edificazione dei vari mondi percettivi": i ricettori sensoriali e i condizionamenti esperienziali capaci, a loro volta, di "manipolare" i dati ricevuti dall'esterno[67]. Inoltre, Hall specifica che gli esseri viventi hanno bisogno di avere intorno a sé "intervalli spaziali" che gli consentano di muoversi "liberamente"[68] e che non li costringano a "cozzare fra loro", a "urtare", a "spingersi reciprocamente". Si tratta dunque di uno spazio plasmabile, che può adattarsi alle diverse situazioni e che, per la maggior parte delle persone, si consolida sin da bambini, in base ai contesti dove si è cresciuti. Se i giapponesi possono vivere in ambienti con pareti di carta è perché sin dalla prima infanzia sono abituati a utilizzare schermi visivi piuttosto che acustici, allenandosi a filtrare autonomamente le informazioni uditive superflue.
«La percezione spaziale non comprende soltanto tutto ciò che è percepito, ma anche quello che viene escluso»[69]. Tuttavia, in caso di non neuro tipicità, la percezione spaziale e, in particolare quella dello spazio peripersonale, può dipendere da fattori differenti da quelli culturali e avere estensioni molto ridotte oltre a una scarsa adattabilità. Gli esiti della su citata ricerca inglese hanno confermato questi presupposti. L'esperimento dimostra che le persone *ASD* hanno una minore capacità di identificazione nel corpo virtuale e, pertanto, maggiori difficoltà a collocarsi spazialmente attraverso il proprio *avatar*. A conferma dei racconti riportati dai parenti, i partecipanti autistici mostrano di avere scarsa consapevolezza di sé e di non avere o di avere un'immagine alterata del proprio corpo. Allo stesso tempo anche il loro spazio peripersonale ha estensioni ridotte rispetto alla consuetudine, con una limitata capacità di adattarsi alle diverse condizioni. Se comunemente si tende a ridurre il proprio spazio sociale a seguito di una maggiore confidenza con gli altri o ad aumentarla in contesti formali e poco familiari, ciò non accade con l'autismo, che mantiene inalterato il confine del proprio spazio d'azione, sempre molto vicino al proprio corpo.
Le difficoltà nell'interazione sociale e la tendenza a urtare cose e persone è una diretta conseguenza delle difficoltà a prendere coscienza dello spazio che si interpone tra sé e gli altri[70]. Alcuni atteggiamenti ripetitivi nell'autismo sono innescati dal tentativo di stimolare la trasmissione di *input* attraverso organi sensori come quelli del sistema vestibolare. Questo accade, ad esempio, in caso di iposensibilità e a volte viene giudicato un atteggiamento "rituale ossessivo". «Per esempio, Donna Williams, una donna autistica ad alto funzionamento, interrogata sul perché facesse queste cose, spiegava di avere difficoltà a percepire sé stessa in relazione al suo ambiente prima di averle fatte; le davano sicurezza, aiutandola a interpretare l'ambiente»[71]. Problemi di equilibrio, scarsa reattività posturale e difficoltà nel recepire i propri stessi movimenti, sono manifestazioni osservate soprattutto in giovane età. Dakin e Frith hanno cercato di comprendere se questi comportamenti siano la conseguenza di una minore attenzione o derivino da difficoltà a orientarsi e a stabilire la direzione di movimento. In questo caso i ricercatori hanno osservato la capacità di discriminare tra destra e sinistra, sottoponendo i partecipanti all'osservazione di superfici puntinate (fig.63).
La diversa distribuzione e densità dei punti genera la sensazione di direzione o movimento verso un'area della superficie. I ricercatori concludono che i partecipanti *ASD* hanno bisogno di una maggiore "coerenza di movimento"[72] per percepire la direzione. Naturalmente in questo caso si tratta di un'immagine statica che cerca di interpretare la direzionalità del movimento e pertanto non esemplificativa di tutte le condizioni verificabili in una "realtà dinamica". Tuttavia, questo esperimento consente alcune considerazioni sulle relazioni visive che possono aiutare una persona autistica a orientarsi nello spazio circostante. In un contesto architettonico, ad esempio, questo dato potrebbe tradursi, nella necessità di indizi spaziali molto nitidi e in chiara evidenza, al fine trasmettere concetti apparentemente semplici come destra, sinistra, avanti ecc.; relazioni indispensabili non solo a definire una cognizione di sé nello spazio, in termini di posizione e ingombro, ma anche ad accompagnare la persona nel movimento.

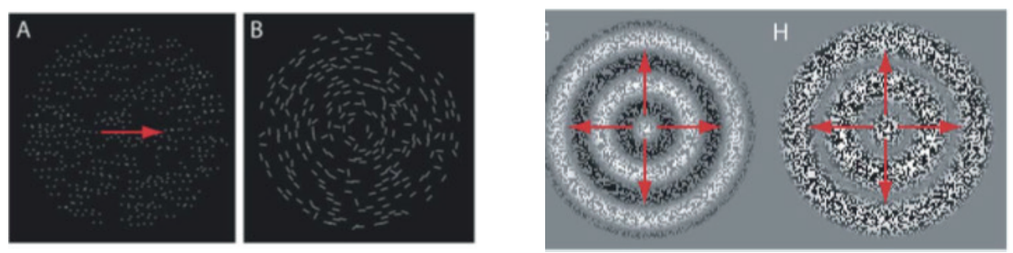


Fig.63. Immagini utilizzate nell'esperimento di Dakin e Frith 2005.

67 Cfr. Hall, op.cit., p.57.
68 Cfr. *ivi*, p.82.
69 *Ivi*, p.61.
70 Cfr. Mul, op.cit, p.22.

71 Bogdashina, op.cit. p30.
72 Cfr. *ibidem*.

Il nostro rapporto con lo spazio architettonico è costantemente filtrato dai nostri processi cognitivi. Non elaboriamo tutte le informazioni presenti nell'ambiente, ma in ogni istante scegliamo, inconsapevolmente, cosa recepire attuando una selezione degli *input* provenienti dal mondo esterno. Possiamo quindi, migliorare il nostro benessere, grazie alla personale capacità di sintetizzare l'immenso bagaglio di dati che giungono ai nostri sensi, ma non per tutti questo è possibile.

3.5. Esperienze progettuali per un'architettura dell'inclusione

Abbiamo più volte sottolineato come, una delle problematiche più frequenti nelle persone autistiche, sia l'assenza di un filtro percettivo che consenta di selezionare le informazioni più utili alla comprensione dello spazio; *deficit* che condiziona fortemente il rapporto con il mondo esterno. Un eccesso di *input* sensoriali o, al contrario, un'assenza di stimoli di base provenienti dall'ambiente, può innescare una condizione di disagio talmente insostenibile da compromettere la relazione con lo spazio.
Sentirsi accolti dagli ambienti in cui si abita, si studia, si passa del tempo libero è fondamentale per vivere una condizione di benessere. Viceversa, un rapporto disfunzionale con l'ambiente può condizionare negativamente qualsiasi nostra attività, fino al punto da trasporre il malessere nei propri stati d'animo e nei nostri comportamenti con gli altri. Nell'autismo queste relazioni, importanti per chiunque, giocano un ruolo cruciale nel veicolare sensazioni positive, capaci anche di innescare percorsi virtuosi verso l'autonomia personale e l'acquisizione di conoscenza. Per questo, da alcuni anni, il punto di vista che sta prendendo piede nel processo di inclusione, non è quello di intervenire sulle persone, ma sugli ambienti; la loro corretta gestione spaziale ed estetica può costituire un supporto per potenziare le qualità performative e le "diverse" abilità di ciascuno. Il concetto di *performance*, infatti, si articola a diversi livelli e include processi e azioni i cui esiti prestazionali sono influenzati da "capacità, motivazione e opportunità"[73].
Siamo ben lontani dall'adozione di una pratica inclusiva nella progettazione generale, ma alcuni progetti pilota, stanno cominciando a sperimentare strategie compositive con uno sguardo *human centered*, che tenga in conto il valore di una corretta comunicazione spaziale per trasmettere sensazioni di *comfort*. I principali fattori su cui i progettisti intervengono,

73 Attaianese, Erminia. "Environmental Design and Human Performance. A Literature Review." *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association*. 2018. 486-495.

agiscono sulla modulazione di *input* visivi gradevoli e commisurati alle peculiarità percettive più frequenti nel quadro autistico, ma non vengono trascurate stimolazioni tattili o azioni di rinforzo per la sfera propriocettiva. Luci, colori e *texture* sono gli elementi di maggior impatto sulla progettazione, in quanto agendo sulla loro modulazione è possibile dosare i livelli di stimolazione sensoriale per evitare rumore visivo.
Iain Scott traccia un quadro molto approfondito degli accorgimenti adottabili in una progettazione *autism friendly*; in particolare, fa riferimento alle linee guida normative del 2005 per ambienti educativi e alle indicazioni pubblicate da Simon Humphreys[74], che aggiunge alcuni punti alla precedente lista.

Designing for People with Special Educational Needs and Disabilities in Schools, (2005), pubblicati dal *Department for Education and Employment*[75].

- The building should have a simple layout which reflects order, calm, clarity and has good signage and way-finding.
- Pupils may show different sensitivities to spaces: some will be frightened by large, open spaces and wish to withdraw to smaller spaces, whilst others will not like enclosed spaces.
- Providing a mix of larger spaces with smaller ones to withdraw to when anxious can help.
- Designing low sensory-stimulus environments reduces sensory overload, stress and anxiety.
- The provision of pleasant, well-proportioned space, with plain, bare walls decorated in muted soft colours will allow teachers to introduce stimulus, (such as wall displays of work or information), gradually to suit pupils needs.
- Classrooms can be arranged so that teachers mayemploy different teaching methods, with spaces for individual work or screened personal workspaces.
- Use of indirect lighting and the avoidance of noise or other distractions, (blind cords, exposed pipes or dominant views out), need to be considered.
- Containment in the class base for reasons of supervision, safety or security by the use of two door handles, at high and low-level, must neither compromise escape procedures, nor violate human rights,

74 Simon Humphreys, è un architetto che convive da anni col fratello autistico ed è specializzato nella progettazione di architetture per persone ASD.
75 Scott, Iain. "Designing learning spaces for children on the autism spectrum" *Good Autism Practice (GAP)* 10, n. 1 (2009). p.37.

(in that children must not be locked up unless they are secured or detained legally in secure provision).

- Robust materials should be used where there are pupils with severe disabilities and safety precautions for doors, windows, glass, plaster and piped or wired services will be required.
- There is a need to balance security and independence and to find the right mix between tough materials and special equipment on the one hand and ordinary, everyday items on the other, in order to avoid an institutional appearance, whilst at the same time eliminating risks.
- Simple or reduced detailing and changes of plane may reduce the opportunity for obsessiveness

Simon Humphreys's integrations

- Good levels of natural light and ventilation.
- Proxemics: Proxemics deals with the amount of space people feel it necessary to set between them-selves.
- Good observation: It is useful to be able to observe the movements of people with ASD, without them feeling constantly under surveillance

Nonostante gli esempi riportati siano riferiti a spazi per l'educazione speciale, la maggior parte delle indicazioni sono di riferimento per un *design* più generico che faccia dell'inclusione il suo punto di forza. La semplicità nella configurazione spaziale è una condizione fondamentale per favorire la lettura dello spazio. Poche informazioni, comunicate in modo graduale, possono essere registrate ed elaborate con maggior facilità, evitando di gravare sul carico cognitivo. Le architetture do*vr*ebbero denunciare con chiarezza la loro spazialità, privandosi di decorazioni superflue ed eccessivi cromatismi, non solo per trasmettere un'atmosfera calma, ma anche per indicare con chiarezza la direzione di movimento e migliorare l'orientamento, spesso compromesso in persone *ASD*.

Per Sanchez la parola chiave è *comprehensibility*: «Consistent spaces with a clear structure and evident clues may offer the necessary support in delineating, organising and using different spaces»[76]. Concetto strettamente correlato al bisogno di "controllabilità". Si tratta di bilanciare in maniera equilibrata "sicurezza" e "indipendenza", "spazio individuale" e "spazio sociale", per consentire a persone più fragili di accedere a esperienze di conoscenza senza che ciò induca ansia e stress. Ed è per questo motivo che Simon Humphreys parla di *good observation*: «Having space within which children can be autonomous, with safe levels of unobtrusive monitoring has encouraged a level of social interaction which staff had not witnessed before. Having individual space means a child can make a choice to be alone or to interact»[77].

Il bisogno di sicurezza, quindi, dev'essere mediato dalla presenza di alternative stimolanti che accompagnino nel percorso di apprendimento e nell'acquisizione di autonomia. Dal momento che l'autismo presenta aspetti anche totalmente opposti nella percezione degli *input* esterni, passando da ipo a ipersensibilità, è importante poter gestire l'ambiente in maniera flessibile; in un contesto non opprimente con ampi spazi e buon ricambio d'aria, sono utili anche aree di pausa sensoriale, più piccole e raccolte, dove sia possibile rifugiarsi per potersi sentire al sicuro e ricevere il conforto dato dalla stabilità delle strutture immobili. Mostafa, ad esempio, raccomanda la presenza di spazi intimi per le attività di relax[78].

La difficoltà ad immaginare certe situazioni richiede spazi che siano estremamente facili da interpretare e da cogliere al primo sguardo; linearità, simmetria, geometrie semplici, do*vr*ebbero essere qualità di base di un'architettura *autism friendly*.

Anche l'uso dei colori ha un ruolo importante nelle sollecitazioni sensoriali. Alcuni studi, come quello di Anna Franklin et al., hanno evidenziato difficoltà nella discriminazione dei colori durante esercitazioni che richiedevano la selezione di un *target*[79], tuttavia per i ricercatori questa minore accuratezza nella selezione dei colori non implica necessariamente un'incapacità nella categorizzazione e distinzione[80]. Gli errori del gruppo *ASD* sono superiori a quelli del gruppo di controllo e si estendono su tutto lo spettro cromatico uniformemente, senza picchi in corrispondenza di particolari frequenze d'onda. Tuttavia, Zachi Elaine et al., sottolineano che gli studi fatti sui bambini potrebbero essere non esemplificativi di uno scenario completo dal momento che lo sviluppo del sistema visivo avviene in ritardo in tutti gli individui[81]. È comunque fondamentale fare molta at-

76 Kinnaer, Marijke, Stijn Baumers, e Ann Heylighen. "Autism-friendly architecture from the outside in and the inside out: An explorative study based on autobiographies of autistic people." *Journal of Housing and the Built Environment* 31 (2016): 179-195. p. 177.

77 Scott, op.cit, p.40.

78 Cfr. Kinnaer op.cit.

79 Cfr. Zachi , Elaine C., Thiago L Costa, Mirella T. S. Barboni, Marcelo F. Costa, Daniela M. O. Bonci , e Dora F. Ventura. "Color Vision Losses in Autism Spectrum Disorders." *Frontiers in Psychology* 8 (2017): 1-11

80 Cfr. Franklin , Anna, Paul Sowden, Rachel Burley , Leslie Notman , e Elizabeth Alder. "Color Perception in Children with Autism." *J Autism Dev Disord*, n. 38 (2008): 1837–1847.

81 Cfr. Zachi op.cit.

tenzione alla scelta dei colori, dal momento che alcune tonalità possono infastidire in casi di ipersensibilità sensoriale[82]. La sensibilità ai colori e al contrasto cromatico può essere un problema per alcuni individui: «Liane Willey, una donna con sindrome di Asperger, trova difficile guardare i disegni a pastello dal momento che la fanno sentire depressa, inquieta e inadeguata. La soffocano»[83]. Per tale motivo Scott consiglia di scegliere i colori entro una gamma di tonalità neutre e a tal proposito riporta l'esempio della New Struan, una scuola indipendente diretta dalla *Scottish Society for Autism (SSA)*. Le aule hanno tonalità tenui, in modo tale che gli insegnanti possano aggiungere gradualmente le sollecitazioni e ciascuna di esse incorpora uno spazio più piccolo e privato per piccoli gruppi o dove poter stare soli. Una parete vetrata consente, infatti, l'introspezione all'interno di questi settori, in modo da poter lasciare al ragazzo la possibilità di gestire in autonomia alcuni momenti della giornata, senza per questo sentirsi escluso o oppresso dalla supervisione dell'insegnante (Fig.64). Le finiture, così come gli accessori (ad esempio i tappeti) e i colori delle pareti, codificano con chiarezza le gerarchie spaziali[84]. Le pareti dell'atrio costituiscono un fondale neutro, che può essere caratterizzato nel tempo dai lavori degli allievi. Alcuni colori possono avere, invece, una particolare attrattiva nei confronti delle persone autistiche; Wendy Lawson racconta la sua fascinazione verso alcune particolari tonalità: verde smeraldo, blu reale, porpora e turchese[85].
Anche in tema di cromatismi, quindi, è opportuno essere cauti e poter gestire con flessibilità l'uso dei colori, attribuendo i toni più decisi agli elementi di dettaglio piuttosto che alle pareti. Dal momento che le persone autistiche sono spesso attratte dai particolari è, quindi, preferibile non inserire nello stesso contesto una mescolanza di colori, ma utilizzare i contrasti per favorire l'interpretazione spaziale; ad esempio, per distinguere le pareti dal pavimento, per mettere in evidenza elementi guida per la mobilità o per la segnalazione di specifiche funzioni. Allo stesso modo bisogna dosare con cura anche le *texture*, che possono costituire dei distrattori nella costruzione delle relazioni spaziali. Alcune *texture*, con fantasie eccessivamente caotiche possono confondere o generare rumore percettivo, altre, invece possono essere stimolanti nel suggerire transizioni funzionali o cambi tematici. Anche l'illuminazione è molto importante nel trasmettere un senso di *comfort*, evitando effetti innaturali di luce troppo forte o

Fig.64. New Struan school. Spazi individuali e per piccoli gruppi.

82 Cfr. Bogdashina, op.cit., p.71.
83 Willey in *Ivi*, p. 70.
84 Cfr. Scott, op.cit.
85 Cfr. Bogdashina, op.cit., p.71.

troppo flebile. È stata rilevata, nell'autismo, una particolare vulnerabilità alle luci fluorescenti che possono indurre mal di testa, stress visivo e incremento di comportamenti ripetitivi. Bogdashina fa riferimento ad alcuni "individui autistici" in grado di vedere uno sfarfallamento con frequenza di 60 cicli al secondo[86]. Generalmente si preferisce un'illuminazione naturale ma sempre con sistemi di oscuramento e, ove non fosse possibile, optare per *dimmer* e un controllo della frequenza[87].
Tra il 2006 e il 2014 anche Magda Mostafa mette a punto un approccio per la progettazione architettonica *autism friendly: ASPECTSS*. In particolare, questo iter progettuale si basa su 7 principi di base che secondo Mostafa sono sostanziali nel ridurre i tempi di risposta durante le attività e influenzare il temperamento delle persone autistiche.
Mostafa's design principles[88]:

- Acoustics
- SPatial Sequencing
- Escape Space
- Compartmentalization
- Transition Zones
- Sensory Zoning
- Safety.

Ancora una volta, le linee guida sono state applicate prevalentemente in strutture per l'educazione speciale come la *Advance School for Developing Skills of Special Needs Children* al Cairo, ma, sono considerate importanti riferimenti anche per una progettazione più generale. Il punto di partenza è sempre quello di vedere la relazione tra edificio e persona non nell'ottica di una disfunzione, ma dal punto di vista delle potenzialità che, una struttura opportunamente programmata, può offrire[89].
I riferimenti di Mostafa, quali Baumers, Heylinghen, Vogel, Whitehurst, Ahrentzen, Steele, partono dal presupposto che cambiare punto di vista sia il primo passo per costruire un ponte tra lo spazio architettonico e un diverso modo di percepire il mondo. Condizioni imprescindibili restano: sicurezza, familiarità degli spazi, stabilità e chiarezza nelle configurazioni,

86 Cfr. *Ivi*, p.70.
87 Cfr. Scott, op.cit.
88 Bielak, Zasadzka -Maria, e Agnieszka -Bugno Janik. "Shaping the Space for Persons with Autism Spectrum Disorder". *Advances in Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure. Proceedings of the AHFE 2018 International Conference*. p. 133.
89 Cfr. Mostafa, Magda. "Architecture for autism: Built environment performance in accordance to the autism ASPECTSS™ design index." *Design Principles and Praticties. An International Journal – annual Review*., 25 July 2015: 55-71.

minimizzazione dei sovraccarichi sensoriali, possibilità di gestire e controllare le interazioni sociali e la *privacy*, possibilità di autonomia nelle scelte, benessere psicofisico, dignità personale e supporto reciproco[90]. Nel 2008, in *An Architecture for Autism: Concepts of Design Intervention for the Autistic User*, Mostafa presenta la sua *Sensory Design Theory* e la *Sensory Design Matrix*, basandosi sull'ipotesi che, ponendo come presupposti progettuali i bisogni dell'autismo, sia possibile influenzarne positivamente i comportamenti. Questa ricerca è una delle poche che si basa sugli effetti concreti della sperimentazione sul campo e che verifica i risultati dopo la realizzazione delle strutture. Una delle critiche maggiormente mosse al *Sensory Design* è quella che paragona quest'approccio a una sorta di "effetto serra" che ne limita l'efficacia solo all'interno degli ambienti personalizzati. A tal proposito, Andrei Pomana, dell'Università di Architettura Rumena, sottolinea che il punto debole del *Sensory Design* consiste nella scarsa attenzione dedicata all'inserimento nella socialità e nel mondo del lavoro. Per tale motivo, propone un'integrazione delle pratiche progettuali, allo scopo di consentire una connessione tra la vita all'interno degli spazi educativi e il "mondo esterno"[91]. Fattore cruciale della sua proposta è l'inserimento di aree dedicate allo scambio esperienziale con persone neurotipiche e quindi all'interazione tra attività terapeutiche e attività socioculturali o pratiche all'interno di un contesto misto, seppur controllato (Fig.65).
Il percorso verso questi spazi seguirebbe dei passaggi graduali che, in tal modo, consentirebbero l'applicazione delle competenze acquisite in contesti non autistici. Basti pensare che per un *ASD* anche lo scambio verbale, in alcuni contesti può essere un grande ostacolo da sormontare e, avere la possibilità di provare a interagire con gli altri, in scenari differenti da quello scolastico, potrebbe rappresentare un primo passo verso l'autonomia. Secondo Mostafa il punto di forza della sua teoria consiste proprio nella gradualità delle fasi sensoriali e nella flessibilità metodologica per l'applicazione dei suoi criteri[92]. La strategia compositiva risiede, infatti, nel discretizzare gli spazi al fine di consentire una diversificazione di esperienze sensoriali con tempistiche diverse. Inoltre, è sempre possibile eliminare il carico sensoriale attraverso ambienti di buio percettivo. In sintesi, i principali temi progettuali su cui si incardina l'*ASPECTSS Design Index* sono: l'acustica, la sequenza spaziale, gli spazi di fuga, la compartimentalizzazione, gli spazi di transizione, le zone sensoriali e la sicurezza.

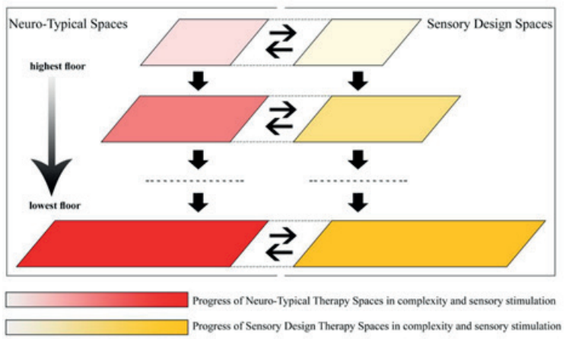


Fig.65. Andrei Pomana. Modello di variazione della Sensory Stimulation Theory.

90 Cfr. *ibidem*.
91 Cfr. Pomana, Andrei . "Architecture for Autism. Improving Designs for Autistic Integration." *ICAR 2015 - PROCEEDINGS: International Conference on Architectural Research*. Bucarest, Romania: Ion Mincu Publishing House Bucarest, 2015:1-5.

L'isolamento acustico è un fattore fondamentale per evitare sovraccarichi sensoriali e consentire la convivenza in un'atmosfera silenziosa e non invasiva. L'uso di intercapedini e materiali fono assorbenti, deve riuscire a mitigare non solo i rumori ambientali, ma anche suoni di sottofondo e riverberi, analogamente a quanto accade con la luce fluorescente[93].
La sequenzialità riguarda un'articolazione degli spazi in successione lineare, in modo che la *routine* quotidiana possa essere facilmente memorizzata. Gli ambienti dovrebbero inoltre susseguirsi in modo da favorire uno svolgimento fluido delle attività, senza drastiche interruzioni. Dev'essere tuttavia sempre possibile rifugiarsi in spazi più intimi, definiti "spazi di fuga", dove scaricare l'eventuale stress generato da iperstimolazione o da altre condizioni di sofferenza.
La compartimentalizzazione delle funzioni si pone in totale opposizione agli "*open-space*", ed è pensata per consentire la gestione isolata degli stimoli, in modo da trasmettere il minor carico di informazioni possibili durante lo svolgimento delle attività. Questo tipo di ripartizioni può essere organizzato per livelli; dal totalmente chiuso, attraverso setti e separazioni, al semiaperto, che consenta un'introspezione verso l'esterno. Allo stesso modo anche il trattamento delle superfici può essere gestito con modalità differenziate con una graduale transizione; dal totalmente neutro all'inserimento di alcuni colori o *texture* per una maggiore stimolazione sensoriale.
Gli spazi di transizione aiutano proprio nel passaggio da un livello all'altro di stimolazione percettiva per evitare brusche variazioni e traumi nel

92 Cfr. Mostafa 2015, op.cit.
93 Cfr. *ivi*, p.58.

passaggio tra una “zona sensoriale” e l’altra. Queste aree tengono conto di esigenze individuali e sono pertanto commisurate alle diverse necessità sensoriali. Al loro interno potranno svolgersi attività individuali o a piccoli gruppi, associando studenti con esigenze e qualità simili.

La sicurezza. Tenendo in conto dei diffusi problemi di orientamento, percezione della profondità e propriocezione, spesso evidenziati da persone autistiche, la sicurezza è un presupposto fondamentale per evitare lesioni durante le attività o durante alcuni momenti in cui si manifestano atteggiamenti di “autoregolazione” sensoriale. Anche la ricerca di esperienze stimolanti, a volte, può mettere l’autistico, in condizioni di pericolo, pertanto la scelta dei materiali, delle superfici, l’inserimento di barriere protettive dev’essere accuratamente ragionata e fare in modo che ogni spazio sia visibile e controllato.

Un aspetto che può essere desunto da alcune immagini pubblicate da Mostafa sulle esperienze progettuali già realizzate è l’uso dei colori per agevolare l’orientamento e la mobilità all’interno e all’esterno degli edifici. La *Western School for Autism* (Fig.66), ad esempio, agevola il riconoscimento di ciascuno dei suoi moduli educativi, attraverso i vistosi colori delle porte d’ingresso, in forte risalto rispetto alle tonalità neutre delle pareti.

Fig.66. Western School for Autism.

Fig.67. Northern School for Autism.

La Northern School for Autism (Fig.67) guida gli spostamenti dei discenti tramite un evidente tracciato, in netto contrasto cromatico con il tappeto erboso e le restanti superfici della pavimentazione, mentre la *Acland Burghley Autism Resource Centre*, sottolinea i collegamenti orizzontali mediante pannellature sul sofitto che seguono l'andamento dei percorsi e che fungono da corpi illuminanti. Tale controsoffittatura, lungo il corridoio, costituisce un contrappunto visivo al pavimento, con lo stesso colore e, allo stesso tempo, riesce a diffondere uniformemente la luce lungo tutto il percorso, migliorandone la visibilità e rafforzandone la direzionalità.
I principi dell'*ASPECTSS design*, sono stati testati e gli esiti sono stati rilevati tramite questionari di soddisfazione, somministrati agli ospiti di sei scuole costruite appositamente per l'autismo. Le scuole testate su cui è stata effettuata la verifica sono: la *Acland Burghley School's Autism Resource Center* nel Regno Unito, progettata da Christopher Beaver, GA Architects, la *Northern School for Autism* in Australia di Hede Architects, la *Western School for Autism* in Australia di Hede Architects, la *Advance Center for Special Needs* al Cairo di Progressive Architects, la *Centre for Autism ad Abu Dhabi* di Simon Humphreys Architects[94]. I questionari prevedevano un punteggio per ciascuno dei principi progettuali alla base dell'*ASPECTS*; per la maggioranza dei fattori sono stati rilevati punteggi vicini alla soglia massima e in più una corrispondenza quasi totale tra le aspettative dei progettisti e la percezione degli utenti.

94 Cfr. *ibidem*

Capitolo 4
Ambienti virtuali per l'autismo

4 Ambienti virtuali per l'autismo

4.1. La realtà virtuale per l'apprendimento nelle persone ASD: un dibattito aperto

> Because computers offer a context-free environment in which many people with autism feel comfortable, therapists and teachers [can use] virtual reality tools to teach life skills and social skills
>
> **National Autistic Society (NAS, UK)**

L'impiego della realtà virtuale nel campo dell'educazione speciale è ancora in fase di sperimentazione, pertanto, sono ancora tanti gli aspetti da approfondire. Per tale motivo si tratta di un settore di studi in crescita che vede un progressivo incremento delle sperimentazioni e delle discussioni a tal riguardo. Il senso di ottimismo che spinge la ricerca sulle *ICT* per il disturbo autistico è suscitato dagli esiti incoraggianti di alcune esperienze condotte con l'uso della *VR*, al punto che tali applicazioni stanno dimostrando di poter fornire un ausilio alla pratica educativa. Sebbene, come sostiene S. Parsons, non esista ancora un'evidenza diretta di supporto all'idea di poter utilizzare ambienti virtuali per migliorare le capacità sociali o cognitive[1], negli ultimi 25 anni si è arricchito il bagaglio di osservazioni a sostegno di tale ipotesi.
Già nel 1998 Moore suggeriva come, l'apprendimento assistito al Computer (*CAL*), potesse rappresentare una strada percorribile attraverso la quale comunicare informazioni evitando una serie di problematiche legate alla sindrome. Asperger Come, ad esempio, ansia e so*vr*accarico di stimoli percettivi.
Se, come sostiene Jason Jerald, dell'Università del Nord Carolina, la comunicazione nel mondo reale "è un passaggio di energia tra due entità"[2] privo di intermediazione, nella Realtà Virtuale, la comunicazione è artificialmente, e prioritariamente, mediata dall'ambiente rappresentato che, veicolando gli stimoli visivi, condiziona anche una moltitudine di effetti percettivi sulla persona; il senso di presenza, l'orientamento nello spazio, la propriocezione, l'equilibrio. Sarà quindi la configurazione rappresentata

1 Cfr.Parsons, Sarah, Luke Beardon, H R Neale, e Gail Hopkins. "Development of social skills amongst adults with Asperger's Syndrome using virtual environments: the 'AS Interactive' project" *Proc. 3rd Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.* Alghero: ICDVRAT/University of Reading, UK, 2000. p.4.
2 Jason Jerald, *The RV Book: Human centered design for Virtual Reality*, ACM Books #8, ISBN: 978-1-97000-113-6. P.10.

dello spazio architettonico che, manipolando il complesso sistema di *input* sensoriali, condizionerà la comunicazione. Non sempre l'utente percepisce questo filtro comunicativo, che può essere reso invisibile creando la sensazione di una comunicazione non mediata, di avere accesso diretto ai contenuti informativi, come avviene nella realtà.
La fiducia nell'efficacia dei sistemi di Realtà Virtuale per l'autismo è legata alle più recenti diagnosi, come quelle di Hermelin and O'Connor[3] che relazionano il quadro autistico a disfunzioni prevalentemente di carattere percettivo, al punto che alcuni sintomi sono stati associati a quelli dell'ipovisione o della cecità. Gense e Gense, ad esempio, riferiscono di analogie tra i comportamenti dei bambini autistici e quelli dei bambini non vedenti: tastare il perimetro di un luogo o la necessità di toccare tutto prima di fermarsi e sedersi, sono rituali che li accomunano e che vengono descritti dagli stessi interessati, come la necessità di "interpretare" l'ambiente circostante, a causa dell'incapacità di percepire sé stessi in relazione allo spazio[4].
Frequentemente, le distorsioni visive possono determinare alterazioni percettive come, ad esempio: problemi nella lettura della profondità e della tridimensionalità, difficoltà a interpretare la morfologia spaziale, diplopia[5], distorsioni di forma, di dimensione ed errata decodifica del movimento[6]. Problemi nel campo della sensibilità propriocettiva, inoltre, possono complicare la comprensione dei confini spaziali oltre che le relazioni tra gli elementi dello spazio e il proprio corpo[7]. In relazione a tali problematiche, diventa fondamentale la possibilità, insita nei sistemi di *VR*, di poter adattare e personalizzare le strutture visive delle scene agendo sugli strumenti connessi a ciascuno dei fattori elencati, in modo da poter diventare veicolo per la comunicazione dei valori spaziali e, dunque, per la sua comprensione. Nel caso di sistemi immersivi per l'educazione speciale, quindi, è fondamentale tenere in considerazione che l'apparato percettivo autistico reagisce a stimoli differenti rispetto a quello neurotipico, pertanto, la rappresentazione delle scene, dev'essere opportunamente impostata considerando la disfunzionalità dei propriocettori e le relazioni atipiche che si stabiliscono tra sistema visivo e motorio.
La navigazione virtuale, infatti, utilizza immagini a 360 gradi, come ad es.: *rendering* fotorealistici, foto o video; pertanto, dal momento che i limiti

3 Cfr. Bogdashina, op. cit., p30.
4 Cfr. *ibidem*.
5 Diplopia o vista doppia.
6 Cfr. Bogdashina, op.cit., p.80 e § 3.
7 Williams , Donna. Somebody Somewhere. London: Doubleday, 1994., p.240

dell'inquadratura superano quelli del campo visivo umano, l'esperienza coinvolge non solo la vista, ma anche il corpo, anche solo nella semplice rotazione della testa, passando da un'osservazione statica ad una prospettiva dinamica[8]. Comunemente, queste relazioni tra l'apparato vestibolare e visivo, aiutano il senso dell'orientamento e la comprensione dello spazio, mentre nell'autismo possono generare confusione o stress a causa del disturbo nella fase della "coppia efferente"[9].
In tal caso è fondamentale comprendere, attraverso la ricerca e la sperimentazione, quali fattori legati alla rappresentazione possano avere un ruolo cardine nell'agevolare la navigazione, la comprensione dello spazio, il senso di orientamento (*wayfinding*) e di immersione nelle persone con *ASD*. Per tale motivo sarà fondamentale procedere con l'osservazione degli studi condotti fin qui, con uno sguardo critico sugli aspetti inerenti alla rappresentazione delle ambientazioni quando le descrizioni o le immagini riportate in letteratura lo consentano. Tale disamina è introdotta da un confronto sui differenti punti di vista che animano il dibattito sul tema e che si fa sempre più controversa con l'ampliarsi delle professionalità che confluiscono in questo settore. Tuttavia, allo stato attuale, l'ambito della rappresentazione resta ai margini di questo scenario, spesso totalmente assente dalle trattazioni scientifiche, concentrate prevalentemente sugli aspetti sociali, pedagogici, psicologici o tecnologici.

4.2. Stato dell'arte uno sguardo generale

Le prime osservazioni, all'inizio degli anni '90, non riguardano ancora tecnologie totalmente immersive, ma sono utili a valutare la risposta dell'utenza all'interattività e agli ambienti simulati. Chen e Bernard- Optis notano un miglioramento nell'attenzione e nel comportamento durante un percorso di apprendimento supportato dal computer, ma senza particolari progressi nell'apprendimento, mentre due anni più tardi Heiman, usa un programma interattivo per insegnare a leggere e comunicare a ragazzi *ASD*. Durante questi percorsi educativi, gli allievi manifestavano un incremento delle competenze lessicali e un accrescimento motivazionale. Il primo dato rilevato riguarda, quindi, la possibilità di stimolare l'attenzione e l'interesse dei discenti, veicolando le informazioni attraverso uno strumento accattivante che ne incrementi il coinvolgimento emotivo e di conseguenza dia nuove potenzialità all'iter di apprendimento. In persone con problemi lessicali, questo aspetto diventa ancora più importante, dal momento che lo stimolo può viaggiare su contenuti figurativi piuttosto che verbali, modificando le dinamiche cognitive. La lettura dei *pattern* visivi incide in quelle che Berlyne chiama "proprietà collative dello stimolo", ovvero attributi che dipendono dalle relazioni tra gli oggetti e, pertanto, se adeguatamente gestiti, possono incentivare un comportamento esplorativo che innalza i livelli di *arousal*[10] e di conseguenza favorire il processo di conoscenza[11]. I *videogame* educativi, ad esempio, basano il loro potenziale didattico su tali presupposti cosicché, quando le ambientazioni 3D sono strutturate su una grafica accattivante e finalizzata, l'utente si sente totalmente immerso nell'esperienza di gioco con un conseguente miglioramento nell'apprendimento. Un esempio significativo è il progetto del *VIRART Virtual Reality Application Research Team*, dell'Università di Nottingham. Nel 1991, il gruppo di ricerca, intraprende una serie di esperimenti per l'incremento di svariate capacità in persone *ASD*. La maggior parte delle esercitazioni si basano sull'associazione semantica tra immagini 3D di oggetti reali e i corrispondenti simboli grafici. Questa pratica introduce una problematica ricorrente nel campo dell'educazione speciale, ovvero la difficoltà di astrazione. Si tratta di un problema frequente nell'autismo, ovvero riuscire a riutilizzare le competenze acquisite in un contesto a una casistica di eventi e scenari differenti, non necessariamente identici a quelli dell'apprendimento.
Se comunemente si riescono a creare connessioni di significato tra situazioni o cose non identiche, ma correlabili attraverso nessi logici che creiamo durante le nostre esperienze pregresse, nel caso dell'autismo questa possibilità non è scontata. Pertanto, il *medium* comunicativo tra le diverse fasi di un processo di apprendimento è fondamentalmente supportato dalla nostra creatività e capacità immaginativa. Sebbene l'autismo non

8 Cfr. Rossi op.cit.
9 Cfr. Russell James, *At two with Nature: Agency and the Development of Self-World Dualism*. In Bermudez, Josè Luis, Antony Marcel , e Naomi Eilan. *The body and the self.* Cambridge: MITPress, 1998. pp.127-152.

10 «L'*arousal* indica un momentaneo grado di allerta, di vigilanza, di attenzione a cui corrispondono manifestazioni fisiologiche di accelerazione del battito cardiaco, di dilatazione pupillare, di aumento della pressione sanguigna, di contrazioni muscolari, di risposta elettrica della pelle, che sono misurabili e che vanno a integrare altri metodi di misurazione, meno diretti, di questo tipo di comportamento, quali l'analisi delle risposte di tipo verbale e l'osservazione dell'attività motoria del soggetto. Il valore edonico positivo qualifica quei processi, collegati alla stimolazione di certe zone del cervello, che presiedono all'esperienza di eventi gratificanti, definiti dall'essere umano, solitamente, come "piacevoli" o "gradevoli"». Argenton , Alberto. *Arte e cognizione. Introduzione alla psicologia dell'arte.* digital edition. Milano: Raffaello Cortina Editore, 2017. p17.
11 Vedi anche §4.3.

comporti disfunzioni a livello dell'apparato visivo, l'incoerenza percettiva che lo caratterizza provoca un'agnosia sensoriale che non sempre consente di attribuire il coretto valore semantico all'apparato segnico di un ambiente (vedendo una sedia ad esempio, non sempre si riesce a capire cosa sia e a cosa serva), pertanto, la decontestualizzazione o la trasposizione di oggetti e cose ad ambienti diversi da quelli abituali, può alterarne l'attribuzione di significato, vanificando il processo conoscitivo.
S.Parsons fa rilevare come molti studi, ad esempio proprio quelli sul linguaggio[12], non siano riusciti a dimostrare la capacità dei partecipanti a reiterare gli apprendimenti acquisiti in ambiente virtuale a contesti reali[13] e che, allo stato attuale, non esistono singoli studi o serie di studi che raccolgano o analizzino sistematicamente il modo in cui queste caratteristiche possono essere messe in relazione per influenzare le risposte e l'apprendimento[14]. In tal modo S.Parsons pone l'accendo su un nodo cruciale: se la reiterazione meccanica delle azioni senza comprenderne il significato, possa o meno considerarsi apprendimento. Le osservazioni nascono dal fatto che, quando i ricercatori hanno cercato di istruire i bambini al superamento dei diversi livelli di apprendimento, questi hanno risposto meccanicamente senza comprendere realmente il significato delle loro azioni[15].
A fronte delle opinioni critiche, Mineo osserva che molte persone con *ASD* tendono spontaneamente a imparare copiando azioni osservate quotidianamente in televisione[16], di conseguenza una tecnologia educativa basata sull'imitazione, può essere più adatta alle loro naturali predisposizioni. Si tratta di una delle questioni ancora aperte del dibattito sulle nuove tecnologie educative e che fanno richiedere a gran voce ulteriori sviluppi di ricerca. Per molti anni gli studi condotti sono rimasti esperienze isolate e solo di recente si è aperto un ampio confronto interdisciplinare. Nel 2016 la ESRC, *Economic and Social Research Council* del Regno Unito ha promosso

12 Rajendran e Mitchell nel 2000 impiegano un programma chiamato *Bubble Dialogue* per lo sviluppo del linguaggio di persone Asperger, ma i risultati non hanno condotto a una chiara evidenza che i partecipanti all'esperimento avessero una reale consapevolezza del significato delle azioni virtuali e che riuscissero poi a riportarle nel reale.
13 Cfr. Parsons. et al, 2000, op cit. p.3.
14 Cfr Bradley, Ryan, e Nigel Newbutt . "Autism and virtual reality head-mounted displays: a state of the art systematic review." *Journal of Enabling Technologies*, 2018: 1-14.
15 Cfr. Rajendran, Gnanathusharan. "Virtual Environmental and autism: a developmental Psycopathological approach" *Journal of Computer Assisted Learning* (John Wiley & Sons Ltd, UK,) 29 (2013): 334-347. p.338.
16 Cfr. Mineo , A. Beth, William Ziegler , Susan Gill , e Salkin Donna. "Engagement with Electronic Screen Media Among Students with Autism Spectrum Disorders." *Springer Science+Business Media*, 15 July 2008: 172–187.

una serie di incontri con lo scopo di riflettere e analizzare con senso critico il *design*, lo sviluppo e l'uso delle tecnologie per persone *ASD*. I primi due seminari hanno messo a fuoco tematiche relative alla comunicazione mentre il terzo ha discusso le potenzialità della progettazione di alcune tecnologie per la partecipazione sociale. Il fondamentale apporto dei seminari consiste nell'aver aperto un dibattito su tali tematiche, valutando, in maniera quasi pionieristica, non solo gli aspetti tecnici ma anche le potenzialità e le criticità.
Feeman, in un articolo sullo stato dell'arte, riporta un giudizio di Wiederhold, proprio dello stesso anno, molto critico su questo aspetto: «The studies have typically been small, negative results are less likely to have been reported, and, in most places, the literaturehas been distinctly piecemeal. Progress has been understandably slow because hardware and software have been expensive and expertise limited. This is about to change»[17]. Wiederhold fotografa un quadro dello stato della ricerca che effettivamente rispecchia le numerose problematiche insite nella tematica e nella complessità dell'utenza a cui ci si rivolge ma che, proprio per questo, necessita di ulteriori approfondimenti e sviluppi, in quanto i successi registrati fanno sperare in ulteriori progressi. Da un lato, quindi, la comunità scientifica sente l'esigenza di dare fondamento ai risultati riscontrati, dall'altro la ricerca futura deve tener conto delle questioni ancora irrisolte e dei limiti tecnologici.
Robins, nonostante enfatizzi la possibilità di utilizzare l'ambiente virtuale come spazio di relazione interpersonale, pone l'importante questione di riuscire a valutare adeguatamente gli effettivi vantaggi che la tecnologia può apportare all'autismo, individuando le metodologie operative più opportune[18].
T. Parsons e Wiederhold, parlano di costi eccessivi che ne potrebbero limitare la diffusione anche al di fuori degli spazi di ricerca, mentre Holden, Almeida, Park, Lewis, Griffin pongono il problema del *cyber-sikness* o chinetosi[19]. In particolare, quest'ultimo desta molte preoccupazioni. Almeida e Reiners, ad esempio, riportano numerose defezioni legate a questo problema, durante gli esperimenti con persone autisiche, mentre per Ba-

17 Freeman Daniel, Reeve S. Jeffrey, Robinson A., Ehlers A., Clark D., Spanlang B. , Slater Mel "Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders." *Psychological Medicine* 47 (2017). p.2397.
18 Cfr. Good, Judith, Sarah Parsons , Nicola Yuill , e Mark Brosnan . "Virtual reality and robots for autism: moving beyond the screen. . December 2016." *Journal of Assistive Technologies*, 2016. p.8
19 Cfr. Ravasio, op.cit., Confronta anche voce in glossario.

shiri "gli studi hanno riportato che il *cyber-sikness* costituisce una barriera all'uso delle esercitazioni e delle riabilitazioni negli ambienti virtuali"[20]. La sintomatologia, simile a quella del mal di mare, (disturbi oculomotori, problemi neurovegetativi, disturbi vestibolari) è solitamente relazionata all'intensità e alla durata dell'esperienza, oltre che all'età dei soggetti, con maggiore incidenza nelle donne.

Secondo Ravasio, la maggiore causa sembra risiedere nella discrepanza di informazioni che registrano le condizioni motorie, quindi «fra le informazioni visive che indicano il movimento del corpo e quelle vestibolari propriocettive e cinestetiche che suggeriscono una posizione statica»[21]. Newbutt suggerisce che tali problematiche siano in vario modo influenzate dagli hardware e software impiegati[22], tant'è che i disagi possono ridursi grazie alla possibilità di alcuni dispositivi di regolare la distanza focale in relazione alla distanza interpupillare dell'individuo[23].

Nel 2018, uno studio dell'Università di Camerino analizza, su persone neurotipiche, le ripercussioni sensoriali di alcuni sistemi di navigazione per la narrazione del patrimonio architettonico[24]. La ricerca ha verificato che anche la modalità di navigazione può condizionare l'insorgenza di chinetosi; questi sintomi si presentano prevalentemente nel caso di una navigazione continua, ovvero priva di salti di visualizzazione spaziale per muoversi all'interno della scena virtuale.

Se da un lato la navigazione continua favorisce la comprensione dello spazio e l'orientamento al suo interno, essa presuppone uno scollamento di durata maggiore tra gli stimoli motori trasmessi dall'apparato visivo e quelli percepiti dal corpo immobile. Al contrario, una navigazione discontinua *teleport*, riduce questi sintomi ma complica la comprensione dello spazio, rendendone difficile la memorizzazione e l'orientamento, soprattutto per utenti non esperti o a maggior ragione non neurotipici. Ancora, la bassa risoluzione o la scarsa luminosità possono essere ulteriori cause dell'affaticamento visivo e del senso di stanchezza[25].

Secondo Newbutt, della *University of the West of England*, che da anni svolge ricerche sulla tecnologia *Oculus rift*, si tratta di un'altra sfida che la

20 Cfr. Bradley. Op.cit, p. 6.
21 Ravasio,op.cit. p67 .
22 Cfr. Newbutt, 2020. pp.23-33.
23 Cfr. Newbutt, Nigel, Connie Sung, Hung-Jen Kuo, Michael J. Leahy, Chien-Chun Lin, e Boyang Tong. "Brief Report: A Pilot Study of the Use of a Virtual Reality Headset" *Autism Populations* (Springer Science+Business Media), June 2016:3166-3176.
24 Cfr. Rossi, op.cit.
25 Cfr. *ibidem.*

ricerca deve superare, spingendo verso l'approfondimento e l'ampliamento della sperimentazione. Per Newbutt, non è importante solo risolvere i problemi tecnici, ma riuscire anche ad ampliare quanto più possibile la portata di tali tecnologie e renderli accessibili a singoli utenti o alle scuole. Solo così, infatti si potrà superare il *gap* delle competenze cognitive traendo benefici educativi in casi di *deficit* come quello autistico[26]. Un principale ostacolo a un'ampia diffusione della *VR* per l'autismo è dovuto ad uno scollamento tra il *target* di riferimento delle tecnologie immersive e l'utenza a cui si rivolgono i programmi educativi speciali. Sia Newbut che Gorini evidenziano questo aspetto, ma da punti di vista differenti.

Newbutt sottolinea come Il mondo della tecnologia immersiva, che si trova oggi sul mercato, nasca prevalentemente nell'ambiente del *gaming* e, pertanto, non è direttamente riversabile in un contesto educativo[27]. Newbutt, rispetto a Gorini, fa delle considerazioni prevalentemente di carattere tecnologico, osservando come spesso i dispositivi per il visone e il controllo dell'esperienza virtuale siano estremamente sofisticati e poco adatti a ragazzi con non neurotipici. La maggior parte dei suoi studi sono, pertanto, finalizzati a capire quale sia la tecnologia più adatta a scopo educativo e come la qualità possa conciliarsi con le esigenze di economicità che condizionano gli ambienti educativi e la possibilità di un'ampia diffusione.

Alessandra Gorini, in un articolo sul *Journal of Medical Internet Research* del 2008, pone l'accento sugli aspetti ambientali, evidenziando una questione di grande interesse nei confronti delle problematiche che insorgono dall'uso delle tecnologie di realtà virtuale: «il mondo virtuale 3D non è stato creato con propositi clinici. Questo significa che i ricercatori […] devono sviluppare uno spazio protetto specifico che vada incontro alle esigenze cliniche così come a specifici bisogni dei pazienti»[28].

Si tratta di un importante spunto di riflessione che fa capire quanto sia importante, nell'ambito dell'educazione speciale, ripensare non solo la strutturazione del percorso pedagogico in *VR*, ma anche quella della rappresentazione dell'ambientazione simulata. Il valore e la validità dell'esperienza virtuale a scopo educativo, consiste proprio nella rispondenza alle problematiche di partenza e agli obiettivi prefissati, fattori in cui gli schemi figurativi hanno un ruolo fondamentale.

26 Cfr. Newbutt, 2016. Op.cit. p.6.
27 Cfr. Newbutt, 2020. Op.cit.
28 Gorini , Alessandra, Andrea Gaggioli , Cinzia Vigna , e Giuseppe Riva . "A second life for Health: prospects for the use of 3-D virtual worlds in clinical psychology." *Journal of medical Internet research* (G Eysenbach) 10 (Febr 2008)., p.8.

È attraverso l'iter di rappresentazione, infatti, che avviene quel processo di "sintesi, comunicazione ed esplicitazione"[29] dello spazio fisico indispensabile alla decodifica e al successivo apprendimento dei suoi contenuti culturali. In particolare, lo spazio architettonico cela in sé complesse relazioni teoretiche e morfologiche tra le parti, che solo nella sua figurazione possono palesarsi e rendersi decifrabili grazie alle scelte grafiche.
Le modalità di rappresentazione delle scene, la selezione delle componenti cromatiche e luministiche, il grado di dettaglio, la tessitura delle superfici, i livelli di profondità e la quantità delle informazioni visive che vengono messe in campo, sono solo alcuni dei fattori che collaborano all'efficacia del sistema virtuale; allo stesso tempo è estremamente rilevante l'impalcatura strutturale che tiene insieme tutti gli elementi e che stabilisce fasi, tempi e modi di somministrazione del percorso educativo.
Gli aspetti che configurano la scena virtuale rientrano a pieno titolo nell'ambito delle discipline ICAR 17, così come la strutturazione del percorso al suo interno che non può essere generalizzato ma deve tener presente una moltitudine di vincoli inerenti alla specificità del caso clinico osservato.
Come più volte si è fatto notare, l'autismo non risponde a categorie diagnostiche ben precise, ma alcuni aspetti comportamentali sono stati osservati con una maggiore frequenza, pertanto, vengono presi a riferimento per lo studio di sistemi educativi dedicati. Tra gli aspetti più frequenti, soprattutto nei casi di Asperger vi è la tendenza a un isolamento che va oltre le semplici difficoltà di comunicazione e socializzazione, vivendo in un mondo percettivo del tutto personale, dove i dettagli più importanti possono essere quelli che generalmente vengono del tutto trascurati dal mondo neurotipico. Questo porta in alcuni casi un carico sensoriale che può generare stati d'ansia e stress. Cosicché, se da un lato si tende a limitare il bagaglio di esperienze conoscitive per le persone autistiche, diventa ancora più importante poter accedere ad un ambiente sicuro, configurato su esigenze specifiche per trasferire sensazioni di benessere e *comfort* e dove poter sperimentare il "nuovo" senza la paura di conseguenze. L'ambiente simulato diventa così uno spazio familiare, in quanto commisurato ai propri bisogni e dove gli stimoli percettivi possono essere dosati gradualmente per favorire l'apprendimento; uno spazio nel quale la persona *ASD* si libera dell'ansia di sperimentare ciò che non conosce e provare a interagire con le cose e con gli altri. Non a caso, un altro importante settore di ricerca è quello dell'interazione sociale, problematica frequente nell'autismo.

29 Cfr. Florio, op.cit. p.23.

La *CVE* (*Collaborative Virtual Environment*), può offrire un diverso tipo di supporto didattico per l'apprendimento di abilità sociali, attraverso uno spazio simile a quello reale, ma dove l'esperienza è filtrata dal *medium* del *virtual environment* (*VE*). Secondo Herrera anche questo *deficit* deriva da disturbi della sfera percettiva: frammentarietà, salienza dei dettagli a spese del tutto, ritardo o distorsione recettiva, dipendenza dalla percezione periferica costituiscono menomazioni sensoriali che compromettono la comunicazione sociale. Altri autori, come Frith, hanno individuato menomazioni nella coerenza della percezione centrale, non solo negli stimoli visivi, ma anche nel linguaggio semantico, e nell'apprendimento percettivo.
Queste difficoltà limiterebbero le capacità di persone *ASD* a dare un senso al loro spazio e, in relazione alle loro difficoltà sociali, ciò rende difficile l'interpretazione delle espressioni facciali[30]. I problemi interpersonali e le difficoltà legate alle capacità di immedesimazione e comprensione delle emozioni attraverso la gestualità e la mimica, sarebbero quindi legate ad un'incapacità nel creare delle categorie di senso da generalizzare e utilizzare in più contesti, pertanto, in ogni situazione ciascun segno espressivo, simbolo o oggetto può assumere significati differenti. Poiché tali compromissioni sono veicolate con prevalenza sul canale visivo, secondo Herrera, ciò costituisce un ambito su cui poter lavorare in *VR*[31].
Un'ulteriore agevolazione fornita dalla *VR* è costituita dalla possibilità di offrire una guida di supporto che, se in ambiente virtuale può essere rappresentato da un amico al fianco dell'utente, nella realtà non necessariamente deve trovarsi vicino all'utente, con la possibilità di essere seguiti anche da remoto. Strickland rimarca l'importanza di poter programmare e controllare gli stimoli percettivi, per offrire ambienti personalizzati tramite materiali figurativi adattati alle preferenze dei singoli utenti, in modo da incentivare anche percorsi di auto apprendimento[32]. Tuttavia, anche su questo aspetto non mancano i dubbi: per Howlin, Latash, Swain il timore è quello di un ulteriore isolamento e distacco dal mondo reale[33].
Come spiega Gorini: «Esiste il rischio che ciò impedisca alle persone di instaurare relazioni significative nel mondo reale. Infatti, come osservato da Allison et al […], una maggiore sostituzione delle relazioni basate sul cyberspazio a spese dell'interazione faccia a faccia può creare un'arma a

30 Cfr. Herrera , Gerardo, Rita Jordan, e Lucia Vera . "Abstract concept and imagination teaching through Virtual Reality in people with AutismSpectrum Disorders." *Technology and Disability* (IOS Press), n. 18 (2006). p.174.
31 Cfr. *ibidem.*
32 Cfr. Parsons, 2011. Op. cit.
33 Cfr. Gorini. op.cit, p.4.

doppio taglio evolutiva»[34]. Pertanto, Gega descrive la possibilità di un'interazione tra la *Cognitive Behavioural Therapy* (*CBT*) e la *VR*. La *CBT* si sviluppa attraverso differenti metodologie; in particolare, *l'exposure therapy*, ovvero l'esposizione graduale dei pazienti a situazioni che producono in loro ansia, sembra essersi dimostrata particolarmente efficace[35]. La principale difficoltà di queste pratiche consiste nel ricreare degli scenari analoghi ai contesti problematici: in vivo o per associazione con situazioni simili. Nel primo caso le difficoltà sono di carattere operativo, nel secondo sono legate alle specificità dei pazienti che, proprio nel caso dell'autismo, possono avere limitate capacità di astrazione e immaginazione.
La realtà virtuale, a tal riguardo, aggira i vincoli del mondo reale senza limiti alle casistiche che si possono prospettare e con la possibilità di monitorare contemporaneamente le reazioni dell'utente. Si tratta di una metodologia abbastanza accessibile e facile da usare che può comunicare lo stesso realismo di un ambiente fisico e offrire la possibilità di affrontare condizioni che generano stress e fobie. Il metodo si basa sulla possibilità di anticipare esperienze che possono generare ansia, introducendo gradualmente i fattori critici[36]. In questo modo il paziente potrà evitare situazioni inattese, che generano in lui reazioni problematiche. A tal proposito Gega osserva che "non essere reali" ha un vantaggio, può consentire alle persone di sfidare il proprio pensiero[37]. Su quest'aspetto, ovvero sulla necessità o meno di realismo nella *VR*, si articola una delle più dibattute questioni relative alla sua efficacia in campo educativo. Come osservano Good e Parsons, "più è sfocata la linea di demarcazione, maggiore è il potenziale della validità ecologica della *VR*"[38].
Tuttavia, una linea di demarcazione ben definita tra "realtà e finzione" può incoraggiare l'esplorazione iniziale di situazioni ansiogene quando si tratti chiaramente di scenari virtuali progettati per distinguersi dal mondo fisico[39]. Tale questione, come sottolinea anche Parsons, è direttamente legata alle modalità di rappresentazione: in primo luogo, ci sono domande sulla natura stessa della rappresentazione, ad esempio in che misura le immagini 3D e la capacità di muoversi nello spazio *VR* sono importanti per aiutare

34 *Ibidem.*
35 Cfr. Klinger, Evelyne, et al. "Virtual Reality Therapy Versus Cognitive Behavior Therapy for Social Phobia: A Preliminary Controlled Study." *Cyberpsychology & Behavior*, n. 1 (2005): 76-88.
36 Cfr. *ibidem*.
37 Cfr. Good, 2016. op.cit. p.215.
38 Cfr. *ibidem*.
39 Cfr. *ibidem*.

i bambini ad apprendere e per supportare il trasferimento dell'apprendimento dai contesti virtuali a quelli reali[40].
Si è portati a pensare che il realismo di un ambiente virtuale ne favorisca la comprensione e il trasferimento di conoscenza, in quanto è più credibile, ma questa generalizzazione potrebbe non adattarsi al quadro cognitivo degli autistici, in quanto non condividono le stesse modalità percettive di chiunque altro. Pertanto, è possibile che un eccessivo realismo delle scene non sia necessario: «ad esempio, i bambini dello spettro autistico tendono a guardare a diversi aspetti di una matrice visiva rispetto ai bambini neuro tipici […], spesso concentrandosi su dettagli visivi o "parti" piuttosto che sull'intero […]. Ciò potrebbe significare che la "fedeltà" rappresentativa è meno importante o preziosa per i bambini autistici nell'aiutarli ad apprendere i collegamenti tra il mondo virtuale e reale. […] potrebbe essere che la fedeltà nella rappresentazione sia importante, forse, perché può riempire alcuni dei dettagli che le capacità immaginative non sono in grado di fare»[41]. Parsons, quindi sottolinea l'importanza di continuare a testare queste tecnologie per valutarne molteplici aspetti, tra cui uno dei più importanti è proprio la fedeltà rappresentativa e le qualità tridimensionali.
Ancora una volta è compito della rappresentazione riuscire a stabilire questa linea di confine nella maniera più appropriata alle esigenze educative dell'utenza. Valutare il grado di dettaglio e di definizione dell'ambientazione è un fattore fondamentale, anche se non l'unico, nella definizione del livello di immersione e presenza, così come la gestione e la chiarezza degli *input* figurativi attraverso cui viene veicolata l'informazione. La consapevolezza di vivere una condizione irreale, ma con le stesse percezioni della realtà, può costituire un vantaggio sostanziale nel trasferimento delle competenze alla vita quotidiana e nel percorso di autonomia di persone *ASD*.
Strickland nel 1996 pubblica uno dei primi esperimenti immersivi realizzati con un casco per *VR* con l'obiettivo di insegnare a bambini autistici ad attraversare la strada. L'esperimento è particolarmente significativo nelle tappe evolutive delle tecnologie educative per neuro diversità in quanto, da un lato mette in evidenza le difficoltà legate ai problemi di comunicazione per il rilevamento di dati validi, dall'altro dimostra la possibilità di agire in un ambiente privo di pericoli e che riesca a comunicare all'utente senso di *comfort* e sicurezza. A tale scopo, la scena è stata volutamente scarnificata in modo da ridurre al minimo gli *input* visivi, non solo per rendere estremamente chiaro l'oggetto su cui focalizzare l'attenzione, ma anche per

40 Cfr. Parsons, Cobb, 2011. Op.cit. p.363.
41 *Ibidem*.

evitare di generare sovraccarichi sensoriali e conseguente stato d'ansia. Gorini et al. e Freeman et al., pongono l'accento proprio sull'aspetto sicurezza, in quanto elemento di demarcazione tra virtuale e realtà. Fare esperienze nella vita quotidiana può sembrare una pratica del tutto naturale, ma non lo è affatto quando si parla di autismo. Le alterazioni del sistema sensoriale che implicano una scarsa consapevolezza propriocettiva, fanno sì che lo spazio fisico venga percepito in maniera atipica dalle persone con *ASD*. Pertanto, se normalmente la conoscenza e l'apprendimento dei bambini avviene attraverso la scoperta, l'errore, il tentativo, spesso queste esperienze sono precluse a discenti con neuro diversità, non solo per difficoltà pratiche nell'organizzazione di un opportuno scenario fisico per l'apprendimento, ma anche in quanto possono rappresentare un pericolo. Molti degli esperimenti su gruppi con diagnosi autistiche, riguardano proprio l'impiego della *VR* per l'apprendimento di competenze che favoriscano comportamenti sicuri nella quotidianità. Chin and Bernard – Opitz esprimono seri dubbi sulle effettive ricadute degli apprendimenti acquisiti in *VR* e sulla possibilità di generalizzarne gli effetti[42]. Tuttavia, la speranza delle ricerche, è sempre quella di poter trasferire tali competenze nel mondo reale e di accompagnare l'utente verso un percorso di inclusione, ovvero di autonomia nello svolgimento delle mansioni quotidiane. Per questo la maggior parte degli studi ruotano attorno al concetto di autosufficienza, sia nella gestione dello spazio fisico che di quello sociale, mettendo in campo tutti gli aspetti che collaborano ad agevolare le relazioni con il mondo esterno: il linguaggio, il rapporto con gli altri, il rispetto delle convenzioni, il riconoscimento degli elementi dell'ambiente, la gestione degli oggetti d'uso quotidiano e così via.

4.3. Studi su VR e autismo: una visione critica

Nonostante i limiti e le problematiche evidenziate, l'incremento di studi sulle *ICT* suscita speranze per l'apprendimento in ambito neuropatologico e apre nuove opportunità di ricerca. Lo sviluppo degli ambienti virtuali ha reso possibile combinare spazi educativi e di intrattenimento, tecnologie immersive, dispositivi per la trasmissione e registrazione di *input* sensoriali, e grafica digitale. Le caratteristiche e le modalità d'impiego della tecnologia possono incidere sensibilmente sui livelli prestazionali e sull'opportunità di garantire esperienze sempre più simili a quelle del mondo reale,

42 Cfr. Mitchell, Peter, Sarah Parsons, e Anne Leonard . "Using Virtual Environments for Teaching Social Understanding to 6 Adolescents with Autistic Spectrum Disorders." *Journal of Autism and Developemental Disorders* 37 (2006).

dove poter istruire e osservare i comportamenti sviluppati a seguito dell'interazione con l'ambiente virtuale.

Good e Parsons riferiscono che il primo a ipotizzare un possibile uso della *VR* a scopo educativo fu Bricken nel 1991, anche se la prima pubblicazione a riguardo risale al 1998[43]. Da allora numerosi studi e articoli hanno argomentato la possibilità di veicolare informazioni concettuali in un modo intuitivo attraverso le *VR*, con un enorme potenziale di apprendimento nell'educazione speciale. Nell'arco degli ultimi 20 anni lo sviluppo della tecnologia virtuale è stato rapido, migliorando la qualità delle simulazioni e offendo nuove possibilità applicative e una sempre crescente validità nel senso d'immersione. Come riportato da S.Parsons e da Newbutt, i percorsi pedagogici in *VR* si basano su un presupposto di partenza, ovvero che la realtà virtuale possa offrire l'opportunità di ricreare un esperienza "autentica" da un punto di vista percettivo, quindi capace di mettere in moto le stesse dinamiche cognitive che entrano in campo nel mondo reale[44]. Si assume, pertanto, come presupposto generale, la possibilità di creare uno spazio di sperimentazione sicuro, che possa essere declinato in modi di volta in volta differenti a seconda delle necessità, delle peculiarità cognitive e delle risposte registrate in fase di osservazione.

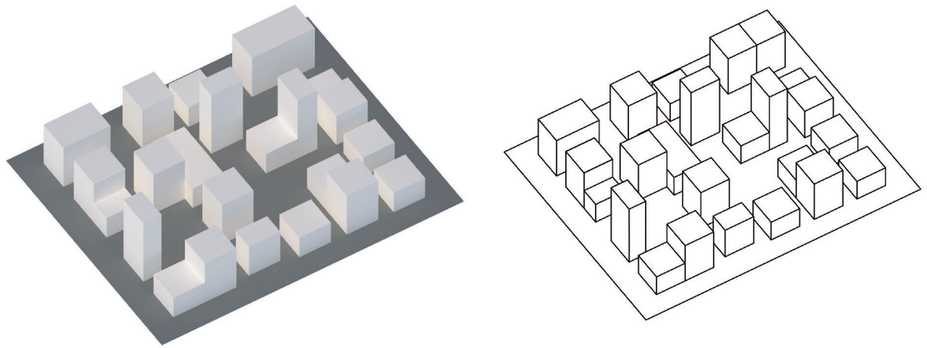
Un altro aspetto che sembra accomunare gli studi fin qui analizzati è l'uso della tecnologia immersiva come spazio d'intersezione tra azione ludica e processo educativo. Larga parte dei dispositivi e dei sistemi utilizzati nella sperimentazione, derivano proprio dal mondo del *gaming*, che per primo ha aperto la strada alle esperienze in ambiente simulato, dando una rapida accelerazione al progresso delle tecnologie interattive. Sfruttando le potenzialità intrinseche nella realtà virtuale si cerca quindi di creare una spinta motivazionale che possa agevolare la comunicazione dei contenuti didattici e favorire l'apprendimento.

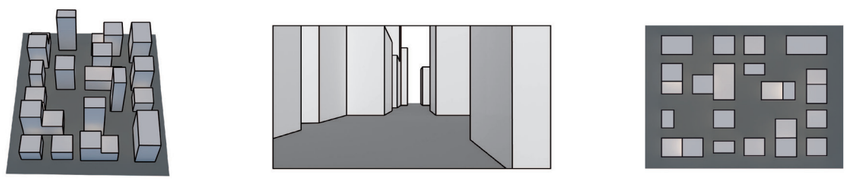
Lo scopo di questa fase di indagine è, pertanto, quello di riuscire a costruire un quadro generale sugli studi condotti fin qui e sugli esiti riportati in uno scenario internazionale, al fine di potere trarne considerazioni utili a valutare lo stato dell'arte e la possibile consistenza di una ricerca futura. I termini di ricerca per il rilevamento degli articoli sono stati effettuati in lingua inglese e italiano, evidenziando da subito una presenza minima di documenti nazionali rispetto a quelli stranieri, prevalentemente provenienti dal Regno Unito e USA. Vista la varietà dei temi trattati e l'eterogeneità degli approcci metodologici ho effettuato una prima classificazione degli studi

43 Cfr. *ibidem*.
44 Cfr. Bradley, 2018. Op.cit. p.4.

analizzati, in relazione alle aree di interesse delle ricerche distinguendo tra:
Usability test. Studi che hanno indagato gli aspetti tecnici della *VR* per valutarne l'utilizzabilità e l'accettazione dei dispositivi da parte degli utenti, nonché possibili conseguenze negative strettamente relazionate alle tipologie informatiche e tecnologiche.
Life Skills. Studi prevalentemente focalizzati sull'apprendimento di competenze spendibili nel quotidiano e finalizzate al raggiungimento di una conduzione di vita autonoma. Gli studi vanno dalla gestione delle azioni più elementari, come spegnere una sveglia o occuparsi dell'igiene personale, a competenze più impegnative come la guida di un'autovettura. Questo ambito è spesso relazionato a quello delle competenze sociali, in quanto temi strettamente interconnessi.
Social Skills/Interaction/Emotional skills. Le competenze d'interazione sociale sono uno dei campi maggiormente indagati dal momento che una delle problematiche riscontrata nell'autismo è la tendenza all'isolamento e la capacità di relazionarsi agli altri, caratteristica che, come accennato precedentemente, condiziona anche la possibilità di svolgere una vita autonoma. In questo ambito includiamo anche studi sul riconoscimento degli stati emozionali attraverso l'impiego di robot o *avatar*.
Special education. Ricerche finalizzate allo sviluppo in ambiente educativo con lo scopo di supportare la didattica speciale. Solitamente riguardano l'area del linguaggio, di cui buona parte dei bambini autistici è *deficit*aria.
Job skills. Reiterazione di azioni finalizzate all'acquisizione di competenze da poter spendere nel mondo del lavoro.
Dato il cospicuo numero di esperienze straniere, mi limito ad argomentare quelle più significative nel rapporto con lo spazio e sulle quali sono state prodotte maggiori documentazioni. Per le restanti ricerche e al fine di semplificare una lettura incrociata dei dati, ho sviluppato tre tipologie di tabelle: una sulla letteratura critica inerente al tema della *VR* e autismo, uno stato dell'arte sulle ricerche scientifiche condotte fino ad oggi sullo stesso ambito di studi e una sintesi critica sugli studi più pertinenti al tema della presente ricerca. In tutte le tabelle si cerca di fornire, quando citato nell'articolo, informazioni relative alle ambientazioni sviluppate e agli esiti riportati.
La prima tabella (tab.1) si sofferma prioritariamente sulle opinioni di studiosi e ricercatori che si sono espressi in merito all'uso della *VR* per l'autismo. Pertanto, è stata introdotta qui una distinzione tra punti di forza e di debolezza al fine di comprendere quali aspetti possano costituire un incentivo o, al contrario, un ostacolo allo sviluppo di tali tecnologie per l'apprendimento di diversi tipi di competenze in persone *ASD*. In questo

caso l'elencazione delle fonti citate serve a dare una consistenza quantitativa del riferimento riportato e delle tipologie di ambientazioni utilizzate più frequentemente nella sperimentazione. Le opinioni sono riportate con riferimento all'anno e all'autore in modo da poterli confrontare con i progressi in campo tecnologico e valutare il peso di ogni fattore, con particolare riguardo alla scena virtuale, sia in senso positivo che negativo.
La seconda serie di tabelle (tabb. 2-3-4-5) mette a confronto le sperimentazioni con le rispettive metodologie di ricerca e, sempre se riportato dall'articolo, con specifica attenzione alla strutturazione dell'ambientazione virtuale. Alcuni casi studio sono citati in più articoli, pertanto, è stato necessario so*vr*apporre e confrontare i dati e integrarli con le ricerche effettuate negli ultimi anni, per avere un prospetto completo dello stato dell'arte fino ad oggi. L'arco temporale considerato, dal 1996 ad oggi, non è stato predeterminato, ma dedotto dai risultati della ricerca nei *database on line*, a partire dalla prima pubblicazione scientifica su un esperimento relativo a *VR* e autismo. Anche in questo caso la caratterizzazione dello spazio rappresentato costituisce parametro di valutazione per la completezza della trattazione scientifica e la possibilità di confronto dei risultati raggiunti.
La terza tabella (tab.6a-b) si sofferma esclusivamente sulle ricerche che hanno approfondito aspetti dell'ambientazione virtuale e che quindi danno elementi per una valutazione dei segni grafici che entrano in gioco nell'interazione con utenti *ASD*, condizionandone il processo cognitivo. In questo caso si riporta una lettura critica delle relazioni che intercorrono tra le caratterizzazioni dell'ambiente rappresentato e i risultati pubblicati. Quando consentito dai dati disponibili, si è cercato, inoltre, di analizzare come ciascun fattore percettivo, abbia influenzato la risposta dell'utente. Per la lettura critica e l'analisi delle ambientazioni virtuali sono stati elaborati alcuni schemi grafici che, di volta in volta, sintetizzano e isolano i temi figurativi oggetto di discussione. A tale scopo è stata predisposta una *maquette* digitale, composta da volumi essenziali, riferiti ad un generico spazio costruito. Tenuto conto delle numerose variabili che entrano in gioco nel processo percettivo dello spazio rappresentato, l'uso di tale modello è limitato alla esemplificazione delle modalità di visualizzazione delle inquadrature in ambiente virtuale (fig.68).





Prospettiva dall'alto

Prospettiva soget-

Mappa

fig.68. Modello digitale per la descrizione delle modalità di visualizzazione.

4.3.1. *VR* usability test

Nel 1993 Hall osserva su alcuni studenti con diagnosi di *SLD* (difficoltà di apprendimento/linguaggio) l'usabilità dei dispositivi per *VR*. Al fine di offrire ai ragazzi un'esperienza stimolante, cui difficilmente avrebbero potuto accedere nella vita quotidiana, vengono sviluppate due tipologie di scenari simulati: una pista da sci e una città virtuale[45]. Lo scopo è quello di offrire ai discenti l'opportunità muoversi autonomamente in uno spazio, controllando i movimenti all'interno della scena.
Questo primo studio condotto dal gruppo di ricerca *VIRART* (*Virtual reality Application Research*), in particolare, da Brown, Kerr e Wilson, non approda egli esiti sperati, e si conclude con la valutazione che alcuni dispositivi per il controllo della *VR* non sono adatti a ragazzi *SLD* in quanto troppo

45 Cfr. Cobb , Sue Valerie Gray. "Virtual Environments Supporting Learning and Communication in Special Needs Education." *Top Lang Disorders* 27, n. 3 (2007): 211–225.

Tab.1 Nelle due pagine seguenti: *Literature review* su realtà virtuale e autismo.

LITERATURE ABOUT AUTISM & ICT

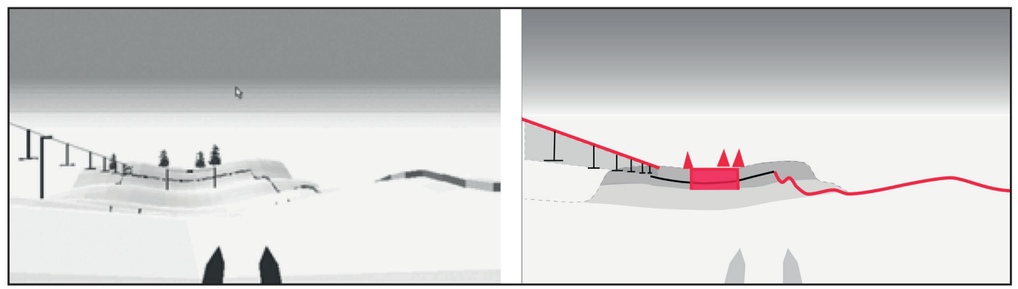
AUTOR	TITLE	TEAM	BENEFITS	LIMITS	RESULTS
Alessandra Gorini, MSc; Andrea Gaggioli; Cinzia Vigna; Giuseppe Riva, (2008)	*A Second Life for Health: Prospects for the Use of 3-D Virtual Worlds in Clinical Psychology*	Applied Technology for Neuro-Psychology Lab, Istituto Auxologico Italiano, Milan, Italy, Research Institute Brain and Behaviour, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands Psychology Department, Catholic University of Milan, Milan, Italy	⊠Communicating without using verbal language ⊠Interaction between multiple users ⊠Safe place for training	⊠Technology developed for gaming (not for learning) ⊠High costs	Although VR has been created for other purposes and with high costs, it offers new potential for the development of therapies in the psychological field. It's important to pay attention to the specific aspects of VE related to the patients' needs.
Gerardo Herrera, Rita Jordan and Lucia Vera (2008)	*Abstract concept and imagination teaching through Virtual Reality in people with Autism Spectrum Disorders*	Robotics Institute, University of Valencia, School of Education, University of Birmingham, UK	⊠Learning abstraction through communicating using figurative elements		Manipulating images, it's possible to communicate abstract concepts, difficult to teach without real and direct experience. Therefore, VR can be a valid learning instrument to develop imagination.
M. Bellani, L. Fornasari, L. Chittaro and P. Brambilla (2011)	*Virtual reality in autism: state of the art*	Clinical Psychology, Inter-University Center for Behavioral Neurosciences (ICBN), *University of Verona.* Department of Human Sciences, University of Udine	⊠Chittaro, Ranon (2007). training through the repetition of experience ⊠Vera et al. (2007). Reducing stimuli and learning while gaming ⊠Strickland et al. (1997), Mc Comas et al, (1998), Wang & Reid (2010). Transferring acquired skills from VR to real life ⊠Moore et al. (2005), learning to understand emotion and interaction. ⊠Cheng &Ye (2009). Learning to express emotion	⊠Parsons et al. (2004), Wang & Reid (2010). Cybersickness related to the use of HMD ⊠Holden (2005). Common effects: sickness, vomiting, headache, unbalance, eye-hand coordination impairment	Through VR, it's possible, for autistic people, learning various skills. It stimulates socialization trough the CVE (collaborative VE) and it improves life skills with the aim to rich autonomy in real life. Desktop VE, joystick, touchscreen, are better than HMD for learning if related to cybersickness
Antonio Ravasio (2011)	*L'impiego dei sistemi di Realtà Virtuale in Psicologia Clinica*	Psicoterapia Interattivo-Cognitiva Università di Padova e di Mestre	⊠Increasing the typology of case study ⊠Riva (2011): Recording output during observation allows customization ⊠Freddi (1993): experience similar to reality ⊠Potential to fit stimuli to users' needs ⊠North, Coble (1996), Helping social interaction ⊠User becomes protagonist . He can control the experience ⊠Cheapness and safety ⊠Strickland (1997), Botella et al (2011) Increasing self-confidence ⊠Reduction of ansiety and stress ⊠Using of visual communication instead of verbal communication ⊠Strickland, (1996). Helping relation with space and objects	⊠Hirose, Kijma, Shirakawa, Nihei (1997): high complex system compared with the user capabilities ⊠Lewis, Griffin (1997) Cyber-sickness ⊠Difference between experiments results ⊠Oculomotor problems ⊠Sickness and neurovegetative problems ⊠Kennedy, Jones, Lilienthal, Harm (1993) wayfounding and vestibular problems	VR has great potential in the field of neuroscience, but it is necessary to set up the research correctly to avoid incurring problems of cybersickness, safety or to rich, empirical results. Further researches are important to give more validity to the acquired data.
G. Rajendran (2012)	*Virtual Environmental and autism: a developmental Psycopathological approach*	Psychology, School of life Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK	⊠Swettenham (1996), Trepagnier(1999), Rajendran, Mitchell (2000), Parsons (2002), Richards (2005), Goodwin,(2008): Social comfort ⊠Rajendran, Mitchell (2006): Customizing learning process ⊠Alcornet al. (2011), Pearsons, Leonard, Mitchell (2006), Rajendranet al. (2006), Parsons, Millen, Garib-Penna, Cobb (2011): Helping socialization through avatars interaction and improvement of attention ⊠Alcorn, (2011). ECHOES Project, learning through avatars interaction	⊠Howlin, (1998), Latash (1998), Swain (2011). ⊠ICT can increase the isolation sense and obsession, typical in autism	Experiences show that autistic people can correctly interact with avatars. However, the answer is not aware but mechanical and difficult to transfer to different situations.

LITERATURE ABOUT AUTISM & ICT					
AUTOR	TITLE	TEAM	BENEFITS	LIMITS	RESULTS
Tonino Cantelmi, Michela Pensavalli, Massimiliano Marzocca	Realtà Virtuale ed Aumentata: implicazioni teoriche ed applicative nei contesti educativi e nella clinica	SCINT di Roma, Università Gregoriana, LUMSA di Roma 2 Psicologa, , ITCI, Roma	Sense of presence and immersion can provide experiences similar to reality Communicating abstract concepts Helping social interaction Potential for after-school training Acquiring self- body awareness		RV and RA provide new resources for psychological rehabilitation and special learning. The sensorial and emotional involvement confrere efficacy to the learning process.
Judith Good, Sarah Parsons (2016)	*Virtual reality and robots for autism: moving beyond the screen*	Universities of Southampton, Sussex and Bath	ESRC seminar results T. Parsons: changing experience by settings, acquiring more detailed data. Gega: safe space for experience Parés e Robins: space for social relations	T. Parsons: expensive devices Robins: difficulties in generalization of results	The ICT potential for autistic people is wider than limits related to costs and to the complexity of autistic diagnosis. They also allow a multidisciplinary approach.
D. Freeman, S. Reeve, A. Robinson, A. Ehlers, D. Clark, B. Spanlang and M. Slater (2017)	*Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders*	Department of Psychiatry, Oxford Health NHS Foundation Trust, Department of Experimental Psychology, University of Oxford, Event Lab, Department of Clinical Psychology and Psychobiology, University of Barcelona, Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), Barcelona	Exploring problem behavior in a safe space Monitoring behavior and answer during experiences Transferring competences to daily life Potential to change traditional learning process	Expensive devices Need of highly specialized professional for using technologies	The research is inadequate and not detailed. The reported data are often vague and empirical based. Negative results are frequently not reported
Ryan Bradley Nigel Newbutt (2018)	*Autism and virtual reality head-mounted displays: a state of the art systematic review, University of the West, University of Birmingham*	University of the West, University of Birmingham	Pearsons and Cobb (2011), Kandalaft (2013): Customizing and setting perceptual stimuli Wallace et al. (2010): Improving proprioception Pearsons, Mitchell (2002): Raising motivation Didehbani et al., (2016); Parsons and Cobb,(2011); Tzanavari et al., (2015). Transferring learned skills from VR to real life Adjorlu et al., 2017; Newbutt et al., 2016. New learning technologies	Almeida et al. (2017), Reiners et al. (2014). Cybersickness can be a barrier for wider experiments Park et al. (2017). High cybersickness levels	There is an urgent need of new scientifical experiments evidence based. The cybersickness related to HMD system can be a barrier to future researches.
Newbutt, Nigel, Cobb Sue,	*Towards a framework for implementation of virtual reality technologies in schools for autistic pupils*		HMD allows to experience VR everywhere (for ex. In classrooms) VE can be designed with stakeholders (teachers, children) Nussli and Oh (2016): benefits in practicing social skills, reducing stress, reduction of consequences in face 2 face communication and in real world.	Problems with existing equipment in the schools The devices expensiveness can limit their diffusion in the school context In Teachers' opinion it leads to distraction from learning Glegg and Levac (2017): low motivation of teacher in using VR for special education	The framework should be further developed and modified to enable more successful technology integration in schools. Skill and confidence of the clinician, combined with lack of equipment funding, motivation of therapists and patients to use new technologies, have been highlighted as barriers to VR implementation

complessi nella gestione. Si tratta delle prime esperienze con tecnologie non ancora immersive, che utilizzano tradizionali schermi *CRT*[46] e mouse e che, pertanto, richiedono elevate capacità di coordinamento tra visione e gestione dei movimenti manuali, caratteristiche difficilmente riscontrabili nel caso di disturbi neuro cognitivi. Sue Cobb, nel descrivere l'esperienza, non scende nel dettaglio degli aspetti spaziali, probabilmente considerati meno rilevanti rispetto agli aspetti tecnici sulla utilizzabilità della strumentazione. Alcune immagini possono, tuttavia, consentirci di desumere qualche informazione su aspetti incisivi nel processo percettivo dell'ambientazione.

Sia la pista da sci che la città virtuale sono caratterizzate da un'estrema semplicità compositiva (Fig.69); gli oggetti hanno geometrie elementari e facilmente decifrabili, senza varianti: nello spazio urbano, ad esempio, gli edifici sono costituiti da identici blocchi modulari, accorpati per ottenere isolati di maggiori dimensioni; non vi sono altri elementi d'arredo urbano, né oggetti in movimento. Anche la pista da sci è estremamente semplice, ma qui le caratteristiche cromatiche sono state condizionanti per la composizione; la dominanza del bianco e l'assenza di ombreggiature, appiattisce la scena e non agevola la lettura della configurazione prospettica. L'ambientazione, infatti, verrebbe percepita come un fondale bianco, se non fossero stati inseriti alcuni, indispensabili, indizi di profondità: un cordolo corre sul margine destro dell'immagine, mentre il fianco sinistro è percorso dalla schematica raffigurazione di una sciovia. La convergenza dei due elementi lineari verso il centro della scena collabora così all'effetto

Fig.69. Brown, Cobb, Eastgate, 1995, veduta della sciovia. Lo schema mette in evidenza i principali indizi per la profondità dello spazio rappresentato in *VR*.



46 I monitor a tubo catodico (CRT, ossia *cathode ray tube*) sono schermi costituiti da un tubo a irraggiamento catodico nei quali, fasci di elettroni sono convogliati su una superficie fotosensibile. Questa tecnologia è caduta in disuso dall'inizio del XXI sec., soppiantata da schermi al plasma e LCD. https://it.ccm.net/contents/328-schermo-a-tubo-catodico-crt.

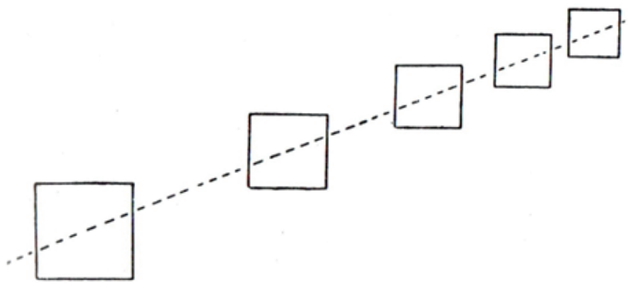


Fig.70. Schema di Arnheim sull'efficacia dei gradienti in relazione alla loro regolarità.

prospettico: l'inclinazione degli oggetti rispetto al piano frontale è, infatti, un fattore chiave nella percezione della tridimensionalità[47].
Un altro gradiente[48] di profondità è costituito dalla riduzione dell'intervallo e delle dimensioni relative agli elementi che compongono la sciovia. In questo caso agendo tutti nella stessa direzione, si rinforzano a vicenda, in quanto «più il gradiente è regolare più è forte l'effetto»[49] (Fig.70). Ad esempio, una variazione nel ritmo scalare della sequenza, indurrebbe un'incertezza riguardo l'attribuzione dell'irregolarità a ragioni proiettive o a differenze tra le misure reali degli oggetti. Oltre gli elementi lineari, che si comportano come linee guida visive, alcune soluzioni grafiche agevolano la direzione del movimento: la *finish* area è sottolineata da un cordolo in direzione orizzontale, da alcuni alberi posti sul fondo, da una marcata ombreggiatura della zona di arrivo e dalla linea di traguardo i quali, non solo costituiscono dei *target* visivi, ma chiudono percettivamente la discesa virtuale.
Le foto in scala di grigi non consentono di rilevare nel dettaglio gli aspetti cromatici, ma è possibile osservare ovunque l'uso dell'illuminazione ambiente[50], la quale, non generando effetti d'ombra, complica la percezione della tridimensionalità spaziale, come si è visto per la pista da sci. È possibile che l'essenzialità grafica sia stata condizionata da limiti tecnologici, tuttavia, confrontando le immagini si desume la possibilità di intervenire

47 Cfr. Arnheim, 1997. Op.cit. P.215.
48 Un gradiente è il graduale aumento o riduzione di una qualità percettiva. Cfr. *Ivi*. p.226.
49 *Ivi*, p.227.
50 L'illuminazione "ambiente" è l'effetto generato da una luce diffusa e non direzionale. Si tratta di un'approssimazione che non tiene in conto delle qualità fisiche delle superfici, pertanto l'effetto restituito sarà irreale, piatto e privo di ombreggiature (vedi § 2.4.2).

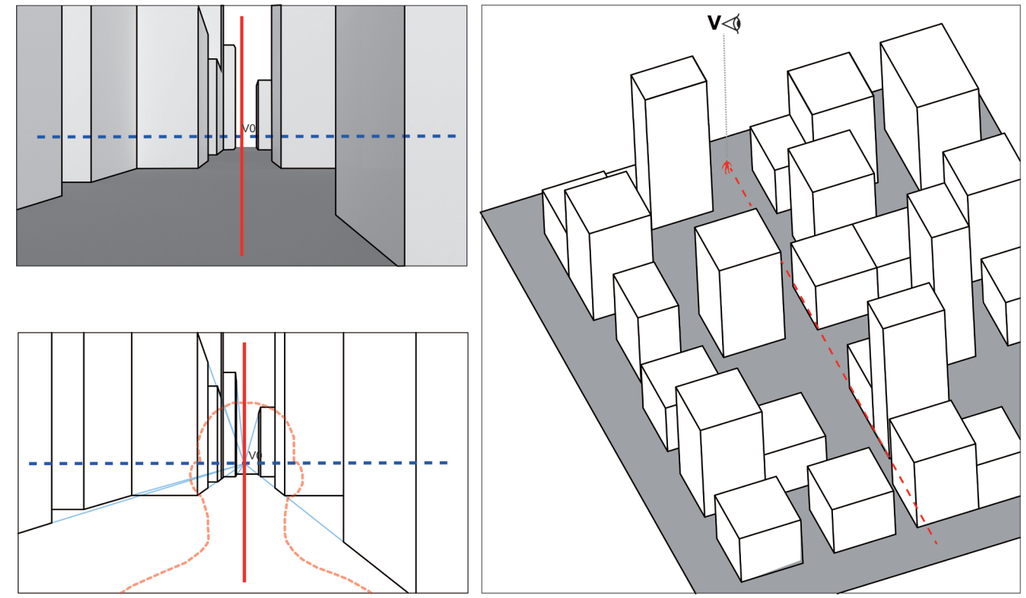
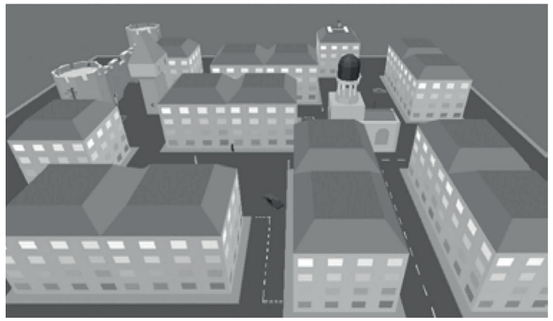


Fig.71. Prospettiva soggettiva

sull'inquadratura. Le caratteristiche di visualizzazione sono fattori rilevanti ai fini della sensazione di immersione, presenza e orientamento nello spazio in quanto, se riescono a simulare le nostre modalità visive possono darci una verosimigliante impressione di vivere l'esperienza in prima persona, e al tempo stesso, veicolano le informazioni relative all'assetto spaziale. Apertura focale, altezza del punto di vista, limiti del campo visivo, sono parametri che caratterizzano fortemente la visione umana e definiscono la modalità con le quali costruiamo le nostre esperienze spaziali e quel bagaglio di memorie che condizionano la nostra personale idea del mondo che ci circonda. Pertanto, l'inquadratura "egocentrica"[51] (Fig.71) è la modalità di visualizzazione a noi più familiare, poiché agevola il senso di immersione e richiama le esperienze spaziali fatte in presenza, al contrario di una vista "geocentrica" che però può essere funzionale ad avere una visione d'insieme della scena e quindi, in alcuni casi, favorire l'orientamento. Nel caso dello studio *VIRART*, è possibile che le differenti inquadrature sia-

51 Prospettiva ad altezza d'occhio (vedi § 2.3).

a



b

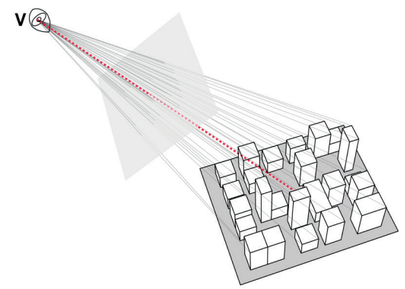


Fig.72. **a.** *Virart*, 1995, vista della città scena urbana. **b** Schema esemplificativo di una generica prospettiva dall'alto a quadro inclinato.

no correlate alla tipologia e alla complessità dello spazio rappresentato: la pista da sci, data la linearità e unidirezionalità del percorso, può cogliersi nella sua interezza da una prospettiva soggettiva, ad altezza d'occhio. Oltre alla discesa innevata, l'inquadratura lascia intravvedere le estremità degli sci; dettaglio non trascurabile in termini di *embodiment* e *wayfinding*, in quanto costituisce un indizio sulla propria posizione nello spazio e sulla direzione di movimento. La scena urbana, al contrario, richiede una visualizzazione dall'alto per poterne avere una lettura d'insieme e consentire di orientarsi al suo interno (Fig.72). Tuttavia, non ci sono dati che consentano di sapere se questa modalità di visualizzazione si mantiene obbligatoriamente per tutta la durata dell'esperienza o se sussiste la possibilità di passare a una prospettiva egocentrica anche in questo caso.
Dalle pubblicazioni non è possibile dedurre, inoltre, se e come, nel caso dell'autismo, tali caratteristiche abbiano influito nel condizionare le risposte degli utenti, e gli iniziali problemi riscontrati nella gestione delle azioni all'interno delle scene, vengono attribuiti a difficoltà nell'uso del mouse[52]. In particolare, alcuni dispositivi di comando per *VR* vengono giudicati troppo complicati per ragazzi *ASD*, che possono essere frustrati dall'incapacità nel comprenderne il funzionamento. Negli studi successivi l'usabilità dei dispositivi migliora con una preferenza del *joystick* rispetto al mouse. A dispetto delle difficoltà d'uso, il giudizio riportato dal gruppo di ricerca e docenti in assistenza agli esperimenti è un incremento nella spinta motivazionale durante lo svolgimento delle esercitazioni.

52 Cfr. Cobb, 2007. Op- cit.

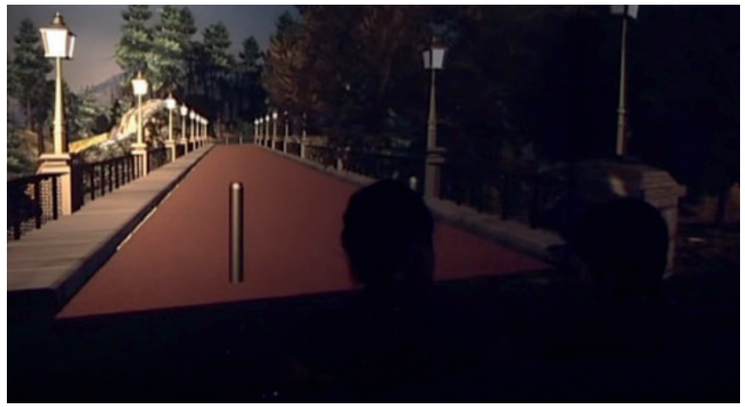
Fig.73. Esempio di Blue Room.

Nel 2009, Mineo e il suo gruppo di ricerca confrontano su un campione di 42 ragazzi (6-18 anni), la risposta a differenti sistemi video, da quelli più tradizionali agli schermi per realtà virtuale. L'esperimento si articola in diverse fasi:1) osservazione di un *videoclip* estratto da una pellicola Disney; 2) il partecipante vede un *videoclip* di sé stesso impegnato in un'attività; 3) il partecipante vede un *videoclip* di altre persone conosciute e impegnate in un'esperienza di *VR*; 4) il partecipante fa un'esperienza diretta in *VR* impegnato in alcune attività. L'esperimento non pone particolare rilevanza alla costruzione e alle caratteristiche dello spazio scenico, acquisiti da film (primo video), da ambientazioni reali (secondo video) o da videogiochi (fase tre e quattro)[53]. Maggiore interesse è rivolto all'impostazione e al confronto dei punti di vista. Durante le riprese video dei ragazzi, questi vengono filmati in modo da essere sempre al centro della scena con una videocamera che ne segue costantemente i movimenti durante azioni giornaliere. L'accento posto sul forte protagonismo di queste scene, ne accentua il coinvolgimento emotivo, registrato dai ricercatori attraverso l'aumento dei tempi di osservazione delle scene. Il gradimento subisce un'impennata nel pas-

53 Il film riprende un estratto da Mary Poppins mentre, l'esperienza di RV, sia vissuta direttamente che attraverso l'osservazione di un familiare, utilizzano uno scenario desunto dall'applicazione *Orbosity* in combinazione con il sistema di RV *Vtree I-C-Me*. Si tratta di un videogioco ambientato in una spiaggia, in cui il protagonista deve interagire con delle uova volanti. Una volta toccate, le uova si trasformano in uccelli. Cfr. Mineo, op.cit.

saggio dall'osservazione di video tradizionali a quelli di realtà virtuale, sia che si tratti di esperienze vissute in prima persona che da familiari.
Trattandosi di utenti con elevate difficoltà di linguaggio, il grado di attrattiva verso ciascuna tipologia di video, viene osservato mediante durata della fissazione oculare su uno o più aspetti della scena e contestualmente sull'incremento del tono vocale. L'aumento del numero e dell'intensità di espressioni vocali, così come dell'attenzione visiva, durante le esperienze di *VR*, sebbene dimostrino un interesse verso questa tipologia esperienziale non danno ulteriori indicazioni su quali siano effettivamente gli aspetti che fanno da attrattori. Gli stessi ricercatori lasciando aperto il quesito; visto che le reazioni di eccitazione e attenzione sono quasi equivalenti sia nell'esperienza immersiva diretta che indiretta, Mineo si chiede quali siano realmente i fattori che contribuiscono ad aumentare l'*appeal* di questa tecnologia. Secondo S.Parsons, l'incremento di attenzione e di gradimento dimostra comunque il loro potenziale per l'apprendimento[54].
Wallace, nel 2010, intraprende uno dei primi studi in spazi immersivi, per valutarne la risposta di persone autistiche. L'esperimento viene somministrato contemporaneamente anche ad un gruppo di controllo neurotipico con lo scopo di valutare le discrepanze di risposta tra le due tipologie di utenti. Il test, denominato *BLUE ROOM*, utilizza un particolare sistema immersivo che proietta immagini sulle pareti e sul tetto di un cuboide (*CAVE*) costituito da grandi schermi con dimensioni tre piedi per due (Fig.73). La

Fig.74. . *QR code* e *screenshot* relativi all'esperimento di Maskey, 2014.



54 Cfr. Parsons, 2011, op.cit.

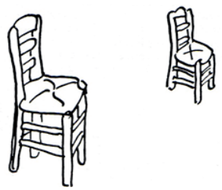


Fig.75. Rudolf Arnheim, schema che illustra i gradienti di posizione e dimensione.

tolleranza fisica a questi sistemi è molto alta in quanto questa tecnologia non necessita di dispositivi aggiuntivi, pertanto, l'utente può muoversi all'interno della stanza o uscirne con estrema libertà e interagire con le scene o con gli *avatar* mediante *touch screen*[55]. Le immagini, controllate tramite computer da un operatore, vengono proiettate sincronicamente su ciascuna parete, avvolgendo totalmente l'osservatore con un profondo senso di immersione.
Le scene, che rappresentano contesti familiari, si susseguono con un ordine prefissato e, tra l'una e l'altra, all'utente viene somministrato un questionario allo scopo di testare il senso di presenza, di naturalezza e benessere, il coinvolgimento emotivo e gli effetti negativi. Vengono rappresentate: una strada di un quartiere residenziale, un parco giochi e un corridoio scolastico. Anche in questo caso, è possibile valutare gli aspetti grafico compositivi esclusivamente tramite l'osservazione delle immagini pubblicate. Le foto in scala di grigi non consentono di comprendere a pieno il grado di saturazione e le varianti di colore, ma è abbastanza evidente che ogni scelta compositiva mira al massimo livello di realismo. Il test, infatti, è fortemente condizionato dagli obiettivi prefissati, ovvero verificare i livelli di immersione e presenza, pertanto, tutte le scelte grafiche mirano al massimo livello di dettaglio, sia nella caratterizzazione che nella ricchezza dei particolari: geometrie, contrasto, *texture*, illuminazione e ombre, replicano fedelmente condizioni reali, senza alcuna riduzione o semplificazione dei contenuti visivi. A questi si aggiungono anche *input* uditivi, in quanto vengono trasmessi contestualmente i rumori ambientali. Anche la modalità di visualizzazione, soggettiva e continua, fa sì che il protagonista viva l'esperienza virtuale come se fosse nella "vita vera", ma in casi come questi, mirati ad utenza con particolari caratteristiche neuronali, sarebbero da valutare anche altri aspetti, quali la comprensione e la risposta all'interazione spaziale, per riuscire a comprendere se il processo di apprendimento è favorito o al contrario, ostacolato quando l'imitazione della realtà è spinta al massimo livello. Lo stesso *team* di ricerca conclude con l'osservare i limiti di una partecipazione passiva all'esperimento, nella quale non è stato possibile valutare "in che modo i giovani interpretano e rispondono agli stimoli della realtà virtuale"[56]. Come loro stessi affermano, si tratta di una valutazione importante per le ricerche future, in quanto consente di capire se una determinata risposta è dovuta a una estrema familiarità con alcune

55 Cfr. Wallace, Simon, Katie White, Kathy White, Anthony Bailey, Sarah Parsons, e Alice Westbury. "Sense of presence and atypical social judgments in immersive virtual environments." *Autism Online First.*, 2010: 1-15.
56 Cfr. Wallace, 2010, op.cit. p.13

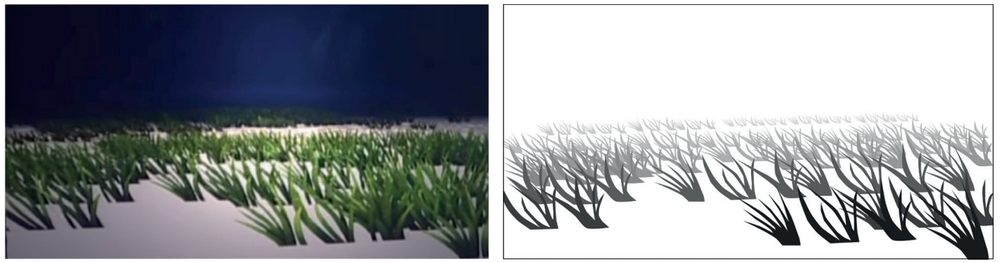


Fig.76. Nell'ambientazione *VR* utilizzata per l'esperimento di Morag Maskey gli indizi di profondità sono forniti dal gradiente di dimensione e posizione. A fianco un esempio della stessa scena con l'aggiunta della prospettiva aerea.

tecnologie, ad esempio la somiglianza con ambientazioni di videogiochi frequentemente utilizzati, oppure a specifiche caratteristiche compositive dello spazio virtuale. Più volte, infatti, si è fatto rilevare come il valore aggiunto dalle tecnologie immersive, risieda proprio nella possibilità di dosare gli *input* sensoriali in base all'utenza alla quale ci si rivolge[57], frequentemente caratterizzata da un'ipersensibilità agli stimoli esterni. Per quanto riguarda gli aspetti relativi al senso di presenza e naturalezza della scena, il gruppo di ricerca ha osservato una uniformità di risposta tra i due gruppi, autistico e neurotipico, ampiamente positiva e senza effetti di malessere come nausea o vertigini[58]. Per questo motivo le *CAVE* vengono considerate un'interessante alternativa ad altri dispositivi per l'immersione, in quanto sembrano non generare sintomi di *cyber-sickness* e consentire un'ampia libertà di mobilità all'interno della scena. Non a caso, questo tipo di studio viene approfondito qualche anno più tardi da un altro gruppo di ricerca, con lo scopo di generalizzare i risultati acquisiti. Nel 2014 Maskey e altri ricercatori dell'Università di Newcastle (UK), ripetono l'esperimento su un gruppo di nove bambini, volontari, con diagnosi fobiche fortemente condizionanti la vita quotidiana (ad es. la paura di utilizzare un mezzo pubblico o nell'attraversamento di un ponte)[59] (Fig.74).

57 Cfr. Parsons, Cobb, 2011, op. cit.; Ravasio, 2011, op. cit.; Kandalaft , Michelle R., Nyaz Didehbani, Daniel C. Krawczyk , Tandra T. Allen , e Sandra B. Chapman . "Virtual Reality Social Cognition Training for Young Adults with High-Functioning Autism." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 43 (2013): 33-44.

58 Cfr. Parsons, Cobb, 2011. Op.cit.

59 Cfr. Maskey, Morag, et al. "A Randomised Controlled Feasibility Trial of Immersive Virtual Reality Treatment with Cognitive Behaviour Therapy for Specific Phobias in Young People with Autism Spectrum Disorder." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 49 (2019): 1912-1927.

Ogni bambino sperimenta il trattamento, in quattro fasi, per sessioni di 20 minuti mostrando un incremento nelle capacità di controllo del proprio comportamento in relazione alle singole fobie. Lo stesso gruppo di ricerca ripete l'esperimento qualche anno dopo ampliando l'osservazione ad un gruppo maggiore di bambini con diagnosi di *ASD* ad alto funzionamento, in modo da randomizzare i rilevamenti e rafforzare l'evidenza dei risultati. Lo studio viene seguito in collaborazione in collaborazione un *team* clinico del *UK National Health Service* (*NHS*). Oltre a verificare la fattibilità e l'efficacia del trattamento, in questo caso si vuole anche determinarne l'accettabilità da parte dei partecipanti e delle famiglie, valutare le risposte e monitorarne i benefici e la durata nel tempo. A tale scopo il gruppo viene seguito per altri sei mesi e due settimane dopo il trattamento. 32 giovani sono reclutati per oltre dodici mesi in base ai seguenti criteri: età compresa tra 8-14 anni, diagnosi di *ASD*, capacità di linguaggio e di comprensione delle istruzioni. Tutti i partecipanti hanno una specifica fobia, identificata come *Anxiety Diagnostic Interview Schedule* (*ADIS*).

Uno dei presupposti di partenza è che le fobie siano legate a fattori rappresentabili attraverso immagini, pertanto, si escludono in partenza quelle tipologie innescate da condizioni scatenanti astratte. Il trattamento viene previamente discusso con le famiglie per valutarne l'opportunità e spiegare il percorso di ricerca. Mediante un protocollo messo a punto dal *Research Units on Paediatric Psychopharmacology* (*RUPP*) *Autism Network*, si stabilisce un *rating* di cambiamenti per valutare le alterazioni di comportamento nella vita quotidiana in riferimento alle fobie prese in considerazione. La *Blue Room*, come nel primo esperimento, è un ambiente di $4m^3$ costituito da schermi dove vengono proiettate immagini simultaneamente, sia sulle pareti che su soffitto.

Al fine di registrare le reazioni dei pazienti e rassicurarli, un terapista resta con il partecipante durante l'intervento. Gli scenari sono individualizzati in base alle diagnosi, pertanto, mostrano ambientazioni connesse a ciascuna specifica fobia. Il percorso terapeutico è introdotto da un video preparatorio con lo scopo di far rilassare il paziente e abituarlo gradualmente all'esperienza. In un contesto sottomarino, nuotano dei delfini: si tratta di uno scenario dai colori molto saturi, ma estremamente essenziale, con pochi elementi generati dalla ripetizione di un solo simbolo grafico bidimensionale, raffigurante un ciuffo di alghe. La variazione scalare di questa figura costituisce l'unico indizio di profondità, oltre alla dimensione dei delfini che si muovono nella scena (Fig.75, Fig.76). In questo caso, quindi la percezione prospettica è consentita esclusivamente dai gradienti di dimensione e posizione, rafforzati dalla regolarità con cui le loro qualità

percettive mutano nello spazio. L'illuminazione ambiente uniforme e l'assenza di ombreggiature accentuano il senso di astrazione che, nel caso di persone con ipersensibilità sensoriale, agevola il senso di benessere e di rilassamento, in quanto riduce la quantità di stimoli percettivi. Uno degli spazi terapeutici meglio desumibili da un video documentale rappresenta la fedele riproduzione di un ponte urbano (Fig.74) realmente esistente e che costituisce, nel caso specifico, il motivo scatenante della fobia. Dal video è possibile anche fare un confronto con il modello reale e appurare come ogni dettaglio rappresentato, sia curato con il preciso intento di replicare fedelmente l'originale. In questo caso l'obiettivo è quello di dare al paziente, la sensazione di vivere dal vero l'esperienza pur sapendo di trovarsi in uno spazio senza pericoli, pertanto, nessun dettaglio è lasciato al caso; ciascun elemento richiama nelle forme, *texture*, posizioni e dimensioni il suo omologo reale anche se, la mancanza di ombre portate, una forte saturazione delle tinte (che non sfocano neanche in lontananza) e la nitidezza dei contorni, conferiscono all'insieme una caratterizzazione marcatamente vivida che ricorda quella dei videogiochi. I gradienti, infatti, come già faceva rilevare J Gibson, migliorano il senso di profondità grazie ad una graduale modifica della "trama, della densità di grana o di ombreggiatura"[60]. Poiché questo è un fenomeno che avviene normalmente a causa dell'infittirsi della massa d'aria che si interpone tra oggetti in lontananza e osservatore, intervenire sui gradienti di chiarezza, saturazione, precisione della trama e colore, accentua notevolmente il senso di naturalezza di un'ambientazione virtuale.
La ridotta attenzione a tali aspetti non sembra avere compromesso l'efficacia delle esercitazioni visto che tutti i partecipanti hanno concluso l'esperienza senza disagi. Il gruppo ha mostrato un miglioramento del comportamento fobico anche nelle due settimane successive all'esperimento e, in qualche caso, anche sei mesi dopo. Solo uno dei pazienti con *ADIS* ha manifestato peggioramenti già nelle prime fasi del trattamento, ma non vengono forniti elementi per valutare se tali reazioni siano in qualche modo collegate alla caratterizzazione dell'ambiente rappresentato. Maskey e il suo gruppo di ricerca riprendono i presupposti di partenza dell'esperimento di Wallance, per confermare la validità delle ambientazioni CAVE nell'offrire a persone con particolari fobie la possibilità di approcciare le proprie paure gradualmente e in un ambiente protetto, senza le controindicazioni di malessere riscontrate talvolta con l'uso dei primi dispositivi *HMD*. Proprio in tema di usabilità e tolleranza di tali dispositivi Newbutt, ricercatore

60 Cfr. Arnheim, 1997, op. cit.

in *Digital Education* presso la *University of the West of England di Bristol*, svolge da anni ricerche per testare la validità di tecnologie *HMD oculus rift* per l'apprendimento di persone *ASD*. Newbutt, cogliendo le numerose obiezioni che riguardano prevalentemente le sensazioni di chinetosi legate all'uso dei caschi si pone le seguenti domande: l'uso di dispositivi *VR HMD* è adeguato nell'approccio didattico con persone autistiche? Quali questioni psicologiche entrano in gioco? Senso di presenza, immersione, naturalezza, effetti negativi, ansietà?. A tal proposito Newbut, nel 2015, intraprende un esperimento in un laboratorio in Michigan su 29 persone tra i 7 e i 52 anni. Il valore del QI delle persone *ASD* è 83.6.
In una fase iniziale si testa la disponibilità a indossare il dispositivo con sessioni di 7 minuti per ciascuna delle diverse tipologie di *VR*: un cinema virtuale, un caffè virtuale in compagnia di un altro partecipante, un safari virtuale in Jeep. Nella fase successiva viene testato il senso di immersione e di presenza, ma anche gli eventuali effetti negativi come il senso di ansietà, con un'esposizione di 20 minuti su 11 dei precedenti partecipanti.
Nella fase preliminare, tutti i partecipanti accettano di indossare i caschi e anche durante successivo *step*, non sono stati registrati incrementi di ansietà. Eventuali disagi sembrano ridursi man mano che aumenta il senso di presenza e di immersione. Malgrado la cospicua letteratura sugli esperimenti di Newbutt, gli indizi riferiti alle specifiche grafiche non sono molti. Una foto a colori, mostra una inquadratura soggettiva del caffè virtuale, mentre l'*avatar* volge lo sguardo verso l'osservatore. La scelta dei punti di vista è quindi orientata a favorire una piena soggettività della visualizzazione, ma il trattamento dello spazio scenico sembrerebbe presentare alcune incongruenze espressive. Uno degli aspetti poco chiari, ad esempio, riguarda i dettagli messi in forte evidenza dalla saturazione cromatica e dalla *texture*. Spiccano marcatamente: le superfici di legno del bancone e dei tavoli e la pavimentazione con un motivo a scacchiera fortemente contrastato, mentre il resto degli elementi, è poco riconoscibile anche in ragione della scarsa luminosità della scena per finire, in ordine di definizione, con altri *avatar* presenti nel caffè, ma non attivi nell'interazione con l'utente (Fig.77).
Se appare comprensibile la scelta di desaturare e non texturizzare i personaggi privi di azione, allo scopo di focalizzare immediatamente l'attenzione sull'unico *avatar* attivo nella comunicazione, è meno chiara l'intenzione di marcare fortemente la caratterizzazione di alcune superfici. In particolare, per quanto riguarda il pavimento la scelta di una forte impronta cromatica può in alcuni casi, favorire una direzione di movimento, facilitare l'orientamento nello spazio, o limitare l'accesso a zone di pericolo, ma nel

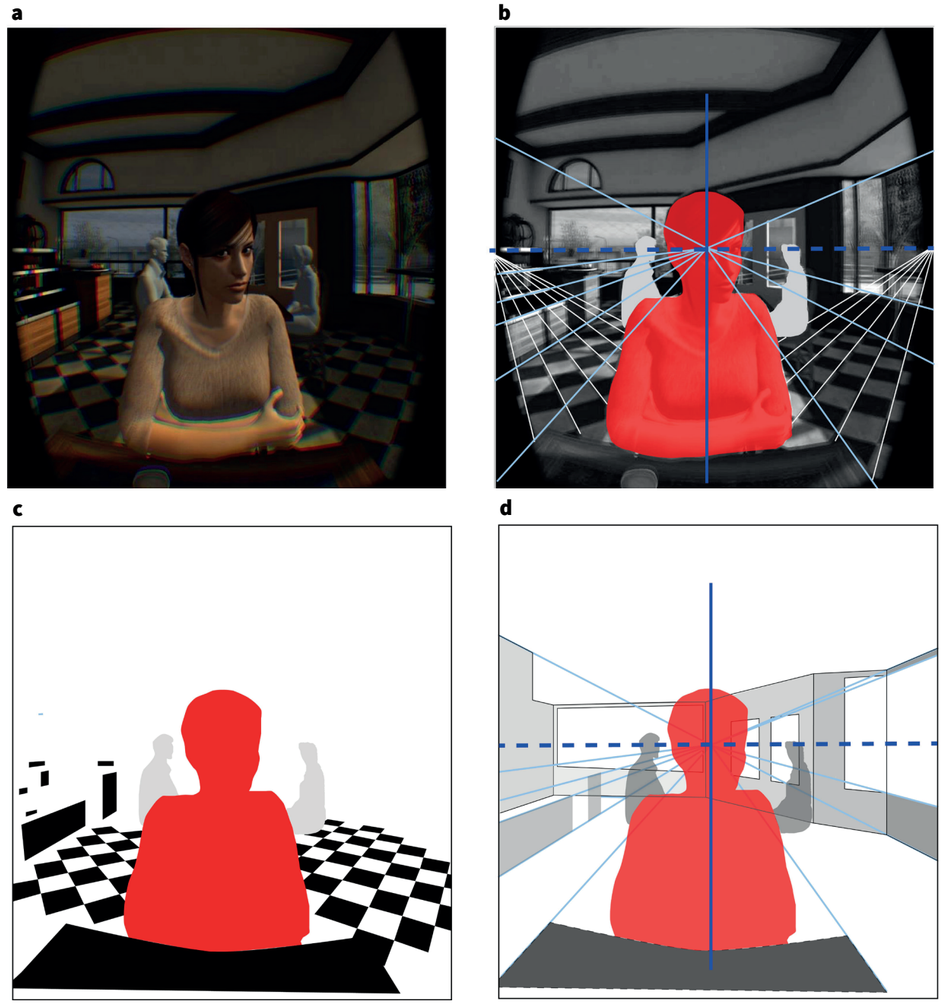


Fig.77. **Nigel** Newbutt, 2015 **a**. vista del caffè virtuale. **b**. Schema con i principali indizi di profondità spaziale. **c**. La pavimentazione, con i suoi forti contrasti cromatici può generare effetti cinetici e rumore visivo. **d**. Anche in assenza degli elementi di disturbo lo spazio rappresentato mantiene la sua configurazione prospettica.

caso di una partitura a scacchiera lo sguardo passa dalle partizioni chiare alle scure percependo una sensazione dinamica priva di una precisa direzionalità. Inoltre, in base alle osservazioni di Duncker e, successivamente, Oppenheimer, tra le figure chiare e scure (in questo caso della *texture*), si stabilisce un rapporto di dipendenza tale che l'immagine scura viene interpretata come figura e quella chiara come sfondo. Questo porta ad una frammentazione dell'immagine percepita, dove gli elementi neri, variando di poco in forma e dimensione a causa della deformazione prospettica, generano un effetto cinetico e sembrano oggetti mobili su uno sfondo chiaro immobile[61]. Sebbene la deformazione prospettica delle fughe del pavimento, nonché la variazione del gradiente dimensionale del *pattern*, agevoli la comprensione di profondità, allo stesso tempo la partizione del campo in settori chiari e scuri introduce un dinamismo percettivo che può distrarre dal reale obiettivo della scena.
Secondo Arnheim «la dinamica non è una qualità del mondo fisico, ma si può dimostrare che i *pattern* stimolanti proiettati sulla retina determinano una gamma di qualità dinamiche inerenti al precetto. Il materiale stimolante che raggiunge i nostri occhi acquista dinamica mentre viene elaborato dal sistema nervoso»[62].
Al di là delle considerazioni spaziali, Newbutt riporta risultati ancora una volta incoraggianti per quanto riguarda la tolleranza ai dispositivi *Oculus Rift* i quali riducono le problematiche legate ai fattori cinestetici grazie alla possibilità di regolare l'apertura focale in base alla lettura della messa a fuoco[63]. Uno dei limiti riportati dall'autore riguarda, tuttavia, il limitato numero di persone su cui si è testato l'esperimento[64]. Newbutt, infatti prosegue tutt'oggi le sue ricerche, non solo per aumentare il *range* di osservazioni su un'utenza più ampia, ma anche per mettere a confronto dispositivi differenti in considerazione dei rapidi sviluppi che la tecnologia sta facendo in questo settore[65].
Nella sua ultima pubblicazione[66] identifica l'*HTC Vive* come strumentazione con maggiore potenziale rispetto al *Class VR* e al *Google Cardboard*. In base al giudizio dei docenti che hanno seguito l'esperimento, tale visore

61 Cfr. R.Arnheim, 1997, op.cit., p.310.
62 *Ivi*, p.355.
63 Cfr. Newbutt, 2016. Op.cit.
64 Cfr. Newbutt, Nigel, C Sung, HJ Kuo, e M. J Leahy. "The potential of virtual reality technologies to support people with an autism condition: A case study of acceptance, presence and negative effects" *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine (ARCTT)*, 4 Mar 2016: 149-154
65 Cfr. Newbutt, 2020, op.cit.
66 Cfr. *ibidem*.

avrebbe prodotto risposte migliori in termini di coinvolgimento interazione e presenza, così come riportato anche in precedenti studi. Questo dato non stupisce se messo in relazione al maggiore costo del dispositivo che comporta anche un più ampio *range* di *software* compatibili, all'altissima qualità grafica e ad una interfaccia intuitiva[67]. Ancora Newbutt fa rilevare come questi dati, tuttavia, siano in contrasto con alcune osservazioni che identificano nell'*HMD* il principale dispositivo per intrattenimento, pertanto, non adatto ad ambienti educativi in quanto richiede elevate competenze tecniche per l'uso.
Nel 2018 Newbutt mette a punto una sorta di guida di buone pratiche per l'uso della realtà virtuale per bambini *ASD*. La prima parte è un'analisi e una guida relativa a due differenti dispositivi utilizzabili: *HTC Vive* e *Cardboard VR* che può funzionare con uno *smartphone*; i due visori vengono confrontati in relazione sia ad aspetti tecnici che economici. Successivamente Newbutt introduce alcune considerazioni preliminari all'uso della *VR* con persone autistiche. La prima è assicurarsi che l'ambiente dove si svolge l'esercitazione sia confortevole ma soprattutto sicuro, rimuovendo qualunque oggetto pericoloso.
Al momento di indossare il casco è necessario che il ragazzo venga guidato e supportato, in quanto in quel momento avviene un totale distacco dal contesto reale. Anche durante l'esercitazione il ragazzo non dev'essere mai lasciato solo. Durante l'esperienza, è necessario monitorare frequentemente lo stato di benessere psico fisico, anche se apparentemente non si evincono segni manifesti di disagio. Newbutt consiglia di fare domande a riguardo ogni 2-3 minuti. È stato osservato che alcuni bambini tra i 6 e i 12 anni, possono avere problemi di equilibrio una volta indossato il visore, pertanto, è consigliabile farli restare seduti durante l'esplorazione, inoltre può essere utile prepararli oscurando la loro visione e facendo sentire loro il supporto all'equilibrio. Se l'esperimento è condotto in gruppo o con più ragazzi è preferibile ridurre il numero delle presenze nella stanza ad un massimo di tre, evitando anche la presenza di allievi che non prendano parte all'esercitazione. Il lavoro di coppia ha sortito esiti positivi, soprattutto nell'incoraggiare lo scambio verbale e la collaborazione, agevolando la dimestichezza nell'uso dell'applicazione.
È molto importante un *feedback* successivo all'immersione per monitorare eventuali effetti negativi, quali ma di testa o stanchezza agli occhi[68].

67 Cfr. *ibidem*.
68 Cfr. Newbutt, Nigel. *"Using Virtual reality with autistic pupils: Information and advice." Manual / Guide. Bristol: ACE Dept of Arts & Cultural Industries, 2018.*

La validità dei sistemi tecnologici più avanzati sembra essere confermata dalle ricerche più recenti. Richard Chen Li, Vanessa S.N. Yuan, Horace H.S Ip. della City University of Hong Kong, nel 2018 riprendono gli studi di Newbutt sulla tecnologia *Oculus Rift,* partendo dal presupposto che offra notevoli vantaggi rispetto ad altri sistemi immersivi come le *CAVE.*
La portabilità, l'adattabilità a spazi anche di ridotte dimensioni e il minor costo delle istallazioni, rendono i caschi per Realtà Virtuale uno strumento operativo più versatile, su cui poter puntare per ampliare l'offerta educativa in ambienti simulati. La ricerca coinvolge ragazzi autistici con differenti livelli di funzionamento in età scolare e si concentra su semplici attività quotidiane: alzarsi dal letto, bussare alla porta del bagno, provvedere alla propria igiene personale, vestirsi, fare colazione, indossare zaino e scarpe, percorrere un corridoio, utilizzare l'ascensore, salutare. Le scene, pertanto, si svolgono in ambientazioni familiari di cui non vengono fornite descrizioni. Vengono invece riportate nel dettaglio le reazioni degli utenti che ci consentono di dedurre alcuni aspetti ergonomici, legati ai fattori umani. Sebbene tutti i partecipanti mostrino un alto livello di coinvolgimento emotivo che favorisce anche l'accettazione dei caschi senza riluttanze, in alcuni casi si evince ancora un disagio dovuto al loro peso, già riscontrato nei primi esperimenti immersivi di Strickland. Si tratta quindi di una problematica ancora irrisolta, anche alla luce del rapido progresso tecnologico, come evidenzia lo stesso *team* di ricerca[69]. Il collegamento casco/computer via cavo sembra, invece, non aver generato fastidi nei ragazzi quanto piuttosto problemi pratici occorsi per l'aggrovigliamento dei fili, causati dal frequente gesticolare durante l'immersione. Per tale motivo i ricercatori sconsigliano tale sistema in caso di bambini iperattivi. La tipologia di spostamento *teleport* (Fig.78), usata per passare da uno scenario e l'altro, non sembra avere destato problemi, visto che gli esiti relativi alla navigazione, all'immersione e a alla comprensione delle istruzioni sono stati sommariamente positivi. Solo uno dei ragazzi ha riportato bassi punteggi a causa di stati d'ansia e conseguente riluttanza ad affrontare le esperienze virtuali solo nella fase iniziale[70]. Nonostante il gruppo di studio non si soffermi su aspetti grafici, sottolinea l'importanza di una corretta impostazione dell'esperienza virtuale con "distrazioni minime" e obiettivi chiari oltre che semplici.

69 Cfr. Chen Li, Richard. "A Case Study on Delivering Virtual Reality Learning for Children with Autism Spectrum Disorder Using Virtual Reality Headsets." *Proceedings of EDULEARN18. International Conference on Education and New Learning Technologies.* Palma Mallorca, Spain, 2018. 728-734.
70 *Ibidem*.

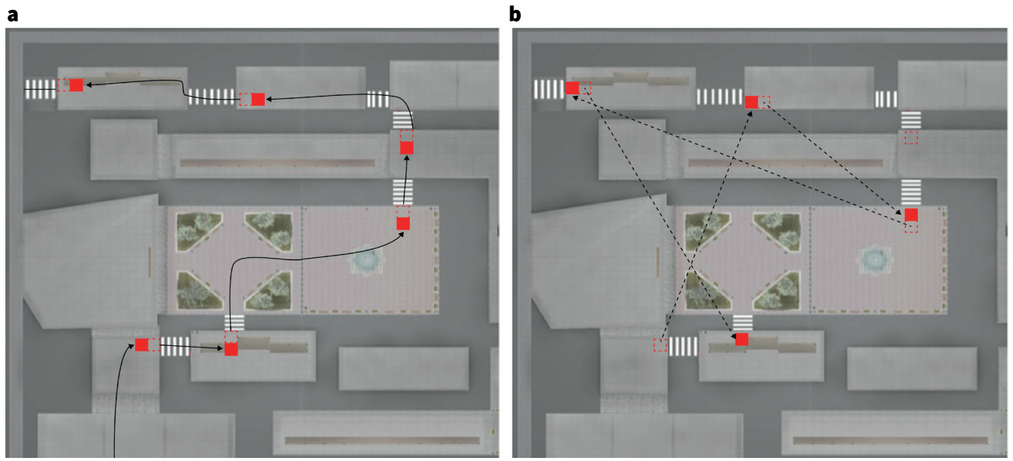


Fig.78. **a** Esempio di navigazione continua. **b**. Esempio di navigazione discontinua (*Teleport*).

Una delle ultime sperimentazioni sulla tollerabilità degli ambienti virtuali per persone non neurotipiche, è condotta da Alba Realpe in collaborazione con un gruppo di ricerca inglese. Sebbene lo studio utilizzi per l'ambientazione una piattaforma di gioco già precostituita, ovvero *Second Life*, esso cerca di coinvolgere gli utenti nell'elaborazione del prototipo, con l'intento di sviluppare un ambiente virtuale a scopi terapeutici per disturbi cognitivi. La fase progettuale, quindi, è sviluppata in collaborazione con gli utenti di riferimento. In tal il gruppo di ricerca mira a rendere più accattivante e, di conseguenza, più coinvolgente e proficuo l'ambiente d'apprendimento. In questo caso l'utenza di riferimento è costituita da persone con psicosi, che spesso hanno problemi ad uscire da casa, pertanto, l'obiettivo è quello di progettare uno spazio virtuale dove poter esercitare le proprie attività terapeutiche anche nell'ambiente domestico. Nella prima fase, I gruppi di pazienti vengono sollecitati a esprimere opinioni utili alla composizione dello spazio e a valutare il prototipo di partenza dando consigli sugli elementi di configurazione delle scene. Ne nasce l'idea di un centro terapeutico inserito in un'isola, circondata da mare e vegetazione. L'idea viene prototipata nella seconda fase per poi essere verificata e modificata nel terzo passaggio, ancora una volta grazie alle opinioni degli utenti.
Trattandosi di una piattaforma di gioco, essa non consente un'ampia versatilità nella gestione degli aspetti grafico spaziali che appaiono, già nelle

prime impressioni dei partecipanti, poco naturali. Ancora una volta, l'illuminazione irreale, l'assenza di ombre, la definizione uniforme delle *texture* e la saturazione delle tinte portata a perdita d'occhio, tradiscono accentuatamente l'innaturalezza degli spazi. Il tentativo, nelle fasi di rettifica, di migliorare il realismo tramite l'introduzione di nuovi dettagli e oggetti nella scena, non influisce nell'aspetto generale dello spazio che, quindi, resta ancorato all'idea del videogioco. Le richieste dirette degli utenti sono orientate verso un maggiore senso di sicurezza, come ad esempio: l'eliminazione degli spazi aperti, l'inserimento di pareti di separazione per l'identificazione delle diverse terapie e, per l'esterno, l'aggiunta di più edifici per conferire all'immagine dell'isola un aspetto meno vuoto e desertico. Ma se nell'ottica di maggior *comfort* ambientale, si chiede un incremento di punti di riferimento, allo stesso tempo viene evidenziata anche l'importanza di un *design* semplice che non distragga dalle attività terapeutiche[71]. Anche per questo i partecipanti chiedono che l'ambiente assomigli meno possibile ad un videogioco e di escludere alcune opzioni consentite abitualmente da *Second Life*, quali, la possibilità di muoversi in volo o in caduta. Il passaggio tra una scena e l'altra avviene tramite metodologia discontinua[72], ma non vengono riportate descrizioni che consentano di analizzare come, quest'aspetto abbia influito nei fattori di orientamento e comprensione dello spazio, pertanto, il gruppo di ricerca si limita a dire che "il sistema *teleport* per muoversi tra uno spazio e l'altro, ha funzionato bene"[73].
È comunque possibile fare una valutazione sulle conseguenze che comunemente sono relazionate a tali modalità di navigazione. Il sistema *teleport* comporta dei salti di visualizzazione tra le scene che rompono la continuità del percorso. In tal modo si riescono a mitigare le problematiche di chinetosi, ma a discapito dei dati relativi all'orientamento e alla comprensione delle relazioni spaziali in quanto, le diverse parti dell'ambientazione, appaiono sconnesse. All'aspetto della mobilità nella scena è legato anche quello della modalità di visualizzazione, particolarmente rilevante sia dal punto di vista del *wayfinding*[74] che della soggettività.
Dall'osservazione delle immagini pubblicate, si può osservare come, l'utilizzo di un'applicazione desunta dal mondo dl *gaming*, quale *Second Life*, consenta di assumere punti di vista non necessariamente soggettivi, passando da una visualizzazione prospettica con punto di vista frontale ae-

71 Cfr. Realpe, Alba, et al. "Co-designing a virtual world with young people to deliver social cognition therapy in early psychosis" *Early Intervention in Psychiatry*, 2020: 37-43.
72 Cfr. §2.4.3.
73 Cfr. Realpe, op.cit. p.41.
74 Cfr. §2.4.3.

reo ad una egocentrica, quindi ad altezza occhio umano[75] (Fig.79). Questa possibilità non sempre costituisce un vantaggio qualora, come nel caso dell'autismo, l'utente abbia difficoltà di astrazione e, pertanto, l'assunzione di un punto di vista inconsueto potrebbe generare stati confusionali e ansia. Quello che la progettazione partecipata ha messo in evidenza è una predilezione per qualsiasi aspetto che collabori al senso di naturalezza e *comfort*, non solo nelle scelte grafiche, ma anche nella preferenza di ambienti familiari e poco caotici come, ad esempio, le sale per terapie.

4.3.2. *VR* per l'apprendimento delle *life skills*

Uno dei campi su cui si è soffermata in particolar modo l'attenzione dei ricercatori è quello orientato all'apprendimento di competenze da poter esercitare nella quotidianità. Si tratta di scenari dove poter fare esperienze anche apparentemente elementari, ma che possono agevolare sensibilmente la strada verso una maggiore autonomia di persone non neurotipiche, costantemente costretti a dipendere dall'aiuto degli altri.
Dorothy Strickland nel 1996 sperimenta per la prima volta l'uso di un casco per *VR* con lo scopo di insegnare ad alcuni bambini con spettro autistico e minime capacità verbali, l'attraversamento stradale. Lo studio ha come ulteriore obiettivo quello di testare la tolleranza del dispositivo *HMD*. Raramente troviamo indicazioni sulle scelte grafiche come in questo caso. Strickland specifica che la scena è costituita da pochi elementi: un marciapiede, una strada carrabile e alcuni edifici texturizzati[76]. I contenuti si riducono volutamente all'essenziale, eliminando qualsiasi oggetto in movimento: persone, animali, persino il cielo. Allo stesso tempo vengono ridotte le informazioni di carattere cromatico, producendo una raffigurazione in scala di grigi e a basso contrasto. Inoltre, la bassa risoluzione dei dispositivi utilizzati contribuisce automaticamente a ridurre il livello di dettaglio della scena. Tutte le superfici, pertanto, sono poco caratterizzate e abbastanza uniformi in modo da poter distinguere nettamente l'unico oggetto da porre in evidenza: un'automobile di colore rosso o blu che, periodicamente attraversa la scena. Inizialmente l'auto è l'unico centro focale dell'ambientazione che l'utente deve riconoscere, successivamente viene inserito un segnale di stop che indica il punto in cui arrestare il movimento.
Se da un lato l'essenzialità degli *input* sensoriali favorisce l'individuazione dei *target* visivi (l'auto prima, lo stop poi), un'estrema semplificazione dei

75 Cfr. §2.3.
76 Cfr. Strickland, Dorothy. *Virtual Reality for the Treatment of Autism, Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology*. Amsterdam, Netherlands: Ios Press, 1997.

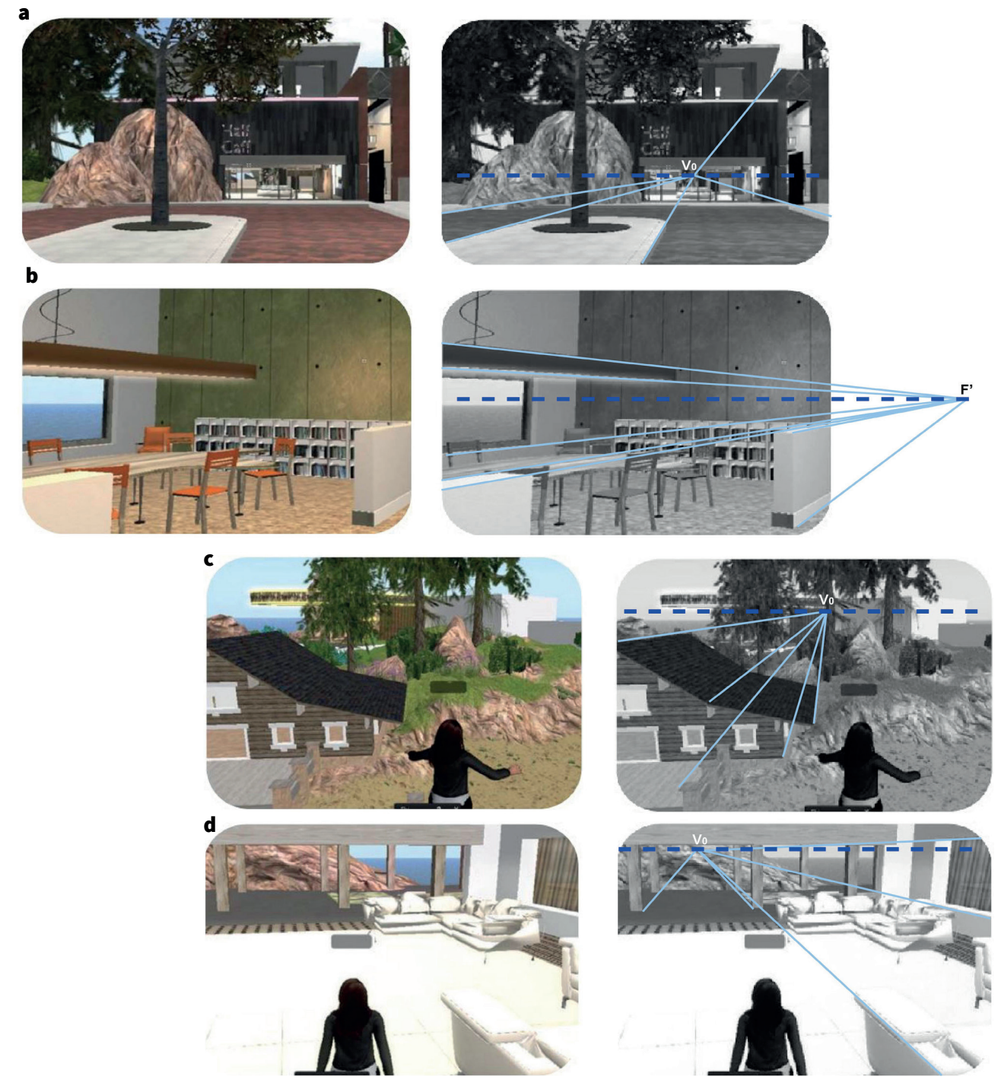


Fig.79. Alba Realpe, 2020: esempi di differenti modalità di visualizzazione nell'esperienza *VR* che ha utilizzato *Second Life* come piattaforma di *training*. Gli schemi dei riferimenti spaziali delle prospettive mostrano la linea di orizzonte a diverse altezze in base al tipo di prospettiva. **a**. scenario esterno in prospettiva sogettiva. **b**. Vista di una sala per attività terapeutiche in prospettiva sogettiva. **c.** Vista di un esterno in prospettiva dall'alto. **d.** Vista di una sala per attività terapeutiche in prospettiva dall'alto.

USABILITY TEST OF VR						
AUTORS	AIM	STEPS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	RESULTS
VIRART PROJECTS UK Brown et al. (1997) Brown et al. (1997) Brown,Cobb, Eastgate (1995) Quoted in: Cobb Sue (2007)	EFFICACY EFFICIENCY Testing interaction with the VE and control of avatars	Moving in the VE Controlling the avatars motions	SLD Students With teachers	Joystick for motion, mouse for selection, keyboard, split screen	INDOOR Urban environment, Ski slope OUTDOOR house, supermarket	Some difficulties occur in the coordinated use of the devices
Mineo B. A. et al. (2008). University of Delaware, USA	SATISFACTION Evaluating the appeal of VR systems	Observing a self-video Observing video about other people making VR experience Self VR experience	n.42 6-18 years old	Videoclip/ TV/ VCR	Not specified	Improvement of attention Improvement of appeal during VR experience No differences between self VR and self-video condition relative to gaze.
Wallace S. et al. (2010) University of Oxford, University of Birmingham, UK	EFFICACY Explore how people with ASD respond to VE	Preliminary videos into CAVEs called BLUE ROOM Training videos Feedback Questionnaire	n.10 ASD High function 12-16 years old. n.14 TD 12-16 years old	Third eye technologies, CAVE (screened room)	INDOOR school corridor, OUTDOOR roads, playground	Children with ASD respond with similar levels of presence as the typically developing children.
Fornasari et al. (2013) Italia Quoted in: Aresti Bartolome, (2014)	Not specified	Free exploration in VR Exploration with a defined target	n.16 ASD	Not specified	OUTDOOR Urban environment No graphic details about VE	Children with ASD explore the VE faster than the TD children.
Nigel Newbutt et al. (2015) University of the West of England, UK	EFFICACY Tolerance of HMD for Autistic people	Judging the willingness to wear the HMD Testing: presence, immersion, negative effects, pre and post HMD anxiety levels	n.32 ASD 17-52 years old	VRT- HMD (oculus rift)	INDOOR cinema café Tuscan house (in) OUTDOOR Safari adventure explored in a Jeep Space adventure Tuscan house (out)	Good willing to wear the HMD and experience two of the virtual environments (VEs). In Phase II, anxiety levels not increase Low Negative effects (feeling dizzy, sick, etc.) High sense of presence and immersion
Ramachandiran R.C. et al. (2015) University Lakeside Campus, Malaysia	SATISFACTION Identifying an appealing design for ASD	Interviews and questionnaires about favorite VE Data collection from respondents using PECS (Picture Exchange Communication System) Prototype Design Testing satisfaction	n.41 ASD children and their parents	Monitor	INDOOR Toilet (chosen by participants)	Cultural aspects, the age of parents and the specific phobias, influence preferences in design concerning specific functionality issues
Ponsaran R.N. et al. (2017)	EFFICACY/ SATISFACTION	usability and feasibility test training in ten scenes	n.24 Asperger, 8-12 years old,	VESIP, 3d game technology	INDOOR School spaces. 5 of	Children with and without ASD appreciated the ability to design
Illinois Institute of Technology, Chicago, USA	Determining whether the computer-automated and animated format was usable and likeable by ASD children		30 TD		the 10 scenarios, are customizable with preferred Items or topic. No graphic details about VE	their self-character. Ease in understanding social situations. The results demonstrate that the program is useful to understand the reasons of some ASD behaviors.
Chen Li R. et al. (2018) City University of Hong Kong	EFFICACY Explore how people with ASD respond to VE	Training task performance related to daily life in VE. Questionnaires for feedback	ASD 8-12 years old	VRT- HMD oculus rift, Oculus Touch controllers Alienware 15-inch laptop with NVIDIA GTX Teleport system for motion between scenes	INDOOR A typical Hong Kong apartment Elevator scene, Apartment lobby scene No graphic details about VE	The children understood verbal instructions and navigated through the scenario by following the visual cues Good spatial presence, engagement and ecological validity Some anxiety or reluctance to fully engage in the scenario. Low negative effects concerning HMD weight
Realpe A. et al. (2019) University of Warwick, Coventry; Manchester Academic Health Sciences; Manchester, Imperial College London, UK	SATISFACTION Designing a VE to deliver a space for social cognition intervention. Creating an intervention that young people feel motivated to use	Develop initial ideas Creating a prototype of the VE Screening the prototype Testing the VE Piloting the intervention with target population	People with cognitive impairments (not specified) 16-25 years old	Second Life platform	INDOOR Therapeutic rooms OUTDOOR Not specified	Preference for realism and lesser similarity to video game Avoiding open spaces Preference for separated therapy rooms.

USABILITY TEST OF VR						
AUTORS	AIM	STEPS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	RESULTS
Maskey M. et al., (2019) Newcastle University, UK	EFFICACY feasibility and acceptability of VE randomizing the Blue Room results EFFICIENCY evaluating answers monitoring benefits over time	Total time 12 months (6months post treatment) Introducing CBT Cognitive Behavior techniques Preliminary relaxing session 45 minutes before therapy in VR Four VRE individual sessions with therapist. 20min. Observing reactions Debates	n.32 ASD, 8-14 years old Anxiety Diagnostic Interview Schedule (ADIS)	Third eye technologies, CAVE (screened room) 4m3	INDOOR/ OUTDOOR Environments connected to specific phobias	All participants concluded the experience without discomforts. Improvement in behavior also found in the two weeks following the experiment. In part, it also maintained the results 6 months later 5 children in the control group showed worsening in the following six months and one child in the treatment group showed immediate worsening.
Newbutt N. et al. (2020) Department of Education and Childhood, The University of the West of England, Bristol, UK	SATISFACTION Evaluating what type of VR HMD device are preferred by children ASD	Testing the willingness to wear the HMD Introduction to the kit and space. Run applications. Check for any negative effects. Questionnaire. Full VR experience, with different devices	n.43 31 ASD 6 - 16 years old	HTC Vive; Class VR; Google Cardboard	INDOOR Fun House The tomb of Ramesses VI OUTDOOR Moon's surface No description about VE	High levels of confidence, willingness, and enjoyment using HMDs Researchers suggest that effects related to motion sickness are in many ways software and hardware dependent

Tab.2 *Usability test* su *VR* e autismo.

segni che definiscono la morfologia spaziale, comporta alcune difficoltà nella valutazione delle distanze e, nel caso specifico dell'ultimo esercizio da svolgere, alcuni problemi a valutare la corretta collocazione del segnale di arresto per mancanza di adeguati riferimenti spaziali.
In particolare, gli elementi che compongono l'ambiente virtuale, qui hanno tutti una continuità lineare; il profilo del marciapiede, la lunga superficie della carreggiata e la sequenza ininterrotta delle stecche di edifici, per quanto siano indizi di profondità e collaborano alla definizione della scena prospettica, non contribuiscono a definire una scansione ritmica e una valutazione delle reciproche posizioni nello spazio (Fig.80). Gli effetti di profondità, infatti, sebbene creati dal sistema nervoso e dalla mente, si basano su indicatori che non sono esclusivamente legati alla "fisiologia" del sistema percettivo, ma anche altri fattori come la forma, la dimensione, l'intensità di colore registrati dalla retina[77]. L'efficacia di tali "gradienti" percettivi: «dipende dall'articolazione visiva del *pattern*. Più è esplicita la presentazione del gradiente tramite la forma, il colore o il movimento, più l'effetto di profondità è coercitivo»[78] e maggiori sono le informazioni sull'orientamento spaziale. L'esperimento sembra quindi avere maggiore efficacia nella prima parte, durante la quale entrambi i ragazzi rispondono agli *input* visivi in maniera abbastanza consona: seguono l'auto con lo sguardo e con il movimento del capo, fino alla sua scomparsa e solo dopo, attraversano la strada nella giusta direzione. Quello di Strickland viene spesso citato come lo studio che ha aperto nuove possibilità di utilizzare

77 Cfr. Arnheim, 1997, op. cit. p.222.
78 *Ivi*, p.227.

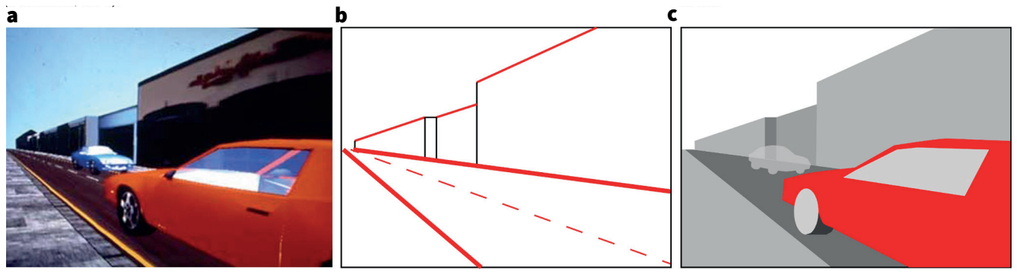


Fig.80. **a.** Dorothy Strickland, 1997: fotogramma del video *VR* con lo scenario urbano. **b.** I principali indizi di profondità utilizzano convergenza e deformazione per la resa prospettica . **c.** il *target* è evidenziato da colori saturi, brillanti e in netto contrasto con il fondale.

la *VR* come ambiente di apprendimento per bambini autistici. Purtroppo, però, in questo tipo di indagini, non tutti gli aspetti sono facili da osservare e valutare: viste le difficoltà di comunicazione, alcuni bambini non riescono ad esprimere a pieno le loro sensazioni sia in senso positivo che negativo. È soltanto interpretando i movimenti corporei che si è riusciti a comprendere un parziale disagio nei confronti del casco; alcuni di loro, infatti, sebbene (dopo una opportuna fase di familiarizzazione) non rifiutino di indossarlo, durante l'esperienza, cercano di sostenerlo con le mani, evidenziando una sensazione di pesantezza sul capo[79].
Nel 1999 il gruppo *VIRART* comincia una serie di esperimenti, protratti per oltre 15 anni, con lo scopo di esplorare l'apprendimento di capacità che consentano a persone con problematiche cognitive di svolgere alcune attività in autonomia. Il progetto *Life Skills Education* rivolto a ragazzi di oltre 16 anni con sindrome *SLD* ha lo scopo di agevolare l'esercizio pratico al fine di acquisire competenze spendibili nella vita quotidiana. Quattordici coppie di studenti-docenti vengono osservate durante l'uso delle esercitazioni in *VR* durante cinque sessioni settimanali e comparando le competenze prima e dopo l'uso delle applicazioni virtuali. Attraverso questionari sono state raccolte sensazioni, pareri e suggerimenti personali sugli aspetti tecnici o progettuali. Ad esempio, per quanto riguarda la gestione dei movimenti e la selezione delle opzioni, si è mostrato più proficuo separare i dispositivi di comando, utilizzando un *joystick* per spostarsi e il *mouse* per l'immissione degli *input* decisionali. Inoltre, si è preferito sostituire le istruzioni descrittive con simboli grafici al fine di superare ostacoli dovuti alle difficoltà comunicative.
L'ambiente virtuale comprende quattro principali scenari cittadini; una casa, un supermercato, un caffè, collegati da un sistema di trasporto anch'esso

79 Cfr. Bradley, 2018, op.cit p.7.

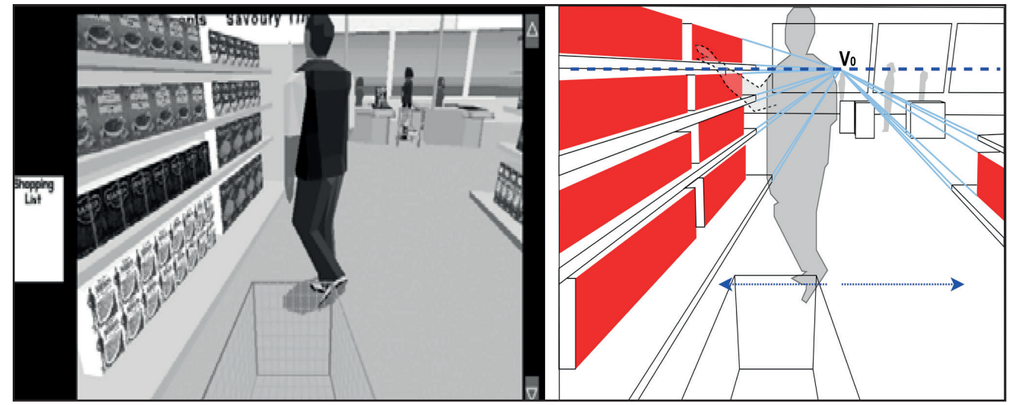


Fig.81. L'esperimento di Sue Cobb, 2002, utilizza semplici configurazioni e chiari indizi spaziali in modo da agevolare la comprensione dello spazio *VR* e l'individuazione dei *target* visivi.

virtuale. Agli studenti viene chiesto di svolgere delle attività e prendere decisioni che possono verificarsi normalmente nella quotidianità, come programmare un percorso con i mezzi pubblici e fare acquisti. Alla fermata dell'autobus, ad esempio, è necessario confrontare il nome sovraimpresso sul mezzo, con quello indicato nella barra informativa nella parte inferiore dello schermo. L'interfaccia grafica mantiene una doppia ripartizione dello schermo, con un'area per la visualizzazione dell'ambiente tridimensionale e una banda di controllo, con simboli grafici per la selezione delle opzioni. Nella configurazione degli spazi sembra prevalere la semplificazione, pertanto, oggetti e persone sono rappresentate da simboli grafici schematizzati, sia nei tratti formali che nel trattamento delle *texture*. Le superfici a campiture piatte, l'assenza di ombre e chiaroscuri, agevolano il riconoscimento dei *target* visivi, unici elementi ad essere dettagliati. Lo spazio del supermercato, ad esempio, visualizzato con inquadratura soggettiva fissa, totalmente privo di *texture* superficiali, si comporta percettivamente come uno sfondo chiaro dove distinguere nettamente le immagini più scure che identificano i prodotti da acquistare (Fig.81).
L'irradiazione luminosa delle tinte chiare ne implica una conseguente dilatazione sui colori più scuri[80] che, essendo tra l'altro delimitati da contorni chiusi, appaiono come figure su uno sfondo. I toni scuri, se percepiti come sfondo, tendono a indietreggiare mentre, al contrario, se percepiti come

80 In questo caso non è possibile decifrare di che colore si tratti in quanto le informazioni sono desunte da immagini in scala di grigi.

figura vengono visualizzati in rilievo[81] e, pertanto, nella configurazione costituiscono elementi dalla forte attrattiva. «Il rapporto tra densità luminosa e immagine assume dunque precisi significati nell'ambito delle comunicazioni visive. Ma determina anche talune diversità coloristiche altrettanto significative»[82].
I risultati sono stati incoraggianti, mostrando un crescente interesse verso le prove da svolgere e anche un miglioramento nella capacità decisionali in differenti circostanze della vita. La valutazione dei progressi viene effettuata registrando il livello di aiuto richiesto all'insegnante in un *range* di parametri: a partire da "nessun supporto", fino alla richiesta di un "supporto fisico" e "all'azione eseguita dall'insegnante" [83]. Questo ha consentito di paragonare l'ausilio necessario nelle due esperienze: virtuale e reale. L'esperimento è stato utile a rilevare, inoltre, tre tipologie di problematiche: comprensione delle istruzioni, movimento nello spazio virtuale e interazione con gli oggetti[84]. Tali questioni sono ricorrenti nello studio delle *ICT* educative, in quanto eventuali disfunzionalità in tal senso, possono condizionare lo stato psicologico nell'approccio al sistema oltre che gli esiti. Sono infatti da tenere in considerazione osservazioni basate sia sul confronto quantitativo delle prove sia sulla tipologia comportamentale di ogni singolo individuo dal momento che ci si rivolge ad un'utenza con profili cognitivi e comportamentali estremamente variabili.
Uno studio condotto dall'Università di Israele nel 2008, si basa su un doppio metodo di valutazione, comparando le osservazioni su un gruppo di sei bambini *ASD* tra i 6-8 anni, con quelle di un equivalente gruppo neurotipico o gruppo di controllo. Anche in questo caso l'obiettivo della ricerca ha finalità orientate all'autosufficienza, spesso compromessa dalla pericolosità di alcune azioni. Come nell'esperimento di Strickland l'attraversamento stradale è al centro dell'attenzione, considerato alla base di una mobilità autonoma e quindi il primo passo verso l'inclusione sociale, ma anche uno dei maggiori fattori di rischio della mobilità urbana. Le esercitazioni hanno la stessa impostazione di un videogioco con diversi livelli di difficoltà in ognuno dei quali si ha un incremento del numero di auto presenti nella scena e della loro velocità. Gli utenti devono decidere il momento opportuno per l'attraversamento e solo superando un livello si può accedere al successivo, tornando al livello iniziale in caso di incidente. Una scala di sicurezza pedonale da 0 a 14, indica il valore corrispondente alla

81 Cfr. Marcolli, 1978, op.cit. p.117.
82 *Ivi*, p.115.
83 Cfr. Cobb, 2007, op. cit.
84 Cfr. *ibidem*.

relativa risposta dei partecipanti in relazione alla scena (ad es. guardare a destra e a sinistra, aspettare il verde del semaforo, i tempi di attesa prima di un'azione).
Nella prima fase ogni partecipante viene sottoposto ad un periodo di prova allo scopo di individuare per ciascuno il grado performativo. Nella fase B ogni partecipante inizia la sua esperienza individuale partendo dall'ultimo livello raggiunto nella fase A. In questo caso la piattaforma utilizzata per lo sviluppo dell'ambientazione è limitata da una tecnologia obsoleta, quale un *Pentium 3* (1.2 MHz), condizionando visibilmente la resa grafica.
La caratterizzazione delle superfici è infatti grossolanamente pixellata rendendo difficilmente identificabili gli elementi della scena. Edifici, aiuole e manto stradale hanno contorni sfrangiati dalla bassissima risoluzione al punto da rendere poco leggibili i confini tra le sagome e generare un contesto confuso, difficilmente decifrabile a eccezione delle bande bianche che simboleggiano le strisce pedonali.
La forte consistenza del pixel, fa sì che esso venga percepito con un vero e proprio oggetto nella scena piuttosto che come parte di una *texture*, generando una condizione di rumore percettivo. Cosicché, se un trattamento omogeneo della trama, genera uno stato di ordine visivo, il disordine è originato dalla casualità nelle relazioni esistenti tra le componenti figurative di uno spazio[85]. Ad esempio, nella raffigurazione del videogioco preso in esame, lo spazio discretizzato in *pixel*, privo di gerarchie cromatiche, non genera un principio interpretativo in base al quale associare differenze di intensità dei *dots* a simboli differenti (Fig.82).
Per dirla con Arnheim: «Una disposizione ordinata è retta da un principio globale; una disordinata no. […] il disegno complessivo è illeggibile, perché ogni relazione che si cerca di seguire viene subito distrutta da un'azione contraria e non descrivibile. Ciascun elemento è spinto in avanti e indietro, su e giù, a seconda delle connessioni che si cerca di stabilire. Il risultato è la confusione»[86]. Dalle argomentazioni conclusive, riportate dal gruppo di ricerca, non è chiaro se siano stati questi aspetti a interferire nella piena comprensione delle azioni da svolgere da parte di uno dei partecipanti con *ASD*. Le maggiori difficoltà si sono verificate nel decifrare le istruzioni e nella operatività all'interno della scena[87]. La maggior parte dei

85 Cfr. Arnheim, 1994, op.cit. p. 194.
86 *Ibidem*.
87 Cfr. Josman, Naomi, e Patrice Lynne Weiss . "Effectiveness of Virtual Reality for Teaching Street-Crossing Skills to Children and Adolescents with Autism. . 7 (1), January 2008." *International Journal of Disability Development and Education* 7, n. 1 (2008): 49-56.

ragazzi ha, tuttavia, migliorato le *performance* nel passaggio tra la fase A e B con una notevole riduzione degli incidenti e dei tempi decisionali. Alcuni di loro hanno mostrato miglioramenti anche nella vita quotidiana migliorando il comportamento in termini di sicurezza nell'attraversamento stradale. I ricercatori hanno osservato una progressiva riduzione nella reiterazione meccanica di alcune azioni durante l'evolversi dell'esperimento, quest'aspetto è probabilmente connesso alla riduzione del numero di incidenti in assenza di semaforo, probabilmente dovuto ad una maggiore attenzione, consapevolezza e valutazione personale del pericolo. Il tema della sicurezza personale è uno dei più sentiti, in quanto produce un impatto sostanziale nella qualità della vita e pertanto, viene ripreso in più momenti.

Nel 2015 una delle rare ricerche italiane in questo settore di studi si occupa nuovamente di attraversamento stradale. Lo studio è sviluppato dal Dipartimento di ingegneria informatica e robotica dell'Università di Genova su sette giovani dai 10 ai 29 anni con diagnosi *ASD*. Il fatto che stavolta il gruppo di ricerca faccia un accenno ad alcune considerazioni spaziali, fa pensare a scelte non casuali, ma con un preciso orientamento progettuale orientato al realismo. L'obiettivo della ricerca, infatti, non è solo quello di capire se le ambientazioni virtuali possano offrire un adeguato spazio di apprendimento per persone autistiche, ma anche valutare se sia o meno proficua in tal senso, un'ambientazione estremamente fedele alla realtà. Dall'osservazione delle immagini, infatti, si può verificare un elevato livello di dettaglio, non solo nella struttura formale degli elementi che compongono la scena, ma anche nei loro aspetti figurativi, *texture*s, cromatismi e negli effetti di illuminazione globale che appaiono con un buon grado di naturalezza. Anche la morbidezza nei contorni delle ombre portate (raramente presenti in questo tipo di ambientazioni) e diversi gradienti di intensità luminosa, collaborano al senso di naturalezza e di tridimensionalità spaziale oltre al fatto che tutti i percorsi sono visualizzati con inquadratura soggettiva.

I partecipanti vengono introdotti all'uso dei dispositivi, con una fase di familiarizzazione, nella quale vengono date istruzioni e si ha modo di acquisire la corretta gestualità per la navigazione in ambiente virtuale. Durante questo primo momento di *training*, i terapisti hanno modo di valutare i diversi quadri clinici che comportano reazioni differenti oltre a diverse modalità percettive e dinamiche. Uno dei ragazzi ad esempio manifesta problemi nella comprensione delle profondità. I ricercatori non specificano se tali difficoltà siano dovute a caratteristiche dell'apparato visivo/cognitivo del ragazzo o se tali problemi possano essere in qualche modo connessi a

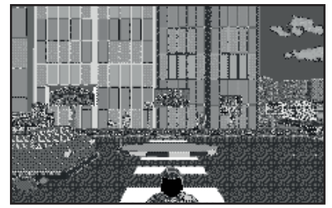


Fig.82. Univeristà di Israele, 2008: un fotogramma che mostra la scena urbana.

Fig.83. Università di Genova, 2015: un fotogramma del video *VR* ambientato in uno scenario urbano.

caratteristiche inerenti alle modalità di rappresentazione dello spazio, ma specificano che tale *deficit* ha comportato l'esclusione del partecipante dal programma[88]. Le scene restano inanimate nelle prime fasi, per includere progressivamente nelle successive fasi, elementi di disturbo: persone in movimento, animali e rumori stradali. Il primo percorso è quindi semplificato da un ridotto quantitativo di *input* percettivi e da un tragitto stradale più breve, privo di segnaletica e semafori. L'inserimento del semaforo comporta un incremento del grado di complessità, dovendo riconoscere il corretto segnale luminoso prima di attraversare (Fig.83).

Come negli studi analoghi, il grado di errore viene valutato, prima e dopo le esercitazioni, rilevando una serie di azioni preliminari all'attraversamento: osservare da entrambe le direzioni, aspettare il verde del semaforo, camminare sul marciapiede o attraversare in corrispondenza delle strisce pedonali. A differenza di quanto comunemente dichiarato nelle pubblicazioni delle ricerche, stavolta gli autori non riportano cambiamenti si-

88 Cfr. Saiano, Mario, et al. "Natural interfaces and virtual environments for the acquisition of street crossing and path following skills in adults with Autism Spectrum Disorders: a feasibility study" *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2015: 1-13.

gnificativi nel comportamento successivo al trattamento, facendo notare come, per avere un quadro più completo dei risultati, le osservazioni dovrebbero protrarsi oltre la fase di esercizio. L'unico sostanziale incremento è stato notato nella risposta ai segnali del semaforo, facendo intuire come, le persone con *ASD* rispondano meglio a *input* visivi sottolineati da colori semplici e molto evidenti piuttosto che a indicazioni meno marcate come il camminare sul marciapiede o guardare da entrambe le direzioni prima di attraversare. Un più chiaro miglioramento si è riscontrato nella tendenza a ridurre atteggiamenti stereotipati durante il programma, aspetto che può indurre a sperare in un'acquisizione di competenze che non preveda esclusivamente la sequenza meccanica di azioni. Tuttavia, un altro limite evidenziato è stato il ridotto numero di utenti coinvolti, che non ha consentito di ampliare la casistica diagnostica su cui effettuare le osservazioni. Ancora una volta, come sempre a conclusione dei *report* in questo ambito di ricerca, si auspicano approfondimenti attraverso nuove esperienze di studi.
Un altro tema spesso approfondito dalle ricerche statunitensi, nell'ambito delle *life skills*, è quello della guida. Più di una ricerca ha analizzato le potenzialità di simulatori in realtà virtuale per l'istruzione alla guida, in quanto si pensa che persone con *ASD* possano avere una percezione diversa del pericolo. Ad esempio, non è scontato che essi identifichino correttamente gli ostacoli o i pedoni come rischi per eventuali incidenti[89].
Nel 2017 uno studio delle Università di Virginia (USA), Iowa (USA) e Hasselt (Belgio), rifacendosi a studi precedenti, ha osservato il comportamento di giovani *ASD* a confronto con ragazzi neurotipici, con l'obiettivo di valutare l'efficacia degli ambienti virtuali per l'acquisizione di un corretto comportamento di guida. Già nel 2015 un precedente studio dell'Università del Tennessee aveva messo a punto una sperimentazione analoga, finalizzata non solo all'esercizio della pratica automobilistica, ma anche allo studio delle modalità e durata di reazione oltre che all'osservazione dei *target* visivi. In entrambi le ricerche è stato fondamentale l'uso dell'*eye tracking* per individuare tempi relativi alla fissità dello sguardo e quindi comprendere il comportamento ottico durante un'azione impegnativa che richiede di focalizzare l'attenzione su precisi riferimenti. La ricerca del 2017 suggerisce che, anche durante la guida, il processo di attenzione di persone *ASD* può essere diretto in maniera generica, non concentrato specificatamente sui

89 Cfr. Cox , Daniel J, et al. "Can Youth with Autism Spectrum Disorder Use Virtual Reality Driving Simulation Training to Evaluate and Improve Driving Performance? An Exploratory Study." *Journal of Autism and Developemental Disorders* 47 (2017): 2544- 2555.

pericoli della strada, diversamente da quanto accade in persone neurotipiche. Inoltre, a questo si aggiunge la ridotta possibilità, in alcuni casi di autismo, a monitorare tutti i campi visivi rilevanti durante la guida[90]. Usando l'*eye tracking* si è potuto constatare che, quando l'autista viene distratto, ad esempio da un cellulare, la sua attenzione si concentra maggiormente sul percorso da svolgere, tralasciando altre informazioni a contorno, come ad esempio il traffico, i pedoni ecc. Questo accade indifferentemente a persone con e senza sindrome *ASD*, ma in maniera più incisiva in questi ultimi. Uno studio di Wade et al. del 2014 ha confermato questi risultati, riscontrando che lo sguardo di un gruppo di autisti adolescenti *ASD* aveva un'altezza maggiore in direzione verticale e verso destra, in direzione orizzontale, durante la simulazione di guida[91]. Gli autistici, quindi hanno maggiori difficoltà a mantenere l'attenzione su un obiettivo specifico e a coordinare le loro risposte visuomotorie.
Entrambi gli studi infatti hanno riportato problematiche inerenti al controllo dello sguardo, la scansione visiva, la capacità di mantenere la direzione di movimento, il controllo della velocità e l'adattamento agli stimoli[92]. Lo studio del 2016 ad esempio ha evidenziato che, anche *input* visivi deputati alla sicurezza possono sortire l'effetto opposto: il semaforo, ad esempio, costituisce un forte attrattore visivo e la prolungata osservazione, in taluni casi, è stata causa di errori[93].

4.3.3. *VR* per l'apprendimento delle *social skills e interaction*

Dal 2000 al 2005 il gruppo *VIRART* introduce una serie di esperienze a supporto dell'interazione sociale di persone con diagnosi *ASD*. Il progetto *Asperger's Syndrome (AS) Interactive*, che ha esaminato la sostenibilità della *VR* e del *VE* come supporto all'apprendimento di adolescenti e adulti, è condotto da Cobb e dal gruppo di ricerca, nel 2002. Anche in questo caso il progetto è il risultato di una collaborazione tra la comunità, la *UK National Autistic Society (NAS)*, professionisti dell'educazione autistica, specialisti del settore, e altre scuole di Nottingamshire (UK) specializzate in bisogni speciali. Clancy rileva che l'Ambiente virtuale può essere un *medium* ideale

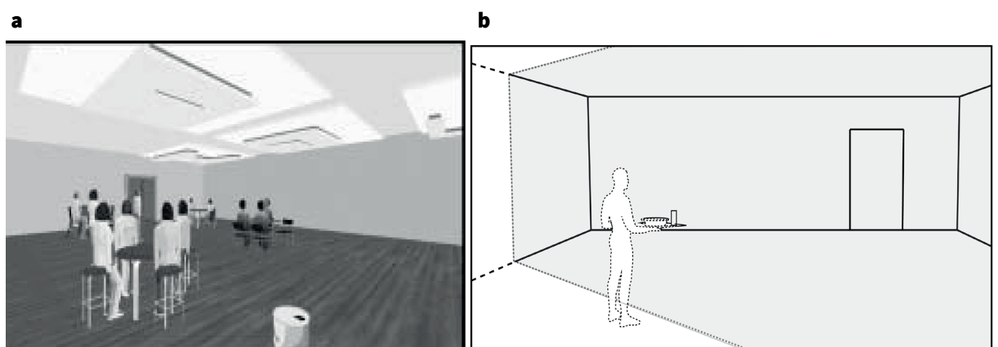
90 Cfr. *ibidem*.
91 Cfr. *ivi*, p.2546.
92 Cfr. *ibidem*.
93 Cfr. Wade, Joshua William. "Design and Evaluation of a Virtual Reality Adaptive Driving Intervention Architecture (VADIA): Applications in Autism Spectrum Disorder." *Thesis Submitted to the Faculty of the Graduate School of Vanderbilt University in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE in Computer Science.* Nashville , Tennessee, December 2015.

EXPERIMENTS ABOUT LIFE SKILLS						
AUTORS	AIM	STEPS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	RESULTS
Strickland D. (1996) Chapel Hill School of Medicine. University of North Carolina, (USA)	Crossing the street without help	Preliminary Helmet Acceptance Recognizing and tracking common object in a VE Locating objects and moving towards them	n.2 with ASD 7-9 years-old	ProVision 100 VR Tracker Polhemus FASTRAK HMD Risolution 345x259 pixels	OUTDOOR A simplified street scene	Good adaptation to helmet Children identified objects and moved toward them One child had problems to locate the stop sign in the virtual space.
VIRART PROJECTS Meakin et al. (1998) Brown et al. (1998) Cobb et al. (1998) Brown et al. (1999) Quoted in: Parsons et al.(1996) Cobb Sue (2007)	Developing the ability to make simple decisions	Locating objects and moving towards them Interacting with avatars Making choices (where sitting, what buying, how paying)	SLD (severe learning difficulties) Students 16 years old With teachers	Joystick Mouse Keyboard	INDOOR House Bus Cafè Supermarket	Benefit to performance and good usability Good understanding of visual targets Specialist VR-control devices are not suitable for students with SLD as they were too sensitive and difficult to control
Josman N. et al . (2008) University of Haifa, Department of Occupational Therapy, Faculty of Social Welfare and Health Sciences, Mount.	Crossing the street	Setting a range scale to evaluate safe behavior Testing the baseline performance of users Individual training	n.12 6 ASD 6 ND	Superscape's 3D Webmaste on a Pentium 3 desktop computer	OUTDOOR Urban street: sidewalk, traffic light, car road.	Improving in functioning while operating the VE One participant has difficulty in understanding the functionality of the VE. More accidents occur at the traffic light crosswalk
Strickland et al. (2013) University of Atlanta, North Carolina State University, USA)	Helping with job interview	Job interview simulation	n.22 Asperger 16-19 years old	VR, Videos on VenuGen 4 platform	INDOOR Office	Good sense of immersion. Authors report an improvement of language during the interviews
Wade W. J. (2015) Graduate School of Vanderbilt University. Nashville, Tennessee, (USA)	Acquiring driving skills	designing a model watching a tutorial and calibrating eye tracking familiarization: three minutes free training, no objects in the scene exercise phase, reaching the goal in different levels of difficulty observation, keeping the results reaction time, observation, ability in driving, errors	n.7 ASD t 16 Years old 7 TD	CityEngine. Autodesk Maya, Unity3D with Logitech G27 driving controller. Monitor, steering wheel with controls for driving control	OUTDOOR Urban environment (roads, traffic lights, buildings)	People with ASD report more errors: the eye tracking puts in evidence their natural inclination to long lasting gaze on details as for example the traffic lights.
Saiano M., et al. (2015) Department Informatics, Bioengineering, Robotics and	Understanding if realism helps learning in DSA people	Familiarization phase Subsequent training phase, participants had to follow road signs and to cross	n.7adults with ASD	VE based on NeuroVR 2.0 Microsoft Kinect for recording	OUTDOOR City (buildings, sidewalks, streets, squares)	One case with impairment in deep perception is excluded by the experiment. Some difficulties in learning
Systems Engineering, University of Genova		streets with and without traffic lights		Full-body movements		gestures required to interact with VE. Some subjects could not complete all tasks Decreasing in crossing with red or yellow No significant changes in other errors
J. Cox D. et al. (2017) University of Virginia, University of Iowa (USA), Hasselt University, Belgium	Understanding if VE can be a space for driving training Observing visual and physical reaction during training	Driving training	n.51 ASD	Driver Guidance System (DGS-78) VRDS	OUTDOOR Urban environment (roads, traffic lights, buildings)	During simulated driving, worst results on: lane maintenance, visual scanning, speed regulation, signaling, and adjusting to stimuli

Tab.3 Esperimenti sulle *life skills.*

attraverso il quale persone con *ASD* possono apprendere abilità comportamentali. In particolare, l'uso multiutente dello stesso ambiente ha consentito di stimolare l'interazione interpersonale.
A tale scopo gli scenari vengono realizzati seguendo due diverse pratiche: la *SVE* (*self virtual environment*) e la *CVE* (*collaborative virtual environment*). La prima interfaccia è monoutente, predeterminata e consente una limitata gamma di risposte entro un *range* stabilito, la seconda invece è multiutente e può presentare situazioni non strutturate nelle quali ogni utente è libero di interagire con gli altri e prendere decisioni.
L'esperimento di Cobb, nel 2002, apre la strada ad una serie di studi sulla comprensione di contesti sociali ambientati all'interno di un caffè virtuale e che si basano sull'uso della *CVE. Avatar*, oggetti e spazio virtuale sono molto schematici e quasi privi di caratterizzazione superficiale; quest'aspetto potrebbe essere in parte legato alle caratteristiche di una tecnologia esordiente e non pienamente implementata dal punto di vista grafico, ma potrebbe essere anche dettato da precise scelte progettuali in quanto, gli autori descrivono una certa sofisticazione nella gestione degli aspetti inerenti alla navigazione e l'impostazione dei punti di vista. Ad esempio, è consentita una certa flessibilità nello svolgere le azioni e nel percorrere gli spazi, scegliendo tra diversi tracciati e differenti tipologie d'inquadratura: soggettiva anteriore (altezza occhio, Fig.84), posteriore (dietro il proprio *avatar*, visualizzandone le spalle Fig.85), guardare frontalmente il proprio *avatar* oppure in prospettiva dall'alto[94] (Fig.86). La possibilità di cambiare punto di vista influenza l'approccio dell'utente nelle relazioni con il *VE* (come lo stesso team di ricerca fa notare); intervenendo su fattori come il senso di immersione, di naturalezza e l'orientamento, si modifica infatti anche l'attitudine dell'utente a recepire la *VR* come spazio di apprendimento e relazione e a interpretarlo come una replica della realtà[95].
Un valido supporto nella comprensione dello scenario sociale, è la possibilità di orientare lo sguardo verso l'*avatar* che sta parlando, indipendentemente dai movimenti del corpo, in modo da agevolare l'identificazione della sorgente audio[96]. È possibile anche incrementare le informazioni relative alle dinamiche della scena, attraverso una serie di espedienti grafici come, ad esempio, cerchiando il volto dell'*avatar* mentre sta parlando in modo da segnalare il soggetto della comunicazione. Tali attributi, asso-

94 Cfr. Cobb, Sue Valerie Gray, Luke Beardon, e Rich Eastgate. "Applied Virtual Environments to support learning of Social Interaction Skills in users with Asperger's Syndrome." *Digital Creativity* 13, n. 1 (2002).p.17.
95 Cfr. *ivi*, p.18.
96 Cfr. *ivi*, p.17.



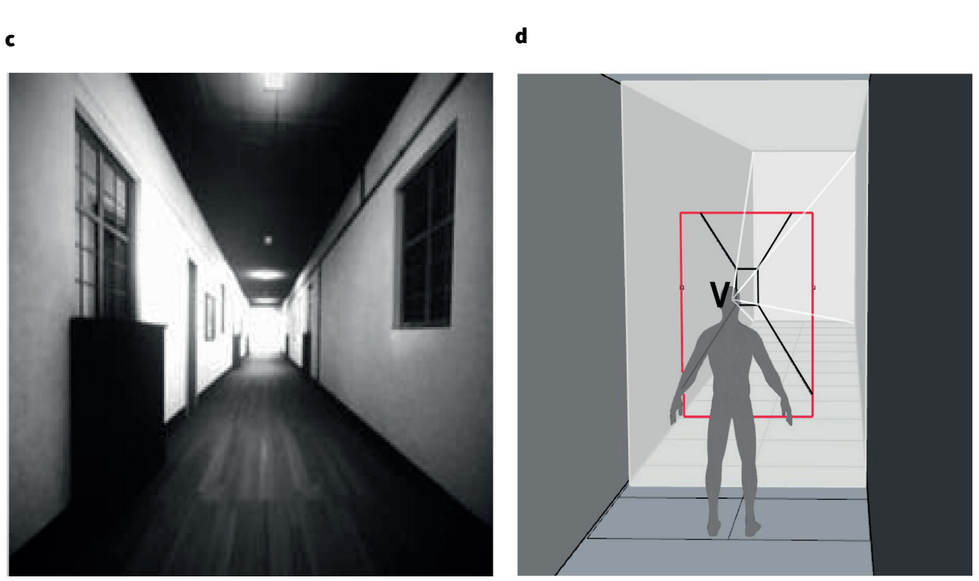


Fig.84. . Due esempi di Inquadratura soggettiva anteriore. **a.** Sue Cobb, 2002: inquadratura del caffè virtuale da un punto di vista sogettivo anteriore. **b.** Lo schema spaziale mostra il quadro prospettico posto tra l'*avatar*, che coicide con il punto di vista, e all'ambiente rappresentato in *VR*. **c.** Wallace, 2010: vista di un corridoio con inquadratura soggettiva anteriore. **d**. Schema con l'osservatore in posizione centrale rispetto al quadro prospettico e all'ambientazione *VR*.

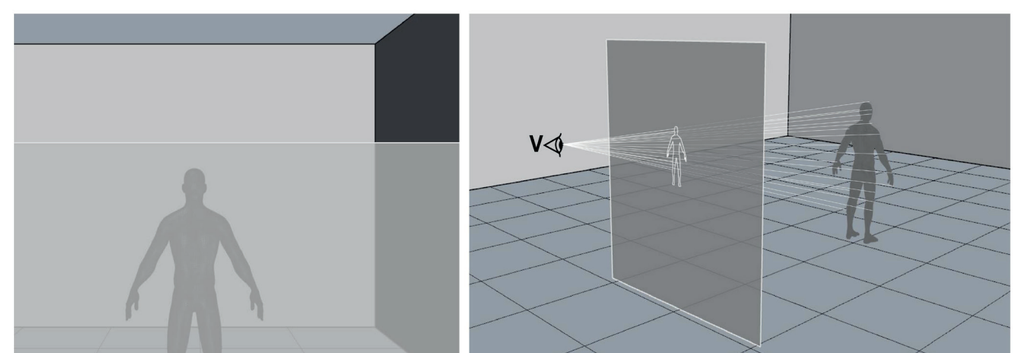


Fig.85. . Esempi di visualizzazione soggettiva posteriore. Lo schema spaziale mostra la posizione il quadro prospettico alle spalle dell'*avatar*. La posizione dell'*avatar* e del punto di vista non coincidono.

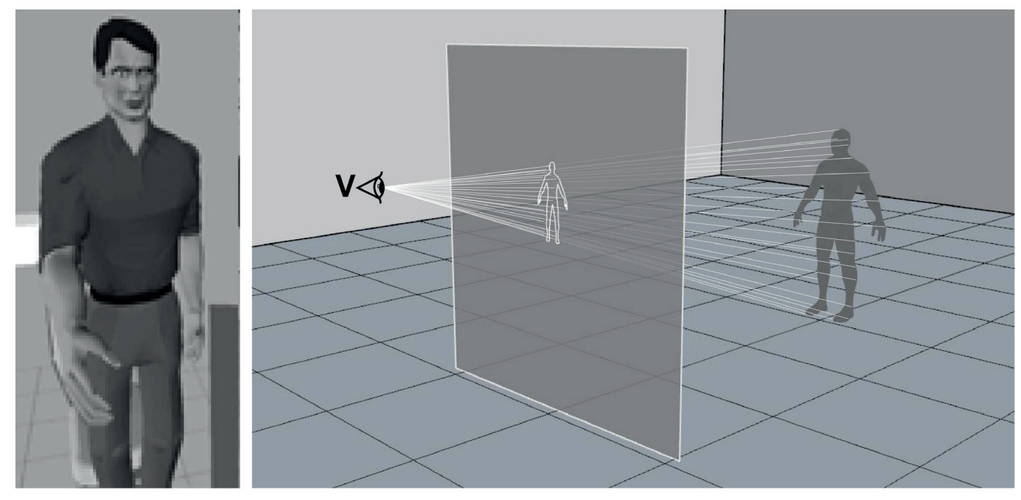


Fig.86. Esempio di inquadratura frontale rispetto al proprio *avatar*. Lo schema mostra la posizione del quadro prospettico interposto tra il punto di vista e l'*avatar* che, a sua volta è rivolto frontalmente al quadro.

ciati a strumenti di controllo come quello dell'*eye traking*, che consente di individuare la direzione dello sguardo, permettono di valutare l'efficacia delle azioni messe in atto e il valore di ciascuna componente figurativa introdotta come supporto comunicativo. Inoltre, la piattaforma utilizzata, *Eastgate 2001* consente l'integrazione di una doppia interfaccia ovvero un'ambientazione 3D con area di dialogo 2D per le istruzioni e la selezione delle opzioni (Fig.87).
Sebbene la maggior parte delle azioni siano state svolte correttamente al primo tentativo, alcune operazioni si sono rivelate più difficili, ad esempio: selezionare un posto dove sedersi, interagire con l'interfaccia 2D per attivare la conversazione e la navigazione nello spazio in fase di allontanamento dal tavolo. Quest'ultimo aspetto potrebbe essere letto come mancanza di un preciso *target* direzionale per lo spostamento, che in fase di avvicinamento è costituito, appunto, dal tavolo stesso. Gli altri problemi sono stati attribuiti alla difficoltà di gestire due dispositivi alternativamente: il *mouse* per la selezione delle opzioni e il *joystick* per lo spostamento, oppure ad una difficile individuazione dell'area su cui cliccare. I ricercatori concludono che si tratta essenzialmente di problemi legati all'inesperienza nell'uso di sistemi interattivi, pertanto, prevedono una fase di familiarizzazione nei successivi studi. Tuttavia, analizzando i dati riportati dobbiamo concludere che le difficoltà non si risolvono tutte nello spazio d'uso dei *controllers,* ma sussistono anche aspetti legati alle tipologie di visualizzazione. Viene infatti esplicitata una incapacità nel recepire la fisicità e l'ingombro del proprio *avatar*, che porta, nella fase iniziale, a una serie di scontri. Il problema, individuato proprio nella ripresa anteriore all'osservatore e nell'impossibilità di visualizzare gli oggetti manipolati, viene superato posizionando il punto di vista appena dietro la testa dell'*avatar*, soluzione che, tuttavia, non si rivela essere risolutiva sotto tutti i punti di vista, in quanto sembra generare confusione nell'interazione con gli altri. Si adotta quindi un ulteriore espediente, ovvero quello di so*vr*adimensionare lo spazio dell'ambientazione. Osservando le immagini, sembrerebbe che questa soluzione possa generare un effetto di svuotamento sebbene essa venga considerata di efficace supporto alla navigazione[97] (Fig.88).
Tuttavia, se intervenendo su un fattore ottico, quale la dilatazione dello spazio mediante l'uso di obiettivi grandangolari, si può risolvere un problema percettivo, come la compromissione propriocettiva, tale soluzione potrebbe causare difficoltà nel confronto tra la propria fisicità e lo spazio fisico, qualora l'esperienza virtuale miri ad anticipare un'esperienza in

97 Cfr. *ivi*, p.18.

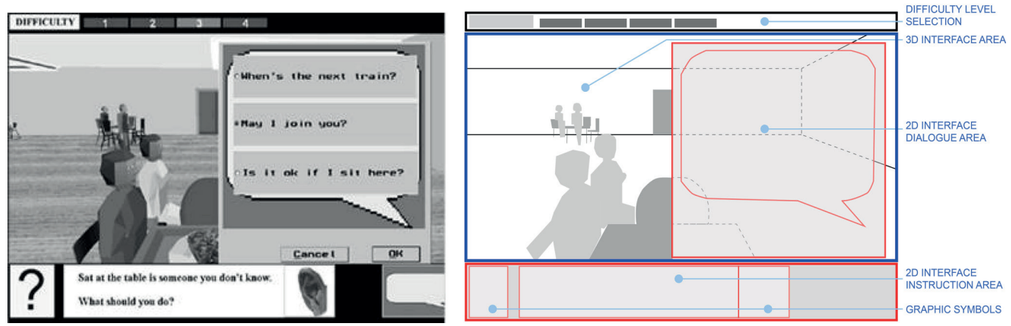


Fig.87. Sue Cobb, 2002: esempio di interfaccia e schema esemplificativo del *Collaborative Virtual Environment*.

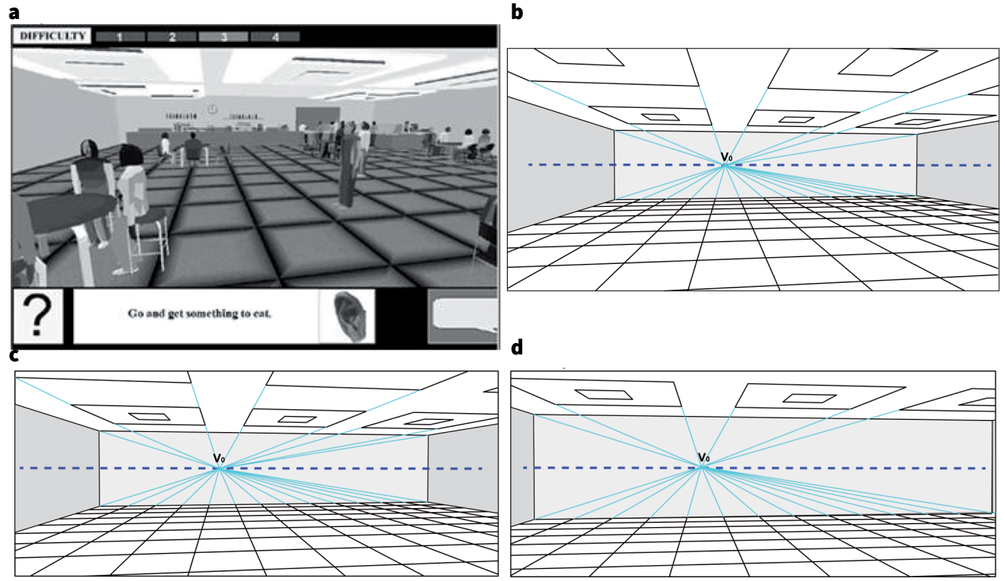


Fig.88. **a.** Sue Cobb, 2002: il caffè virtuale inquadrato dal punto di vista dell'utente. **b.** Schema spaziale con lunghezza focale di 28mm. **c.** Schema spaziale con ipotesi di lunghezza focale di 35mm. **d**. Schema spaziale con ipotesi di lunghezza focale di 50mm.

vivo. Anche la gestione degli oggetti può comportare difficoltà operative qualora il loro comportamento sia inusuale (oggetti sospesi a mezz'aria o oggetti afferrabili a distanze irreali). Pertanto, si giunge a conclusione che un maggior realismo nei metodi di gestione delle azioni, possa agevolare l'apprendimento di persone autistiche.
In particolare, nell'ambito delle convenzioni sociali, la ricerca ha evidenziato come le persone *ASD* abbiano difficoltà nella comprensione degli spazi individuali, non riuscendo a discernere tra atteggiamenti opportuni e inappropriati, anche se, in alcuni casi, gli atteggiamenti incongrui vengono attribuiti alla consapevolezza di agire in uno spazio irreale e quindi privo di conseguenze.
Mitchell, Parsons e Leonard sviluppano un esperimento analogo nel 2004 rivolto ad adolescenti con sindrome di Aspergher, con lo scopo di valutare la comprensione delle convenzioni sociali in un ambiente virtuale. Secondo Mitchell, Saltmarsh e Russell, la consueta predisposizione delle persone autistiche all'interpretazione letterale delle situazioni vissute può porre dei limiti all'efficacia didattica degli ambienti virtuali, pertanto, l'obiettivo iniziale è quello di comunicare loro la differenza tra spazio di apprendimento virtuale e spazio della vita reale[98]. I ricercatori partono dal presupposto che, se i partecipanti interpretano correttamente la *VR* come rappresentazione dello spazio, ci sono buone possibilità che essi non assumano letteralmente la lettura dei comportamenti dei personaggi nelle scene.
Parsons dà una sommaria descrizione degli spazi, specificando che il livello di dettaglio cresce nel passaggio tra diverse fasi del programma. Nella prima fase, con scopo puramente adattivo, la rappresentazione dell'ambiente si traduce in un volume parallelepipedo interamente grigio. Le differenze cromatiche consentono di distinguere la discontinuità tra i piani e quindi di mettere in evidenza gli spigoli che, pertanto, costituiscono l'unico indizio prospettico, in assenza di altri riferimenti spaziali e di effetti d'ombra. La lettura della profondità di campo è ottenuta, pertanto, mediante due espedienti grafici applicati alle linee di contorno: deformazione, ovvero convergenza del bordo superiore con quello inferiore, e interruzione dei bordi mediante so*vr*apposizione. (Fig.89) In particolare: «la deformazione è il fattore chiave nella percezione di profondità, perché diminuisce la semplicità e aumenta la tensione nel campo visivo, creando quindi il bisogno di semplificazione e di allentamento della tensione: bisogno che

98 Crf. Parsons, Sarah, Peter Mitchell, e Anne Lancaster. "The Use and Understanding of Virtual Environments by Adolescents with Autistic Spectrum Disorders" *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2004: 449-466.

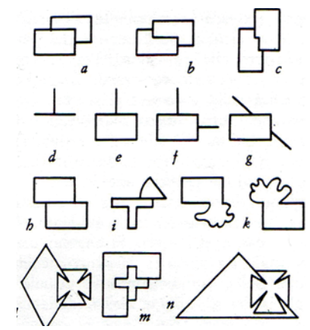


Fig.89. .Rudolf Arnheim, 1997: indizi di profondità tramite so*vr*apposizione.

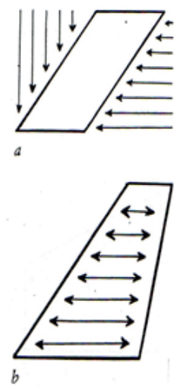


Fig.90. Rudolf Arnheim, 1997: indizi di profondità tramite deformazione.

si può soddisfare, in determinate condizioni, trasferendo la forma nella terza dimensione»[99] (Fig.90). L'ambiente, è sempre trattato come un fondale neutro, e non fornisce ulteriori informazioni spaziali, come ad esempio distanza, posizione o direzione. Il percorso, infatti, è privo di arredi o altri oggetti e la direzione del movimento è pertanto, indicata da frecce bianche sulle superfici verticali. L'estrema semplificazione di questa fase grafica è funzionale al riconoscimento di alcuni simboli grafici che, da lontano, appaiono come rettangoli verdi, mentre sono chiaramente identificabili a distanza ravvicinata (Fig.91).
Lo scopo è quello di selezionare le icone con un preciso ordine sequenziale, comunicato preventivamente al partecipante. L'estrema nitidezza dell'impianto grafico agevola lo svolgimento delle operazioni che, in questa fase sono superate con estrema facilità da tutti gli utenti. Una volta passata la fase di familiarizzazione con il programma, i partecipanti possono accedere alle esperienze ambientate nel caffè virtuale, progettate per supportare l'apprendimento di abilità quotidiane. Lo stesso autore spiega che in questo passaggio, l'incremento di complessità dell'ambiente è dettato dall'obiettivo di aumentare il livello di difficoltà delle azioni da svolgere[100]. Pertanto, non solo si applicano *texture* sofisticate alle superfici e si eleva il grado di dettaglio delle immagini, ma lo spazio si anima di personaggi con i quali l'utente dovrà interagire per portare a termine le esercitazioni. Gli elementi dell'ambientazione, quindi, possono essere interpretati sia come *target* visivi che come agenti di rumore percettivo (Fig.91).
È interessante osservare come, a un incremento dei contenuti figurativi della scena, deve corrispondere un'adeguata azione di rinforzo visivo sui *target* da mettere in evidenza. Non basta più in questo caso la semplice definizione dell'immagine in avvicinamento come nella prima ambientazione; gli oggetti da selezionare diventano lampeggianti per distinguersi dalla vasta gamma di immagini che non attivano alcuna interazione. Le azioni richieste in questa fase sono: 1) sedersi a un tavolo, 2) ordinare selezionando le opzioni da un menù, 3) pagare, 4) ordinare sedendosi al bancone del bar, 5) pagare. Ciascuna delle azioni richiede un certo numero di passaggi che a loro volta implicano in diversa misura varie competenze: comunicazione, interazione, navigazione. Una volta completato il percorso e le esercitazioni, il partecipante osserva il filmato di una scena reale che riporta le stesse condizioni dell'esperienza simulata con l'intento di stimolare il riconoscimento delle analogie tra le due realtà. A tale scopo l'ambienta-

99 Arnheim, 1997, op.cit. p.215.
100 Cfr. Parsons, 2004, op.cit.

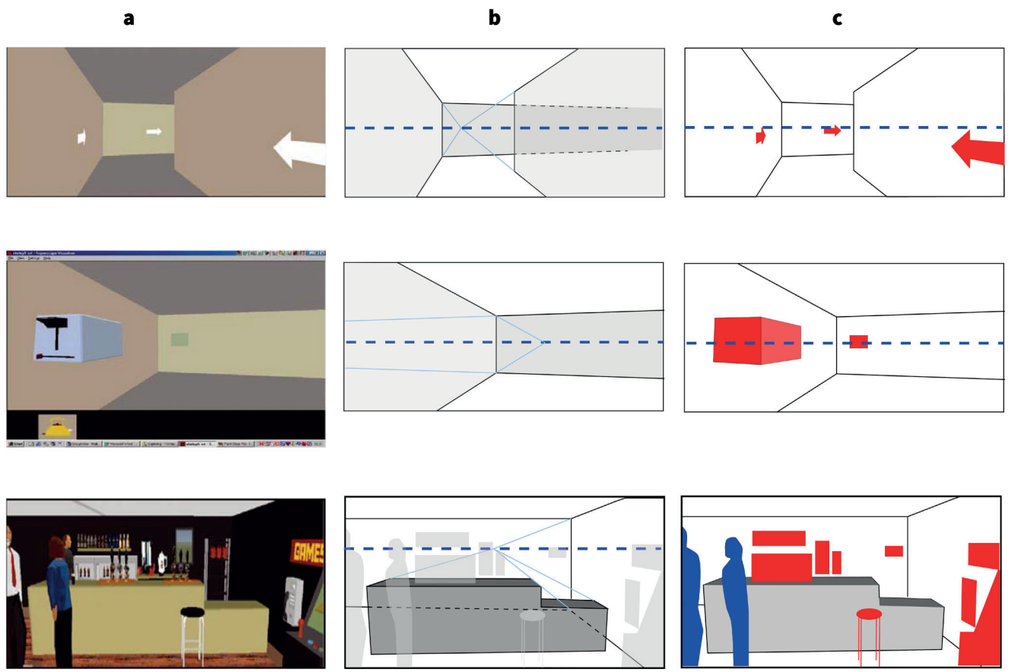


Fig.91. . *VIRART*, 2004. **a.** Tre differenti fasi dell'esperimento: training, riconoscimento degli oggetti, interazione. **b.** Schemi con i principali indizi spaziali di deformazione e sovrapposizione. **c.** Le indicazioni di movimento e i *target* da individuare e afferrare nello spazio *VR* sono collocati ad altezza d'occhio dell'utente; quando i *target* sono inseriti in un contesto affollato, possono essere interpretati sia come *target* che come elementi di disturbo.

zione del filmato si svolge nelle stesse condizioni ambientali della realtà virtuale[101]. Gli esiti della ricerca hanno evidenziato progressi più incisivi per ragazzi con basso funzionamento rispetto agli allievi con minori *deficit* cognitivi per i quali il *gap* di competenze tra l'inizio e la conclusione dell'esperienza è contenuto. Questo dato genera ottimismo nelle possibilità di impiego della realtà virtuale, in quanto la maggior parte dei partecipanti hanno dimostrato di riuscire ad effettuare una distinzione tra la realtà e la sua rappresentazione.
Nel 2006 il *team* di ricerca ripete l'esperimento con una rielaborazione delle stesse scene[102], ovvero un caffè e un bus virtuali. Anche in questo caso, e come nella prima ricerca di Cobb, gli alunni devono decidere dove sedersi,

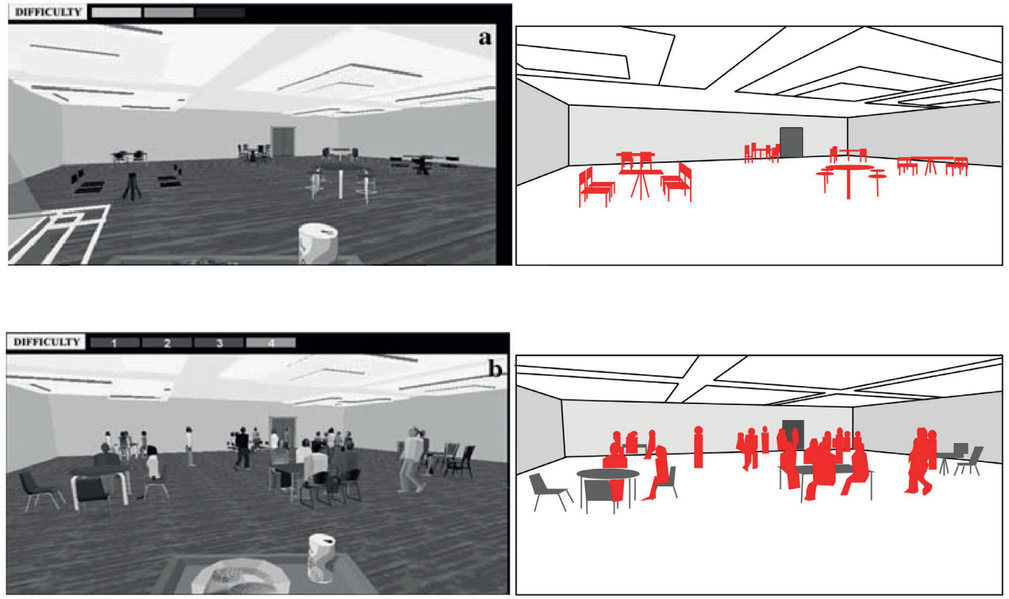
101 Cfr. Klinger, 2005, op.cit.
102 Cfr. Mitchell, op.cit.

controllando i movimenti dei loro *avatar* e prendendo decisioni nella comunicazione con altri personaggi nella scena[103]. Ad esempio entrando nel caffè il ragazzo deve individuare un posto dove sedersi e muoversi verso di esso; in base al livello di difficoltà, è possibile scegliere se sedersi ad un tavolo da soli o con altre persone ma, in tal caso, prima di sedersi bisogna interagire con gli altri selezionando la domanda più opportuna tra quelle proposte in un elenco[104] (Fig.92). In una fase preliminare alla esperienza immersiva, vengono somministrati dei *videoclip* con scenari analoghi a quelli virtuali, ma in contesti reali, chiedendo ai partecipanti quali sarebbero state le loro decisioni sulla scelta del posto a sedere. In tal modo è possibile valutare il comportamento dell'utente in una condizione reale che servirà da parametro per misurare il grado di apprendimento successivo all'esperienza in *VR*. La pubblicazione si concentra prioritariamente sugli aspetti legati all'interazione e al linguaggio, tralasciando qualsiasi dettaglio relativo alla caratterizzazione spaziale e alle modalità di navigazione (punto di vista, inquadratura ecc.). Tuttavia, alcune immagini allegate all'articolo, mostrano la medesima interfaccia utilizzata nell'esperimento di Cobb del 2002 per il *social cafè*, da cui possiamo dedurre che siano state adottate le stesse impostazioni. Per quel che riguarda la scelta dell'inquadratura, non viene specificata la possibilità di variare punto di vista ma, dalle immagini, appare evidente la possibilità di vedere gli oggetti manipolati senza la necessità di spostare il punto di osservazione dietro le spalle dell'*avatar* (fig.92).
La scelta di un punto di vista che consenta di visualizzare gli oggetti manipolati (già resasi necessaria nella prima ricerca) ha probabilmente migliorato il senso di presenza che precedentemente sembrava aver generato difficoltà operative. La prospettiva rimane, tuttavia, settata su una lunghezza focale grandangolare, come nella ricerca del 2002, che ne riduce il realismo con un senso generale di svuotamento della scena dato anche dal sovradimensionamento dello spazio di azione. Sebbene le risposte degli utenti sembrino mostrare un incremento delle capacità decisionali in contesti sociali, l'autore è cauto nell'associare tali progressi a un vero e proprio apprendimento. Potrebbe trattarsi piuttosto di capacità meccaniche legate non tanto alla consapevolezza della dinamica sociale, ma al funzionamento del *software* e acquisite con l'esercizio.
È comunque vero che ogni ambiente stimola capacità differenti, inoltre si

103 Cfr. Cobb, 2002, op.cit.
104 Le istruzioni vengono fornite su una barra nella parte bassa dello schermo e indicano come muoversi nello spazio o come selezionare la sedia per sedersi.

è osservato che hanno maggiore efficacia ambientazioni che trovano un riscontro nel mondo reale piuttosto che scenari astratti come il *Makaton* (cfr. §4.3.4), in quanto esse consentono agli allievi di costruire una loro comprensione del mondo e di reiterare e applicare le competenze apprese in ambiente simulato.
Negli studi riportati sono stati presi in considerazione fattori di usabilità e di interfaccia, spesso implementati grazie a una progettazione partecipata. È il caso più recente di un esperimento della Università di Chicago che, nel 2017, utilizza l'interazione con *avatar* virtuali per sottoporre giovani autistici a differenti scenari sociali al fine di incrementarne quelle che vengono definite *SIP, Social Information Processing*. Più sviluppate sono le *SIP* e migliore è interazione sociale, ovvero meno aggressiva e più incline alla familiarizzazione; competenze che non riguardano solo persone con sindrome *ASD* ma, in più generale anche bambini neurotipici. Il *team* di ricerca usa, per lo sviluppo delle ambientazioni e dei personaggi, la piattaforma *VESIP*, che consente la modifica dei caratteri relativa ai personaggi, all'interno di una gamma di opzioni precostituite. Nonostante

Fig.92. Sara Parsons, Peter Mitchel, Anne Leonard, 2006: **a-b** inquadratura della stessa ambientazione *VR*, un bar, con due diversi livelli di difficoltà. A destra, schemi spaziali: la maggiore difficoltà delle esercitazioni proposte in ambiente *VR* è determinata anche dall'incremento degli oggetti all'interno della scena.



la scelta avvenisse entro una gamma di caratteristiche predeterminate, è stato osservato un incremento del coinvolgimento emotivo nella possibilità di scelta e personalizzazione del personaggio[105]. Tuttavia, non esistono linee guida uniche e generalizzabili in quanto la casistica è estremamente varia, inoltre Neal, Cobb and Kerr auspicano la compartecipazione di diversi *stakeholdders* tra cui gli stessi docenti. Le ricerche condotte da *VIRART* negli ultimi quindici anni hanno infatti confermato l'importanza del fattore umano e dei principi dell'interazione uomo-macchina nella progettazione delle applicazioni delle nuove tecnologie. Anche Sarah Parsons sottolinea come l'interazione tra discenti e macchina debba essere mediata da persone e a tal proposito porta ad esempio una ricerca del 2017 per l'interpretazione dei sentimenti attraverso le espressioni facciali di *avatar*. Parsons, in questo caso, attribuisce molta importanza alle caratteristiche grafiche, specificando come, la risposta dei bambini autistici cambi in relazione alla tipologia figurativa dei personaggi rappresentati. In particolare, secondo Parsons, la natura degli stimoli usati nel suggerire le risposte sociali da parte dei partecipanti *ASD* influenza il loro giudizio che a sua volta differisce da quello di persone neurotipiche[106]. Per esempio, partecipanti con *ASD* intergiscono diversamente se i personaggi hanno un aspetto fotografico, sono simili a cartoni animati, ad *avatar* 3D, se sono dinamici o statici[107].
Nell'esperimento, i volti degli *avatar* vengono presentati come quadri in una galleria. Mentre lo spazio circostante è totalmente vuoto e asettico, ovvero si comporta come uno sfondo neutro, i volti degli *avatar* sono estremamente realistici e sovradimensionati rispetto alle dimensioni umane, tant'è che il corpo non viene raffigurato nel quadro. Parsons riporta comportamenti analoghi nei due gruppi, neurotipico e in quello *ASD*, con una buona comprensione delle espressioni facciali in entrambi i casi. È interessante osservare come, un saluto poco amichevole venga percepito come tale anche da persone autistiche, mentre durante un precedente esperimento condotto da Wallace, il loro comportamento era stato poco reattivo e impassibile ai cambiamenti emotivi. Parsons attribuisce questi miglioramenti soprattutto alla mediazione umana nella gestione dei mo-

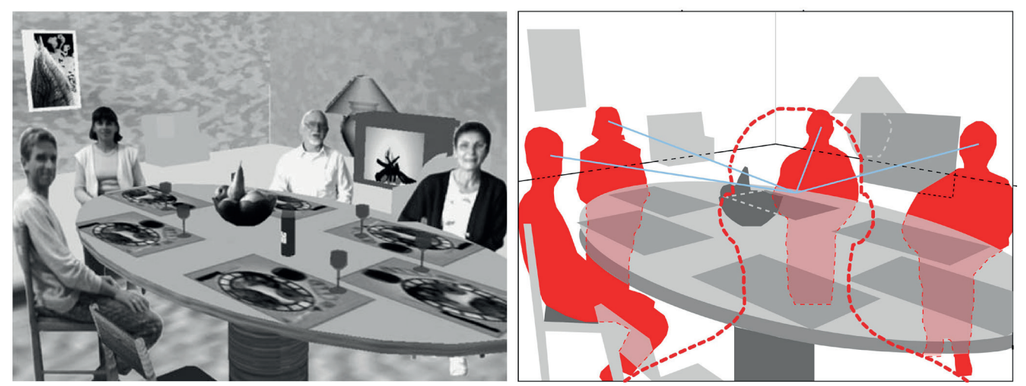
105 Cfr. Ponsaran, Nicole Russo, Clark McKown, Jason Johnson , Jaclyn Russo , Jacob Crossman , e Ilana Reife. "Virtual Environment for Social Information Processing: Assessment of Children with and without Autism Spectrum Disorders." *International Society for Autism Research*, 2017: 305-318.
106 Cfr. Wallace, Simon, Sarah Parsons , e Anthony Bailey . "Self-reported sense of presence and responses to social stimuli by adolescents with autism spectrum disorder in a collaborative virtual reality environment." *Journal of Intellectual & Developmental Disability* 42, n. 2 (2017): 131-141.
107 Cfr. *ibidem*.

vimenti dell'*avatar*, non più pilotato esclusivamente dal computer come nell'esperimento di Wallace.
L'importanza del senso di naturalezza e realismo nell'interazione interpersonale era già stato messo in risalto da studi precedenti come quello di Kandalaft et al. che nel 2012, utilizzando la realtà virtuale per stimolare le competenze sociali e la *Theory of Mind* (cfr. §4.3.5) in persone autistiche, avevano auspicato l'uso di *tracking* anche per la mimica facciale e quindi migliorare il realismo e la naturalezza della comunicazione non verbale degli *avatar*[108]. La fiducia in questo tipo di trattamenti deriva dall'osservazione di miglioramenti significativi nella gestione delle emozioni e nella socializzazione, a seguito di programmi *VR –Social Cognition Training VR-SCT*, dove la stimolazione sensoriale avviene attraverso i le espressioni del volto e l'inflessione della voce.
Un approccio grafico molto esplicito nella gestione le relazioni tra *background* e *target* è quello di una ricerca internazionale, a cui hanno collaborato università francesi, canadesi e svizzere. Dalle immagini si evince come, le scelte figurative che connotano sia l'ambiente che i personaggi, siano accuratamente ragionate sulla base della specificità dell'utenza e degli obiettivi del programma. Questo dato è particolarmente significativo se messo in relazione alle professionalità del gruppo di ricerca, che stavolta, in maniera del tutto inconsueta, includono anche l'ambito dell'immagine. Si tratta infatti di un'eccezione, in cui lo sviluppo dell'apparato grafico non opera su basi precostituite tramite assemblaggio e settaggio di opzioni dettate da *software* di gioco, come spesso avviene, ma è progettato appositamente da un laboratorio grafico: il *GREYC Laboratory* di Caen in Francia, in stretta collaborazione con l'ospedale Sainte-Anne di Parigi[109]. Qui il metodo di ricerca adottato, *VR*T (*Virtual Reality Therapy*), a confronto con i metodi tradizionali *CBT* (*Cognitive Behavior Therapy*), è supportato e veicolato proprio dal particolare approccio legato alla rappresentazione, non solo dello spazio, ma anche dei personaggi che animano la scena, in totale contrasto tra loro[110].
Affrontando una fobia legata ai rapporti interpersonali e alla difficoltà di parlare in pubblico, tutto ciò che partecipa alla dinamica comunicativa è caratterizzato da un forte realismo: persone, sedie e il tavolo centrale attorno a cui si svolge l'azione. È significativo come, in questo caso i ricercatori abbiano ridotto al minimo il peso visivo di qualunque elemento figurativo

108 Cfr. Kandalaft. Op.cit.
109 Cfr. *ibidem*.
110 Cfr. Klinger. Op.cit.

che potesse distogliere o interferire con l'interazione sociale. Al contrario gli astanti non sono rappresentati come schematici *avatar*, ma sono immagini filmiche di persone reali che agiscono sullo sfondo di un ambiente totalmente neutro. In particolare, i personaggi virtuali sono rappresentati da immagini animate in 2D e vincolate ad un asse in modo da essere sempre a favore di camera.
Le immagini, acquisite in vivo con videocamera digitale, sono state poi estrapolate dal contesto reale e inserite nell'ambientazione virtuale. A conferma della particolare attenzione rivolta agli aspetti grafici, per la modellazione 3D, la renderizzazione e tutti gli effetti video, è stato usato uno specifico *software*, *Discreet 3D Studio Max4*, e un altro per le parti interattive e la navigazione, *Virtools*. Quindi, la scelta di un ambiente virtuale estremamente semplificato è voluta: dettata da ragioni progettuali, adeguata all'utenza di riferimento e funzionale all'obiettivo da raggiungere. Lo spazio è privo di caratterizzazioni, con *texture* sfocate e pochissimi effetti chiaroscurali, al punto da risultare quasi bidimensionale. Gli indizi di profondità, infatti, sono attribuiti con maggior evidenza agli elementi che entrano in relazione con gli *avatar*: il tavolo e gli oggetti su di esso rappresentati.
In particolare, il piano del tavolo collabora all'interpretazione spaziale, mediante la deformazione del contorno e, in alcuni casi della sua *texture* mentre, gli oggetti che vi appaiono poggiati, rafforzano il senso di profondità prevalentemente mediante riduzione delle dimensioni e sovrapposizione (Fig.75 e Fig.89). Seppure non sempre formalmente coerenti con la rappresentazione prospettica, la regolarità con cui tali sagome rimpicciolisco, favorisce la coerenza dello spazio percepito nei suoi caratteri

Fig.93. Evelyne Klinger, 2005: esempio di un'ambientazione *VR* che rappresenta uno spazio interno. Gli indizi di profondtà spaziale si affidano in prevalenza alla deformazione e alla sovrapposizione dei contorni.



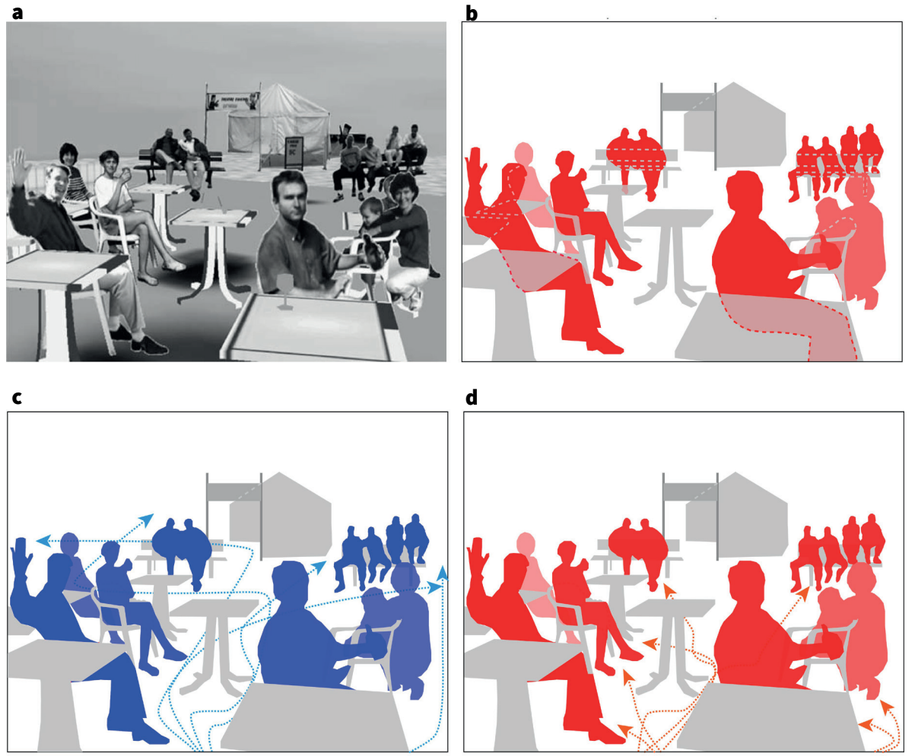


Fig.94. **a .**Evelyne Klinger, 2005: esempio di un'ambientazione *VR* che rappresenta uno spazio interno. **b.** Lo schema spaziale mostra i principali indizi di profondità: deformazione, sovrapposizione e riduzione delle dimensioni. **c.** Ipotesi di percorsi privi di interazione. **d.** Ipotesi di percorsi con interazione, dove le persone costituiscono i *target* direzionali.

tridimensionali. In questo caso, quindi, sono le immagini degli oggetti a generare la percezione dello spazio, mentre i segni grafici relativi al contesto architettonico, sfocati, scarsamente definiti o totalmente assenti, mirano piuttosto a comunicare l'immagine di un fondale anonimo, totalmente privo di distrazioni rispetto al tema sociale.
È ancora la caratterizzazione degli oggetti e la loro collocazione, l'indizio più forte per la lettura della tipologia di spazio, interno o esterno, dal momento che le superfici attribuibili al contesto ambientale non sempre comunicano la loro diversa inclinazione tramite i consueti espedienti grafici: linee di contorno, diversa tonalità e ombreggiatura, *texture*. Così, ad esempio, quando l'azione si svolge in un contesto urbano, non solo si raffigurano panchine e tavolini da bar in luogo di arredo domestico, ma cambia anche l'organizzazione della scena. All'interno la geometria del piano del tavolo guida la disposizione delle sagome antropomorfe (disposte ordinatamente attorno ad un fulcro) e concentra la scena in un'area limitata, attorno al piano ovale. Ciò rafforza l'idea di avere dei confini spaziali che perimetrano l'azione, più di quanto non facciano le *texture* applicate allo sfondo, che, prive di una forte caratterizzazione formale, esercitano una debole azione coercitiva sul piano visivo.
All'esterno, invece, la disposizione casuale di tavoli e sedute, distribuiti nello spazio in ordine sparso rafforza l'idea di un contesto privo di confini-guida, con possibilità di movimento in ogni direzione. Inoltre, la profonda riduzione delle dimensioni degli oggetti rispetto agli elementi di primo piano, implica percettivamente uno sfondamento in profondità in assenza di altri indizi prospettici. Lo studio, condotto su un gruppo di diciotto partecipanti con *deficit* nell'interazione interpersonale, ha mostrato che il programma seguito in ambiente virtuale ha la stessa efficacia dei metodi tradizionali. I risultati relativi all'impiego di ambienti virtuali nel campo delle fobie sociali sono quindi incoraggianti, trattandosi di uno dei *deficit* che maggiormente condiziona la possibilità di una vita autonoma in persone *ASD*. Tuttavia, il gruppo di ricerca specifica che, per giungere a un quadro veridico sull'efficacia di tali metodi è necessario ampliare il campione osservato fino ad un minimo di 200 partecipanti (Fig.93, Fig.94).

4.3.4. *VR* e *special education*

Secondo Brown, Stewart & Mallett gli studi sulla realtà virtuale per l'educazione speciale, sono ancora incompleti, in quanto si sa ancora poco su come applicare tali tecnologie al campo educativo e si teme un apprendimento meccanico e poco consapevole[111]. Come anticipato, una delle principali problematiche nell'apprendimento di persone *ASD* è connesso alla carenza di capacità immaginative, che rendono difficile la comprensione di concetti astratti. Questo è un problema difficile da affrontare in un'aula fisica, dove le possibilità di manipolazione e trasformazione degli oggetti sono limitate. Gli autistici comprendono meglio tutto ciò su cui possono fare esperienze dirette; in taluni casi anche i concetti scientifici sono più facili da apprendere rispetto a concetti astratti[112]. Per questo motivo una delle pratiche didattiche più comunemente utilizzate dalle insegnanti è quella di associare le parole ad oggetti o modellini, tuttavia, questo meto-

111 Cfr. Parsons, 2004. Op. cit. p.590.
112 Cfr. Herrera, 2006. Op. cit.

EXPERIMENTS ABOUT SOCIAL SKILLS						
AUTORS	AIM	STEPS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	RESULTS
Cobb S. et al, 2002) School of Computer Science and Information Technology; School of Psychology, University of Nottingham; National Autistic Society, UK	Appropriate use of personal space Choosing appropriate responses for behavior and communication Dealing with unexpected situations	Prototype creation test and feedback training with ASD and non ASD (entering into the café, select the sitting place, interaction final discussion	n.36 ASDs, and non-ASD 16-18 years old	Double interface 2d - 3d. Desktop monitor mouse	INDOOR Café	Problems in understanding object position in the environment and in the sense of immersion Problems occurred switching from the joystick to the mouse Difficult understanding of interaction Navigation was too fast for some of the users Problems in having a true sense of avatar's body
VIRART PROJECTS Pearsons et al. (2000) Neale et al. (2002) Kerr, Neale, Cobb (2002) Rutten et al. (2003) Quoted in: Parsons et al. (1996) Cobb Sue (2007)	Using CVE (collaborative VE) for Understanding and answering social rules	Moving into the VE controlling avatars' motions Interacting with avatars Making decisions	Teenager and adults SLD and ASD	Joystick Mouse Keyboard	INDOOR Café Interview room	Good understanding of basic difference between VE and videos Appropriate responses Transfer of learning between media but not between contexts
Parsons, Mitchel, Leonard 2004) University of Nottingham, University of Birmingham	Understanding the difference between reality and virtuality in order to interpret social situations	Training environment Recognizing objects in VE Communication, navigation, interaction in VE	n.36 12 with ASD 13-18 years old	Desktop monitor Joystick Mouse Superscape Laptop	INDOOR Virtual café (for exercises) OUTDOOR Building in an outdoor space (for training)	Correct understanding the differences between virtual and real context.
Moore D. et al. 2005-2007), UK Quoted in: M. Bellaniet al., (2011) Parsons et al., (2011)	Understanding of emotions trough avatars' facial expressions	Interaction with avatars	n.34, 18 Asperger, 16 DSA low function 7-16 years old	Desktop monitor mouse	NO ENVIRONMENT Avatars without environment No graphic details about VE	Many users understand avatar facial expressions. Results not verified
John Lester Dallas Center of Brain Healt Quoted in: Gorini et al. (2008) Aresti Bartolome et al., 2014)	Providing an ideal place in Second Life (Brigadoon) for Asperger people Developing social skills by interacting with other people dealing with the same problems	Interacting with other ASD people in VR	Asperger People	On line Second Life Platform	INDOOR/ OUTDOOR Virtual Island with therapeutic rooms No graphic details about VE	Improving in social relations and communication
Mitchell et al. 2006). University of Nottingham, University of Birmingham	Using Virtual Environments for Teaching Social Understanding	Showing 3 videos of a real context and recording answer in order to measuring results after VR (6weeks) Practicing with the devices Training behaviors in social contexts: entering into a café, sitting, interaction with others	n.7 14-16 years old	Desktop monitor. Mouse Superscape Virtual Reality ToolkitTM, VisualiseTM software Joystick, mouse	INDOOR Café Bus No graphic details about VE	One participant with an inappropriate behavior during starting step, was excluded from further program in order to avoid his stress and frustration. Improvement in judgments and reasoning about social conventions Only a participant made social errors in all sessions. The observed gains in social understanding are not evaluable, since the users could have learned how to pass the tasks without understanding the concepts behind them

EXPERIMENTS ABOUT SOCIAL SKILLS						
AUTORS	AIM	STEPS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	RESULTS
Ehrlich et al. 2008). University of Kansas, USA Quoted in: Bartolome A. et al., (2014)	Understanding social conventions	Interaction with avatars	Asperger teenagers	Not reported	INDOOR School No graphic details about VE	Negative responses to the avatars.
Cheng et al. 2010) Quoted in: Bellani M. et al., (2011)	Understanding emotions Imagination development	Interaction with avatars	n.3 7-8 years old	Desktop monitor mouse	INDOOR Classroom and outdoor environment No graphic details about VE	Benefit to performance during experiment.
Kandalaft M.R. et al. 2012) Department of Psychiatry, University of Texas, USA	Understanding emotions trough avatars' facial expressions	Interaction with avatars	n.8 Asperger 18-26 years old	Second Life 2.1 QWERTY Keyboard Mouse Morph Vox TM	INDOOR Office building pool hall fast food restaurant a technology store apartment, coffee house outlet store school OUTDOOR campground, central park.	Improvement in social behavior and conversation.
Ke et al. 2013) Quoted in: Bartolome A. et al., 2014)	Understanding body and facial expressions Improving Communication trough avatars	Interaction with avatars	n.4 ASD High function 4-5 years old	Not specified	INDOOR School, café, birthday party No graphic details about VE	Improvement in communication during the program

Tab.4 Esperimenti sulle social skills.

do ha molti limiti nel mondo tangibile. In un ambiente virtuale, ad esempio è possibile modificare e variare le caratteristiche, fisiche, geometriche e dimensionali degli oggetti, stimolare l'immaginazione necessaria alla comprensione dei concetti astratti, come ad esempio quelli legati alle proprietà dello spazio[113]. I concetti di distanza, posizione relativa, direzione, profondità possono essere tradotti in immagini attive, confrontabili e contestualizzabili secondo varie modalità. Il *Makaton*, ad esempio è un'alternativa linguistica sviluppata dal gruppo *VIRART* e basata essenzialmente su una libreria di simboli: le icone grafiche vengono associate a immagini 3D di oggetti reali, allo scopo di poter essere usate nella comunicazione con alunni con problemi di linguaggio o di apprendimento. Questo tipo di approccio richiama una pratica educativa molto diffusa nelle scuole in casi di compromissioni lessicali, ovvero quella di comunicare mostrando agli allievi degli oggetti o giocattoli. I problemi più comuni, riportati dagli stessi docenti, riguardano in alcuni casi aspetti dimensionali (non sempre è faci-

113 Cfr. *ibidem.*

le reperire modellini di tutte le forme necessarie), ma anche problemi di astrazione in quanto, nel caso dell'autismo, è molto difficile trasmettere il significato di qualcosa di cui non si può fare un'esperienza diretta[114].
Un altro concetto astratto, di difficile comprensione, è il tempo e può essere trasposto in forma figurativa, ad esempio, attraverso le trasformazioni fisiche dell'ambiente al cambiare delle stagioni, la crescita di una pianta e così via. A tal proposito, Herrera presenta, nel 2006, la sua idea educativa: una scuola virtuale per l'apprendimento dove, anche i concetti più astratti possono essere rappresentati[115]. Rispetto ai programmi usati più comunemente dal gruppo *VIRART*, ovvero *Superscape* che consente selezione e assemblaggio di elementi precostituiti, l'innovazione di Herrera è quella di aver optato per un programma più flessibile, *Real Time Graphics*, capace di customizzare ogni dettaglio grafico dell'ambiente in modo da ottenere risultati più affini al *target* di riferimento. A tale scopo ogni soggetto visivo viene testato per capire quale tipologia rappresentativa è più adatta, ad esempio se pittogrammi o modelli 3D, al fine di sviluppare e perfezionare quelli selezionati da una percentuale di circa l'80%.

4.3.5. *VR* per l'apprendimento delle *job skills*

Un altro esordiente ambito di studi è quello che riguarda l'avviamento di persone con autismo al mondo del lavoro. Negli Stati Uniti la spinta motrice verso questa sperimentazione proviene dalle statistiche relative alle possibilità di impiego dopo la formazione scolastica, che evidenziano come una bassa percentuale di persone *ASD* ad alto funzionamento come gli Asperger, riescano a impiegarsi nei sei anni successivi le scuole secondarie[116]. Le statistiche suggeriscono che le cause maggiori di perdita del lavoro sono dovute ai problemi di comunicazione e relazione sociale.
Gli interventi con l'uso di ambientazioni virtuali in questo settore, partono dal presupposto che non sia importante solamente il trasferimento di competenze linguistiche, ma soprattutto agevolare la comprensione delle dinamiche che regolano i comportamenti interpersonali e le forme di linguaggio non verbale. Si ritiene infatti che le maggiori problematiche in tal senso, sono correlate alla compromissione delle capacità empatiche da parte degli Asperger, ovvero la mancanza di quella che viene chiamata *Theory of Mind (ToM)*[117].
Si tratta della difficoltà ad assumere punti di vista differenti dal proprio oltre che a capire le conseguenze del proprio comportamento sugli altri. Fortunatamente la ricerca ha dimostrato la possibilità di intervenire positivamente su questi *deficit* con specifici esercitazioni e compiti che inducano ad attribuire agli altri e a sé stessi differenti stati mentali. Negli Stati Uniti il *Project SEARCH* e il *TEACCH Supported Employment* rappresentano un esempio di collaborazione tra ambienti di lavoro e comunità *ASD* per il supporto a programmi occupazionali. Uno di questi programmi il *JobTIPS* è stato sviluppato nel 2013 con l'obiettivo di offrire a persone con Asperger un ambiente virtuale per la simulazione di interviste di lavoro. Il programma, condotto da Strickland, è strutturato come un percorso di accompagnamento al lavoro per fasi successive: 1) individuare gli interessi professionali, 2) trovare un impiego, 3) ottenere il lavoro, ma anche eventualmente, lasciare il lavoro.
La simulazione dell'intervista avviene *on line* in un ufficio virtuale, visualizzato tramite schermo e nel quale intervistato e intervistatore sono impersonati da *avatar*. Ciascun utente vede la scena dal proprio punto di vista come se fosse seduto di fronte al proprio interlocutore, con un'inquadratura soggettiva che aumenta il senso di immersione. L'ambientazione, desumibile prevalentemente da una foto, sembrerebbe porre particolare attenzione al senso di naturalezza e *comfort* ambientale oltre che ad una semplificazione degli *input* visivi. L'illuminazione locale proveniente dagli spot luminosi, crea un effetto di luce soffusa con differenti gradienti chia-

Tab.5 Esperimenti sulle *special education.*

EXPERIMENTS ABOUT SPECIAL EDUCATION						
AUTORS	AIM	STEPS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	RESULTS
Herrera. G. et al., (2006) University of Valencia, University of Birmingham	Understanding symbols concerning real objects Developing Imagination	Choosing the right graphic symbols to carry out tasks	n.2 ASD 8-15 years old	Real Time Graphics Touchscreen	INDOOR School Supermarket No graphic details about VE	Improvement of imagination and in understanding of symbols. One boy reports progress also in day life.
MAKATON by VIRART PROJECTS. Quoted in: Cobb Sue (2007)	Learning abstraction and language skills	Associating an abstract graphic symbol with the virtual image of an object	SLD (severe learning difficulties) Students With teachers	mouse, keyboard, split screen	NO ENVIRONMENT Graphical symbols and 3D images of real objects with a neutral background	Some difficulties occur using the mouse Some children recognize and copy virtual objects, whereas others have difficulties. Usability issues raises with training
Kok N. et al. (2014) National Institute of Education Nanyang Technological University	Learning basic language concepts and skills	No description	Children with ASD	VDAI, stereoscopic lightweight 3-D glasses Kinect to track positions and movements	OUTDOOR Dolphinarium No graphic description about VE	No description

114 Cfr. Cobb, 2007, op. cit.
115 Cfr. Herrera, 2006, op. cit. p.3.

116 Cfr. Strickland, Dorothy, Claire D. Coles, e Louise B. Southern. "JobTIPS: A Transition to Employment Program for Individuals with Autism Spectrum Disorders" *Journal of Autism and Developemental Disorders* 43 (2013): 2472-2483.
117 Cfr. *ibidem*.

roscurali che favoriscono la percezione della tridimensionalità, mentre le pareti chiare e prive di *texture* collaborano al senso di quiete trasmesso dalla stanza. Il contesto infatti può contribuire a ridurre gli stati d'ansia e lo stress che spesso condizionano le persone autistiche in situazioni di disagio, pertanto, un'ambientazione con ridotti contenuti percettivi può agevolare una corretta predisposizione mentale e favorire la giusta concentrazione sull'obiettivo da perseguire. Gli autori riportano un buon incremento delle capacità espressive e comportamentali del gruppo che ha seguito il programma rispetto a un gruppo di controllo che non ha effettuato lo stesso percorso. I progressi, tuttavia, non coinvolgono anche le capacità espressive e la comunicazione non verbale, che costituisce un limite diffuso nell'interazione interpersonale degli Asperger. Allo stesso tempo la ricerca non ha potuto valutare i progressi anche in contesti reali per cui si rimanda ancora una volta a sperimentazioni future[118].
L'esiguità delle ricerce nell'ambito delle *Job skills* non ha consentito di mettere a confronto più esperienze e pertanto di stilare una tabella a riguardo.

4.4. Osservazioni e possibilli sviluppi

La varietà delle aree di ricerca e delle tecnologie utilizzate dimostra un incremento nell'interesse di questo settore di studi con un approccio sempre più interdisciplinare, anche se con scarsa presenza delle discipline della rappresentazione.
I settori con maggior impegno nella ricerca vanno dalle discipline in ambito medico e sociale (scienze sociali, psicologia e psicopatologia clinica) a quello tecnico informatico fino alle scienze educative e occupazionali. In molti casi le pubblicazioni hanno obiettivi terapeutici, ma la maggior parte delle ricerche riguardano gli *usability test*, sono quindi orientati a valutare la risposta dell'utenza in termini di "efficacia", "efficienza" e "soddisfazione". Questo dato è comprensibilmente legato alla rapidità con cui si evolve la tecnologia utilizzata che porta ad una costante modifica dei parametri legati alle caratteristiche dei dispositivi utilizzati per la visione e per il controllo dell'esperienza immersiva. Uno degli aspetti più indagati, ad esempio, è il *cybersickness,* legato proprio all'uso di caschi per la *VR*. Gli esperimenti hanno dimostrato che tale malessere può essere condizionato da diversi fattori: modalità di navigazione, tempi di esposizione e anche dalla qualità dei dispositivi utilizzati, pertanto, nell'arco dei 25 anni che separano la prima ricerca di Strickland dall'ultima di Newbutt, si è visto un notevole miglioramento, che può avere un ulteriore incremento con

118 Cfr. *ibidem*.

l'uso di strumentazioni più sofisticate e costose[119]. Un altro disagio legato ai caschi si è rivelato essere legato al loro peso, che molte persone autistiche, soprattutto se caratterizzate da ipersensibilità, percepiscono come un fastidio. I sistemi CAVE eludono entrambe i problemi, liberando l'utente da qualsiasi dispositivo da indossare, ma allo stesso tempo rappresentano una metodologia costosa e non trasportabile. Altri aspetti indagati dagli *usability test* riguardano il senso di immersione e di presenza. Si osserva, in questo caso, una tendenza alla sofisticazione delle *texture*s e un'amplificazione dei dettagli nella rappresentazione degli spazi. Dalla letteratura però, non è possibile dedurre se questa caratterizzazione agevoli la lettura dello spazio da parte di persone *ASD*, in quanto i dati di *output* riguardano prevalentemente il gradimento e la tollerabilità dell'esperienza e quasi mai le discussioni si soffermano sull'ergonomia dei sistemi e sulle relazioni tra la configurazione spaziale e il fattore umano, ancor meno se legati agli aspetti cognitivi.
Lo scenario scientifico fin qui indagato, pertanto, definisce un quadro in cui sembra mancare un importante tassello, identificabile appunto nella disciplina della rappresentazione dello spazio con una conseguente carenza nell'osservazione degli aspetti connessi all'ergonomia e al fattore umano, sostanziali a consentire un'adeguata interazione con gli utilizzatori. In particolare, si nota una carenza di dati e chiarimenti per quanto riguarda la definizione dello spazio rappresentato e le motivazioni di una serie di scelte grafiche che potrebbero consentire la lettura di informazioni rilevanti sulla risposta percettiva allo stimolo. Questo aspetto è indubbiamente condizionato dai settori di ricerca più frequentemente coinvolti, che si concentrano prevalentemente sugli aspetti clinici o tecnologici. Nella maggior parte degli esperimenti si percepisce ancora uno scarso peso dato agli aspetti figurativi delle ambientazioni, trattate il più delle volte come complemento marginale piuttosto che come utile strumento operativo. Si tratta per lo più di ambientazioni provenienti dal *gaming*, assemblando oggetti e selezionando immagini da librerie precostituite. Ma come già Newbutt e Parsons rimarcano, nessuno di questi sistemi immersivi è nato per l'educazione speciale, pertanto, gli aspetti figurativi hanno un carattere di genericità che poco si addice alle specificità percettive dell'autismo.

119 Cfr. Newbutt, 2020. Op.cit.

SUMMARY AND DISCUSSION				
AUTORS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	DISCUSSION
USABILITY TEST OF VR				
VIRART PROJECTS. UK Brown et al. (1997) Brown et al. (1997) Brown,Cobb, Eastgate (1995) Quoted in: Cobb Sue (2007)	⊠SLD ⊠Students ⊠With teachers	⊠Joystick for motion, mouse for selection, keyboard, split screen	⊠Urban environment, Ski slope, virtual house, supermarket	⊠The scenes are simplified with geometrical objects and flat textures ⊠ The point of view is fitted on the typology of environment ⊠Specialist VR-control devices are not suitable for students with SLD as they were too sensitive and difficult to control ⊠Students enjoyed the VE but required support
Wallace S. et al. (2010) University of Oxford, UK, University of Birmingham, (UK)	⊠n.10 ASD ⊠High function ⊠12-16 years old. ⊠n.14 TD 12-16 years old	⊠Third eye technologies, ⊠CAVE (screened room)	⊠Roads, school corridor, playground	⊠Strongly realistic scenes ⊠Richness of graphic details ⊠The high quality of design raises the sense of immersion providing a veridical experience in VR. ⊠The CAVE system doesn't provide negative effects
Nigel Newbutt et al. (2015). University of the West of England	⊠n.32 ASD ⊠17-52 ⊠years old	⊠VRT- HMD (oculus rift)	⊠Cinema ⊠Café ⊠Safari adventure explored in a Jeep ⊠Space adventure ⊠Tuscan house in/out	⊠Strong textures, saturated colors, low luminosity ⊠The reported data don't allow to understand direct relations between the results and the representation elements of the space ⊠A total of 95% were willing to experience all scenes, with low negative effects
Ramachandiran R. C et al. (2015). University Lakeside Campus, Malaysia	⊠n.41 ASD children and their parents	⊠Monitor	⊠Toilet (chosen by participants)	⊠Strongly saturated colors. ⊠Even if the aim of the research is focused of environment design, it doesn't concern graphic aspects, but only functional issues. All the used symbols and space characters are predeterminate.
Realpe A. et al. (2019). University of Warwick, Coventry; Manchester Academic Health Sciences; Manchester, Imperial College London, (UK)	⊠People with cognitive impairments (not specified) 16-25 years old	⊠Second Life platform	⊠Outdoor environment ⊠Therapeutic rooms	⊠Preference for simple design, less distracting. ⊠The users suggest spaces should be functional and look familiar. ⊠The focus group objected to the use of some of the possible features in Second Life, such as avatars changing identity or the ability to fall and fly.
Maskey M. et al., (2019) Newcastle University, (UK)	⊠n.32 ASD, 8-14 years old ⊠Anxiety Diagnostic Interview Schedule (ADIS)	⊠Third eye technologies, ⊠CAVE (screened room) 4m3	⊠Environments connected to specific phobias	⊠Strong detailed scene ⊠Chromatic saturation and extreme fidelity to the real model. ⊠Lack of light effects that could favor the ecological validity. ⊠From the descriptions, it is not possible to establish relationships between the results achieved and the spatial characteristics. ⊠maintained the results 6 months later ⊠5 children in the control group showed worsening in the following
				six months and one child in the treatment group showed immediate worsening.
LIFE SKILLS				
Strickland D. (1996). Chapel Hill School of Medicine. University of North Carolina, (USA)	n.2 with ASD 7-9 years-old	⊠ProVision 100 VR ⊠ Tracker Polhemus FASTRAK ⊠HMD Resolution 345x259 pixels	⊠A simplified street scene	⊠The simplified scene might have helped focusing on visual targets. ⊠The lack of geometrical patterns and spatial references might have created problems in understanding distances in VE.
VIRART PROJECTS. Meakin et al. (1998) Brown et al. (1998) Cobb et al. (1998) Brown et al. (1999) Quoted in: Parsons et al.(1996) Cobb Sue (2007)	SLD (severe learning difficulties)Students 16 years old With teachers	⊠Joystick ⊠Mouse ⊠Keyboard	⊠House ⊠Bus ⊠Café ⊠Supermarket	⊠Benefit to performance and good usability occur when graphic design focuses on targets and the environment provides few visual stimuli ⊠Good understanding of visual targets when virtual environment is simplified with few stimuli

SUMMARY AND DISCUSSION				
AUTORS	USERS	TECHNOLOGIES	VIRTUAL SPACE	DISCUSSION
Josman N. et al . (2008) University of Haifa, Department of Occupational Therapy, Faculty of Social Welfare and Health Sciences, Mount.	n.12 6 ASD 6 ND	⊠Superscape's 3D Webmaster on a Pentium 3 desktop computer	⊠Urban street: sidewalk, traffic light, car road.	⊠Technological limits provide the low resolution. ⊠Surfaces and objects aren't distinct because of pixels texture ⊠The reported data don't allow to understand direct relations between the results and the representation
Strickland et al. (2013) University of Atlanta, North Carolina State University, (USA)	n.22 Asperger 16-19 years old	⊠VR, Videos on VenuGen 4 platform	⊠Office	⊠The realistic illumination and subjective point of view might have provided a good sense of immersion. ⊠The few visual stimuli and the simplified environment design might have helped to focus on tasks.
Wade W. J. (2015) Graduate School of Vanderbilt University. Nashville, Tennessee, (USA)	n.7 ASD t 16 Years old 7 TD	⊠CityEngine. Autodesk Maya, Unity3D with Logitech G27 driving controller. Monitor, steering wheel with controls for driving control	⊠Urban environment (roads, traffic lights, buildings)	⊠Richness of details in surface textures and strong realism. ⊠The research focuses on technological aspects without giving details about graphic aspects of the environment. ⊠Relations between results and VE representation are not reported, but the team puts in evidence that some highlighted object (like traffic light) can become a distraction for autistic people.
Saiano M., et al. (2015) Department Informatics, Bioengineering, Robotics and Systems Engineering, University of Genova	n.7adults with ASD	⊠VE based on NeuroVR 2.0 ⊠Microsoft Kinect for recording ⊠Full-body movements	⊠City (buildings, sidewalks, ⊠streets, squares)	⊠The strong realism of representation depends by the research purpose. ⊠Some improvements in learning occur when action is highlighted by simple colors as in the traffic light
J. Cox D. et al. (2017) University of Virginia, University of Iowa (USA), Hasselt University, Belgium	n.51 ASD	⊠Driver Guidance System ⊠(DGS-78) VRDS	⊠Urban environment (roads, traffic lights, buildings)	⊠Richness of details in textures and strong realism of the scenes is provided by the VRDS system. ⊠The study puts in evidence that many problems for ASD people are related to their perceptual impairments.
				⊠Adolescents with ASD have difficulties with shifting their attention, sequential task performance, and the integration and coordination of visuomotor responses.
SOCIAL SKILLS				
Cobb S. et al, (2002) (by Virart) School of Computer Science and Information Technology; School of Psychology, University of Nottingham; National Autistic Society, (UK)	n.36 ASDs, and non-ASD 16-19 years old	⊠Double interface 2d - 3d. ⊠Desktop ⊠monitor ⊠mouse	⊠Café	⊠Some navigation problems (moving away from the table) could be provided by the lack of a target point for motion. ⊠ Some problems with object interactions, could be provided to the unusual behavior of virtual objects ⊠Problems with the true sense of avatar's body, maybe depend by incorrect point of view. It was suggested that it may be better behind the avatar's head. ⊠Scaling up the environment improved navigation.
Parsons, Mitchel, Leonard (2004). University of Nottingham, University of Birmingham	n.36 12 with ASD 13-18 years old	⊠Desktop monitor ⊠Joystick ⊠ Mouse ⊠Superscape ⊠Laptop	⊠Building in an outdoor space ⊠Café	⊠Clear definition of visual stimuli, located into a neutral environment helps the good results in the training step. ⊠Some problems occur when stimuli raise.
Wallace S.et al. (2017) University of Southampton	n.20 ASD 12-16 years old	⊠Active-Worlds Educational Universe AWEDU©	⊠Customized houses and galleries on a network of roads	⊠The strong realism of avatars, their dominance respect to the environment and the presence of human control, help in reaching good results in task performance. ⊠Empty environment, focused on the avatars face that are oversized.

Tab.6 Lettura critica sulle ricerche relative a *usabitlity test, life skills* e *social skills.*

Capitolo 5
Autism frindly VR design

Veduta della Cappella dell'ascensione di Cristo,
Real Tenuta di Carditello (CE)
Elaborazione a cura dell'autrice

5 Autism friendly VR design

5.1. Una progettazione Human Centered

Smettete di cercare di trasformarli in "normali". aiutateli ad affrontare i loro problemi e a trovare il modo di sopravvivere dentro la comunità
Theo Peeters

Alla luce delle ricerche scientifiche analizzate e delle lacune evidenziate si evince l'esigenza di strutturare la ricerca riconfigurando la rappresentazione delle scene sulle risposte di un sistema sensoriale atipico, quindi partendo da presupposti non generici. Probabilmente non è un caso che la totalità degli studi rimandi a ricerche future, lasciando aperte innumerevoli questioni. Sicuramente tali indeterminatezze sono legate anche alla variabilità del quadro diagnostico relativo all'utenza di riferimento, ma è possibile che fino ad oggi manchi anche una visione completa che tenga in conto dell'importanza del messaggio visivo nel processo di conoscenza. Tuttavia, dal confronto delle immagini con i risultati pubblicati e dalla lettura incrociata dei dati di *output*, si possono desumere alcuni aspetti sostanziali nella progettazione di un sistema di realtà virtuale *human centered.*
Anche in questo caso l'accorpamento delle osservazioni entro un ordine tassonomico è utile a fissare i presupposti metodologici di uno strumento d'indirizzo con un approccio *autism friendly* al *design* degli ambienti virtuali (tab.7).
Physical aspects: Le osservazioni sulle strumentazioni utilizzate per la gestione dell'esperienza virtuale hanno dimostrato che i migliori dispositivi *HMD VR*T OculusRift, oggi consentono di ridurre notevolmente problemi di *cybersickness* (Newbutt, 2016, 2020). Allo scopo di ridurre al minimo effetti collaterali dovuti all'uso dei visori è consigliabile non prolungare le sedute oltre i 20minuti, con pause ogni 5 minuti (eventualmente anche rimuovendo i visori) per il controllo delle condizioni di benessere. Inoltre, poiché alcune persone autistiche, durante le esperienze immersive possono presentare problemi di equilibrio, dovuti anche alla gesticolazione delle mani, Newbutt raccomanda che gli utenti più giovani restino seduti[1]. Altre considerazioni riguardano i *controller*: l'uso di dispositivi desunti dal mondo del *gaming* si è rivelato inadatto in quanto troppo sofisticati e complicati per persone *ASD* così come l'uso combinato di più attrezzature, ad esempio, *mouse* e *joystick* (Cobb, 2007). Anche le modalità di navigazione sono un fattore determinante, sia per agevolare la comprensione spaziale sia per ridurre problemi di chinetosi. Nel caso dell'autismo, una navigazione continua è preferibile rispetto ad una *teleport*, in quanto migliora il senso di orientamento e favorisce la costruzione di relazioni tra le strutture spaziali (Rossi, Olivieri, 2019), ma è fondamentale che non si protragga oltre i tempi consigliati e che rispetti i tempi di riposo, al fine di ridurre i sintomi di *cybersickness* ad essa connessi. Considerate le difficoltà di astrazione in persone *ASD*, è preferibile, a meno di specifiche problematiche spaziali, attenersi ad un'inquadratura che replichi la visione umana, quindi familiare anche a persone non neurotipiche. La visione egocentrica, pertanto, migliora il *comfort* ambientale, rafforza il senso di immersione e naturalezza durante la navigazione. Allo stesso tempo è importante che la modalità di ripresa consenta di poter visualizzare parti del proprio corpo (braccia e gambe) per agevolare una relazione con la propria fisicità e comprendere la propria posizione nello spazio. È stato infatti osservato che la mancanza di questa possibilità, nelle persone autistiche crea problemi di navigazione e di percezione delle dimensioni del proprio ingombro nello spazio. Anche gli oggetti presenti nello spazio virtuale devono avere un comportamento realistico, che non si discosti dalle consuete leggi fisiche di gravità o di dinamica (ad es. oggetti e *avatar* non devono restare sospesi in aria, non devono poter volare o essere afferrabili da distanze irreali) (Realpe et al., 2019).
Perceptual / emotional aspects: Sin dai primi esperimenti, agli inizi degli anni'90, si è osservato un aumento motivazionale nelle persone autistiche, durante lo svolgimento di esperienze immersive. In particolare, la registrazione dei tempi di fissazione dello sguardo, attraverso il tracciamento oculare, ha consentito di misurare il maggior gradimento del sistema *VR* rispetto all'osservazione di video tradizionali (Mineo et al, 2008).
La motivazione aumenta quando l'utente è coinvolto in alcune scelte, come quella del proprio *avatar* o in alcune caratteristiche della progettazione. Questo tipo di ricerche ha consentito di comprendere alcune caratteristiche spaziali che possono migliorare le sensazioni di *comfort*, riducendo ansia e stress che possono sopraggiungere in persone *ASD* quando si affrontano nuove esperienze o quando gli stimoli provenienti dall'ambiente generano un disagio sensoriale. È importante, ad esempio, che l'ambiente dichiari i suoi confini in maniera nitida, in modo da costituire dei riferimenti spaziali che possano essere rassicuranti ed evitare sensazioni di disorientamento. Spesso le persone autistiche hanno difficoltà a valutare dimensioni, forme e profondità, pertanto, più semplici sono gli

1 Cfr. Newbutt, Nigel. *"Using Virtual reality with autistic pupils: Information and advice" Manual / Guide. Bristol: ACE Dept of Arts & Cultural Industries, 2018.*

schemi delle strutture spaziali, più si aiuta l'utente a costruire una propria idea dello spazio e della propria posizione al suo interno, agevolando in tal modo le condizioni di *comfort* che ne conseguono. A causa delle distorsioni sensoriali che spesso caratterizzano il quadro autistico, uno spazio ad esempio, può essere percepito come so*vr*a o sottodimensionato, piatto piuttosto che tridimensionale (Bogdashina, 2015), pertanto, è necessario inserire nella rappresentazione, elementi che possano dare informazioni di dimensione e profondità, intervenendo anche sugli effetti luministici oltre che figurativi della composizione.

Un aiuto che viene invece dalla progettazione architettonica *autism friendly* è quello di inserire delle pause sensoriali che aiutino il passaggio da una scena ad un'altra, in modo da evitare un so*vr*accarico di informazioni percettive. Ambienti diversi do*vr*ebbero quindi avere diversa caratterizzazione (anche solo in termini cromatici), in modo da renderne molto esplicita la distinzione. L'inserimento di guide di movimento, o di un *tutor*e come un *avatar*, può rivelarsi fondamentale nel trasmettere rassicurazione durante il percorso e ad evitare atteggiamenti dispersivi o di disorientamento. L'uso di informazioni "primarie" finalizzate alla "comprensione spaziale" e al *wayfinding* non è sostituibile con risorse "secondarie" o indirette[2]. Mappe e viste aeree, infatti, presuppongo una trasformazione dalla visione egocentrica a quella geocentrica che richiede capacità di astrazione e di gestione del sistema, fuori dalla portata di persone non neurotipiche. Inoltre, il cambio di prospettiva e la difficoltà nel decifrare l'informazione veicolata dalla mappa, potrebbe comportare una *break-in-presence* con conseguente caduta del coinvolgimento emotivo.In generale si è osservato che la sensazione di benessere aumenta in spazi familiari e riconoscibili, a prescindere dalla loro funzione[3]. Si tratta di un dato utile a valutare il ruolo che può avere la *VR* nella familiarizzazione con nuovi ambienti diversi dalla scuola o alla propria abitazione.

Cognitive Aspects: La maggioranza degli studi a scopo educativo si concentrano sull'area del linguaggio o sull'acquisizione di competenze di base spendibili nella quotidianità. In entrambi gli ambiti si osserva una riduzione degli errori con la pratica. In nessun caso i ricercatori riescono a definire se si tratti di reale consapevolezza del significato delle azioni svolte o di semplice reiterazione di passaggi, una volta acquisito il corretto funzionamento del software. Tuttavia, è possibile individuare alcuni aspetti che si sono verificati proficui nell'agevolare il raggiungimento degli obiettivi.

2 Vedi §2.4.3.
3 Cfr. Realpe, 2020, op.cit.

L'esigenza di un design semplice, a bassa stimolazione sensoriale, ad esempio, può essere proficua a creare un ambiente idoneo all'apprendimento per un quadro autistico ipersensitivo, per il quale anche il minimo dettaglio può rappresentare un "inquinamento sensoriale" e generare sollecitazioni "dolorose"[4].

Tra gli ambienti virtuali osservati, si sono rivelati più efficaci quelli a ridotto contenuto sensoriale, dove gli stimoli percettivi vengono inseriti gradualmente e solo al superamento delle diverse fasi del programma. Gli obiettivi da raggiungere devono essere facilmente identificabili rispetto al contesto e quindi evidenziati da tinte sature o effetti luminosi (Strickland, 1996, Wallace, 2017). Si può agire anche sull'illuminazione, riducendone i valori in modo da ammorbidire contrasti cromatici o effetti chiaroscurali che potrebbero aggravare il carico percettivo. In tal modo si può ottenere un ambiente non invasivo, neutro, nel quale inserire gli stimoli visivi non simultaneamente, ma uno alla volta.

La validità di questi presupposti è confermata direttamente dalle opinioni di persone autistiche dell'*Autism Network International*: Donna Williams, che dal 1995 è *consultant* e insegnante nel campo dell'autismo dà delle indicazioni dettagliate a riguardo:

«il mio ambiente educativo ideale sarebbe un ambiente con una stanza con eco e luce riflessa molto ridotte, un'illuminazione lieve e diffusa, proiettata verso l'alto piuttosto che verso il basso […] sarebbe un ambiente in cui l'insegnante parli piano, in modo che si possa scegliere di ascoltare anziché di essere bombardati […]. Sarebbe un ambiente che tenga conto del canale unico e dell'ipersensibilità percettiva, e del so*vr*accarico di informazioni, e non assuma la realtà percettiva, sensoriale, cognitiva, emotiva o sociale dell'insegnante come l'unica esistente […]. Vi sono molte cose che le persone con autismo spesso tentano di evitare: controllo esterno, disordine, caos, luce forte, contatto, coinvolgimento, implicazione emotiva, essere guardati o costretti a guardare. Sfortunatamente gli ambienti educativi sono per la maggior parte molto affezionati a quegli stessi elementi che più ci ripugnano»[5].Nel 2010, inoltre, uno studio dell'università dell'Illinois, dimostra l'importanza dell'illuminazione nel processo pedagogico di persone autistiche. La ricerca osserva che le capacità di apprendimento migliorano in relazione al realismo dell'illuminazione della scena virtuale. Ciò avviene quando, oltre all'illuminazione locale, si aggiunge l'illumina-

4 Cfr. Bogdashina, op.cit., pp.186-187.
5 *Ivi*, p.19.

zione globale[6], che consente ombre portate, effetti di riflessione e, contemporaneamente, ammorbidisce i contorni (fig.95). Lo studio attribuisce l'efficacia di questo tipo di illuminazione alla sua capacità di supportare il senso di presenza e di immersione, che sarebbero connesse all'incremento di concentrazione sugli obiettivi educativi. Favorendo la familiarità della scena, l'illuminazione globale ne migliora il *comfort* e, allo stesso tempo, incrementa la predisposizione nei confronti dell'attività da svolgere[7].
Nel processo di apprendimento di una persona autistica quindi le stimolazioni provenienti dall'ambiente sono fondamentali e possono predisporre o inibire l'acquisizione dei contenuti culturali che si vuol trasmettere. L'aspetto più complesso è legato all'acquisizione di concetti astratti, dal momento che una delle carenze più comuni riguarda la mancanza di immaginazione e la difficoltà di ricollocazione dei concetti in contesti diversi da quello in cui sono stati acquisiti. È, pertanto, superfluo l'inserimento nello spazio di dettagli geometricamente o formalmente complessi o inusuali, in quanto difficilmente collaborerebbero alla comprensione dell'ambiente, con un inutile aggravio del peso sensoriale.

5.2. Sviluppi di ricerca

Il ruolo delle connotazioni figurative delle strutture spaziali ha una funzione cardine nell'accesso ai contenuti culturali di un programma per l'educazione speciale. Lo studio delle specificità percettive, cognitive e comportamentali, in rapporto ai diversi livelli di funzionalità dell'utenza, può consentire di identificare gli elementi di *input* essenziali che i sistemi di *VR* devono trasmettere in rapporto all'utenza e agli obiettivi di apprendimento cui sono destinati. «La capacità di prestare attenzione selettivamente agli stimoli significativi ignorando quelli irrilevanti è essenziale per il funzionamento cognitivo (Lane e Pearson 1982). […]
È necessario filtrare una quantità infinita di informazioni per rendere il trattamento delle informazioni efficace e cosciente. Possiamo elaborare coscientemente soltanto una quantità limitata di stimoli, e la decisione di quali stimoli debbano essere elaborati in ciascuna situazione è di importanza capitale. Un'attenzione selettiva *deficit*aria è all'origine di una maggiore distrazione e di un peggiore funzionamento cognitivo, poiché risposte a stimoli irrilevanti interferiscono con l'elaborazione delle informazioni ricercate (Douglas e Peters1979, Lane e Pearson 1982)»[8].
Per questo la progettazione grafica per uno spazio virtuale educativo *autism friendly,* deve «fornire informazioni ambientali essenziali, in grado di mitigare carichi sensoriali eccessivi ed evitare stimoli distraenti»[9]. A tal proposito le caratteristiche del contesto assumono un ruolo cardine nel percorso pedagogico, favorito da spazi con specifiche qualità, nell'estetica e nei contenuti; in cui convivano valori storico-architettonici e semplicità compositiva. In quanto *medium* culturale, il patrimonio architettonico si configura come scenario narrativo preferenziale, nel quale si rende possibile lo scambio e la condivisione di conoscenza e che allo stesso tempo fornisce molteplici suggestioni operative.
Tuttavia, come accennato, l'assenza delle discipline della rappresentazione in questo settore di studi, comporta nelle ricerche condotte fino ad oggi, una lacuna nelle relazioni tra le strutture segniche dell'ambiente virtuale e gli aspetti ergonomici, fondamentali a capire quali siano i fattori di supporto e quali quelli di ostacolo all'apprendimento. I VE osservati fin qui, sono spesso so*vr*accarichi di informazioni visive che, se possono rappresentare caratteristiche valide per il *gaming*, li rendono luoghi inadatti ai bisogni educativi delle persone autistiche.
Il ruolo delle discipline del disegno e della rappresentazione dello spazio può essere non solo quello di filtro nella codifica dei codici spaziali, ma anche quello di tramite interdisciplinare e di nuovo interprete dei dati di *output*. Reinterpretati e decodificati, questi possono confluire in un'oppor-

Fig.95. Justin Ehrlich, 2010: paragone tra illuminazione locale (**a**) e illuminazione globale (**b**). Il confronto evidenzia il maggior realismo dell'immagine grazie all'illuminazione globale.

a

b

6 Cfr. Ehrlich, Justin. "The Effect of Global Illumination on Presence in a Virtual Environment for those with Autism Spectrum Disorder." *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques.* Los Angeles, California, USA: SIGGRAPH, 2010. 1-6.
7 Cfr. *ibidem*.

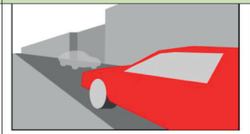
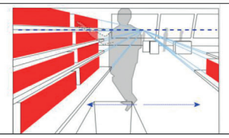
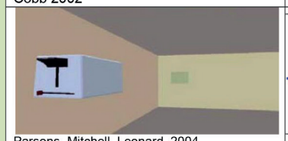
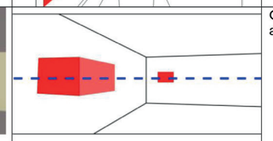
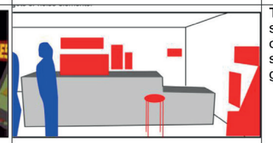
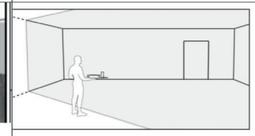
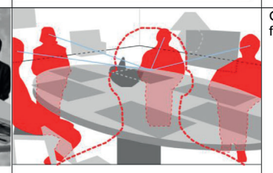
8 Bogdashina, op.cit. p.110.
9 Attaianese, 2019, op.cit. p.306.

tuna progettazione di un ambiente virtuale per l'apprendimento che sia veramente *human centered* e che possa utilizzare il patrimonio architettonico come ambiente di conoscenza e di vera inclusione. Infatti, come rilevato in più occasioni, non solo il rapporto con lo spazio condiziona le diverse abilità di ciascun individuo, ma tale rapporto può essere proficuamente veicolato attraverso gli strumenti della rappresentazione che, con le sue possibilità di interpretare, filtrare, decodificare i segni fisici, diventa *medium* comunicativo in grado di veicolare conoscenza.
Si tratta di una questione nodale per l'autismo, caratterizzato da una risposta atipica del sistema percettivo che compromette il rapporto con lo spazio, con sé stessi e con il "mondo". Le conseguenze riguardano non solo disagi psicofisici come stress, ansie e fobie, ma anche l'accesso alle esperienze di apprendimento, alle relazioni con gli altri e alla conduzione di una vita autonoma. Allo stesso tempo però, i possibili esiti di una simile ricerca possono avere ricadute ben più ampie, giungendo alla definizione di uno strumento di conoscenza utilizzabile ad ampio spettro. Non bisogna infatti sottovalutare che, progettando per le fasce più deboli, si approda ad uno spazio di relazione e conoscenza accessibile a tutti: dalle nuove generazioni, con capacità sempre più multimediali e meno inclini all'attenzione, ad un'utenza comune, non specialistica che può aver bisogno di una comunicazione semplice.
Pertanto, con l'obiettivo di colmare alcune lacune, ad oggi ancora presenti in questo settore di studi, il passo successivo sarà quello di costituire, sulla base delle analisi operate, uno strumento di indirizzo per la progettazione di un'esperienza didattica di *VR* autism friendly. Uno schema di linee guida sulla rappresentazione dello spazio virtuale per educazione speciale servirà da presupposto di partenza per un programma che do*vr*à essere verificato con l'utenza di riferimento ed operatori di supporto e mediazione.
Questa fase sarà fondamentale per osservare la risposta degli utilizzatori e testare il prototipo. Le osservazioni dirette e i dati di feedback, raccolti mediante questionari, consentiranno, così, di apportare modifiche o confermare le premesse iniziali. In particolare, si prenderà in esame il sito Borbonico della Real Tenuta di Carditello, a San Tammaro (CE).
Dal momento che la fase immersiva integrerà l'esperienza in vivo, il caso studio, è scelto appositamente per le sue caratteristiche ambientali ed architettoniche che consentono di non incorrere in so*vr*accarichi sensoriali e selezionare percorsi con bassa sollecitazione percettiva. Il sito è stato selezionato proprio per le sue qualità di essenzialità decorativa, per la ricchezza dei contenuti figurativi rappresentati negli affreschi e per la specificità del contesto naturalistico che, immerso nella quiete, consente una diversificazione di percorsi sensoriali con la possibilità di interagire anche con gli animali presenti in loco.
Si auspica, pertanto, di riuscire a individuare uno strumento pedagogico capace di mediare il rapporto percettivo tra autismo e architettura. Il patrimonio potrà così costituirsi come "ambiente che guarda all'utenza", per assolvere con efficacia a criteri di divulgazione culturale e inclusione.

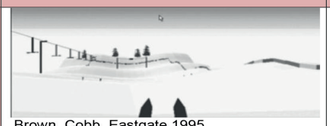
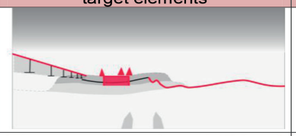
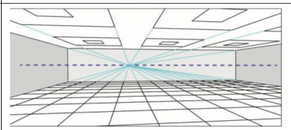
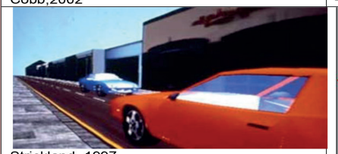
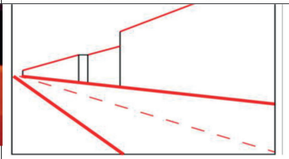
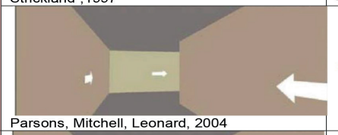
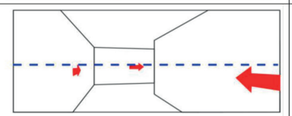
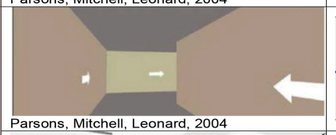
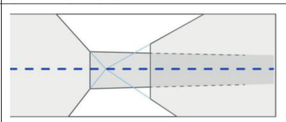
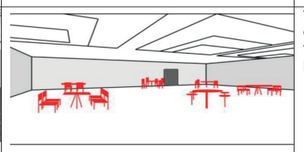
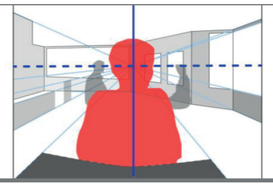
Linee guida

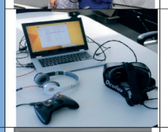
Tabelle sinottiche

COGNITIVE ASPECTS

	REFERENCE	ANALISYS	RESULTS
TARGETS	Strickland ,1997		Target objects should be highlighted by simple or bright colors
	Cobb 2002		Simple geometries and schematic configurations help to focus on target objects
	 Parsons, Mitchell, Leonard, 2004		Objects at the eye level are easier to identify
FOCUS	Newbutt, 2015		Textures with strong chromatic contrasts produce kinetic effects and overstimulation
	Parsons, Mitchell, Leonard, 2004		Too many objects in the scene can provide distraction. Targets should be introduced gradually
LAYOUT	Cobb, 2002		Simple configurations help the spatial understanding
	Klinger, 2005		Clear spatial layouts help focus on targets

PERCEPTUAL ASPECTS

	REFERENCE	ANALISYS Schemes of spatial clue and target elements	RESULTS
ORIENTATION	 Brown, Cobb, Eastgate,1995		Simple Figurative guideline for motion can work as a tutor for navigation
	Cobb,2002		The spatial elements have to be designed in order to give information about depth and distances
	 Strickland ,1997		The lacking of distance references complicate orientation and wayfinding
	 Parsons, Mitchell, Leonard, 2004		Motion guidelines at the eye level are easier to identify
DEPTH AND PERSPECTIVE	 Parsons, Mitchell, Leonard, 2004		The interruption of the image's border helps to communicate the depth and the space continuity
	Parsons, Mitchell, Leonard, 2006		The gradual reduction of objects dimensions help the understanding of perspective
			Overlap and deformation of the shapes help the understanding of the depth

	PHYSICAL ASPECTS		
		ANALISYS	RESULTS
CYBERSICKNESS		A comparison between different systems shows their quality influences the onset of cybersickness	The eye-tracking system and the high quality HMD VRT OculusRift, allow the decreasing of cybersickness
		ASD children can have balance problems	Seat young users during the VR experience improves their stability
		The duration of the experience influences the onset of cybersickness	Taking a break every five minutes allows controlling comfort condition
		ASD people often show coordination impairments and difficulty to understand complex instructions	The controllers used for gaming and the contemporary use of different devices (for example joystick and mouse) are unsuitable for ASD people
PRESENCE AND IMMERSION		ASD people can lack imagination and they can have problems creating mental maps	The “Continuous” navigation is more suitable for autistic people than “Teleport” navigation
		ASD people may have proprioception impairment	An egocentric point of view is essential to improve comfort and immersion in ASD people
		ASD people can have imagination and abstraction problems	Changing perspective can provide stress, disorientation and break in presence
		The lack of avatar’s body visualization provides misunderstanding of body dimensions and position in the space	Observing arms and legs of the avatar’s body helps the sense of presence and wayfinding
COMFORT		ASD people can have imagination and abstraction problems	Objects should have a realistic behavior, without floating in the space or being taken from unreal distances
		ASD people typically lack the ability to imagine and experience the presence	The ability to generalize skills can be enhanced by increasing illumination realism
		Overstimulation can provide painful sensations	Low light values improve the sensation of comfort

Conclusioni

Conclusioni

Gli obiettivi della ricerca

Lo studio della letteratura scientifica in questo settore di ricerca ha messo in evidenza pregi e criticità della VR ma, soprattutto, profonde lacune nell'osservazione delle risposte dell'utenza agli *input* visivi trasmessi dagli ambienti virtuali. Da un lato, quindi, la VR offre svariate possibilità di customizzazione, ponendosi come spazio dove l'utente può sperimentare in sicurezza nuove esperienze difficilmente attuabili in contesto fisico, dall'altro, se le configurazioni spaziali non sono l'esito di un'attenta progettazione *human centered,* non solo si vanifica l'obiettivo educativo del sistema VR, ma possono insorgere malesseri e reazioni indesiderate. Da tali considerazioni sono scaturiti gli obiettivi principali della presente tesi dottorale e, successivamente, gli obiettivi di progetto.

Obiettivi prefigurati

- Porsi come apripista per la letteratura scientifica di settore, attualmente assente nello scenario delle ricerche su realtà virtuale e autismo
- Colmare la lacune riscontrate nell'ambito della letteratura scientifica analizzata, sulle risposte percettive allo stimolo visivo in ambiente virtuale con riferimento a un pubblico *ASD*
- Offrire uno strumento d'indirizzo per la progettazione inclusiva dello spazio virtuale con ricadute pluridisciplinari che amplino le potenzialità e i campi di applicazione del sistema *VR*, da quello pedagogico a quello della fruizione inclusiva del patrimonio architettonico.

Obiettivi di progetto

Lo sviluppo delle linee guida per la progettazione di ambienti virtuali *autism friendly* si è basato sugli obiettivi fissati per ciascuna delle tre aree disciplinari afferenti la sperimentazione: area ergonomica, area della rappresentazione, area pedagogica. Gli stessi obiettivi sono serviti a stabilire i prerequisiti di partenza per l'individuazione dei partecipanti alla sperimentazione e per la stesura dei questionari di verifica dei test per la raccolta dati.

Obiettivi di comfort

- Agevolare l'adattamento alla visualizzazione di un ambiente rappresentato in *VR* nel passaggio dallo spazio fisico al sistema *VR*
- Agevolare l'adattamento al cambiamento di rappresentazione dello spazio virtuale; dalla modalità di rappresentazione realistica alla modalità concettuale e viceversa
- Evitare sensazioni di stress dovute a sovraccarichi sensoriali
- Evitare sensazioni di ansia dovute a una nuova esperienza spaziale
- Evitare sensazioni di disorientamento in un ambiente sconosciuto

Obiettivi percettivi

- Migliorare l'orientamento nello spazio
- Migliorare il riconoscimento delle direzioni di movimento
- Migliorare il riconoscimento e la comprensione delle qualità spaziali dell'architettura
- Migliorare l'attenzione verso i *target* utili alla comprensione dello spazio
- Migliorare la consapevolezza prorpriocettiva

Obiettivi cognitivi Livello medio / alto

- Insegnare a riconoscere gli ambienti e gli oggetti esperiti in *VR*
- Agevolare la memorizzazione dei temi trattati
- Agevolare la memorizzazione degli oggetti al centro della narrazione
- Agevolare la comprensione delle relazioni tra gli oggetti osservati e la storia del sito

Obiettivi cognitivi- Livello moderato

- Insegnare a riconoscere gli ambienti e gli oggetti esperiti in *VR*
- Agevolare la memorizzazione dei temi trattati

Esemplificazione della metodologia progettuale e di verifica delle linee guida

Approccio progettuale for all e User centered

Dal confronto tra alcune immagini pubblicate nella letteratura scientifica e i dati di fattore umano nella risposta degli utenti agli stimoli visivi, si è ricavato un elenco di linee guida per la progettazione *autism-frinedly* delle ambientazioni in *VR*.

I dati desunti dall'analisi delle ricerche sono stati ordinati in quattro ordini tassonomici: *physical aspects, perceptual - emotional aspects, cognitive aspects*, ciascuno dei quali si riferisce alle caratteristiche figurative di un ambiente virtuale *autism friendly*. Gestire il livello di dettaglio, le qualità luministiche e cromatiche, la quantità del segno grafico dell'ambiente virtuale diventa, così, un principio fondamentale per trasmettere il senso di immersione e presenza e, quindi, il potere comunicativo veicolato dagli input percettivi.

Lo studio presentato analizza metodi, tecniche e finalità espressive della rappresentazione dello spazio in realtà virtuale con l'intento di approdare a un sistema di linee guida per la progettazione di ambienti virtuali *autism friendly* dedicati alla comunicazione del patrimonio architettonico. Esso si colloca in un ambito degli studi che, da circa venticinque anni, si occupa dell'interazione tra i sistemi di realtà virtuale e l'autismo, in cui tuttavia sono assenti ricerche nell'area della rappresentazione. Questo ritardo nell'osservazione delle relazioni che intercorrono tra la rappresentazione dello spazio immersivo e la risposta dell'utente agli *input* visivi trasmessi dal sistema, ha portato per anni all'adozione di applicazioni desunte dal mondo del *gaming*, pertanto, non customizzate e, spesso, inadeguate alla comunicazione con un pubblico autistico.
Nelle prime fasi della ricerca si definisce il quadro teorico da indagare; ovvero si traccia il profilo dell'utenza di riferimento in relazione alle implicazioni culturali che possono scaturire da una sperimentazione guidata dall'area disciplinare ICAR 17.
Lo sguardo rivolto allo spazio, lo vede come sorgente di input sensoriali, in grado di condizionare la vita di chiunque. Non solo esso trasmette sensazioni di benessere o di disagio ma può porsi come facilitatore o come ostacolo all'espletamento di determinate azioni in funzione della corretta decodifica delle informazioni che veicola. Ne consegue che la configurazione spaziale rientra a pieno titolo tra le variabili legate alla condizione di "abilità" di qualsiasi individuo.
Partendo da questo presupposto l'attenzione per un pubblico più debole esprime la volontà di ampliare a chiunque l'accesso ai contenuti culturali del patrimonio architettonico, secondo una visione non settoriale di inclusione e in considerazione della sempre più vasta diffusione di esperienze virtuali, a volte più votate alla spettacolarizzazione che a una comunicazione centrata sull'utente.
L'analisi di differenti tipologie spaziali è stata, quindi, indispensabile a studiare la risposta umana agli stimoli visivi trasmessi dall'ambiente. Tali osservazioni sono state calate nel contesto di un'utenza non neurotipica attraverso l'approfondimento delle peculiarità percettive dell'autismo e, successivamente tramite l'analisi delle ricerche che, dagli anni '90 ad oggi, hanno affrontato il tema della realtà virtuale per l'autismo.
Dal confronto dei dati di *output* delle ricerche studiate è scaturita l'esigenza di uno strumento d'indirizzo per la progettazione delle ambientazioni virtuali che, superando le lacune delle precedenti sperimentazioni, tenga in conto di tutti i fattori analizzati nelle fasi di studio preliminari; fattori umani ed ergonomici, percettivi, educativi, di inclusività, in cui la disciplina della rappresentazione, ponendosi come tramite interdisciplinare, fornisca gli strumenti operativi più opportuni per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Glossario

Glossario

Ambient Occlusion: in *computer graphic* è la simulazione dell'ombra causata da oggetti che bloccano la luce ambientale. Questo metodo conferisce realismo alla modellazione, in quanto tiene conto dell'attenuazione luminosa in prossimità dei volumi occlusi.

Aptico: o *haptics* in inglese, indica lo studio delle sensazioni tattili e delle realizzazioni tecniche per poterle riprodurre o restituire all'utente, come guanti o tute di realtà virtuale. La parola comincia a circolare in combinazione con la robotica, ma è assolutamente pertinente alla realtà virtuale e alla realtà aumentata.

AR: *augmented reality*, realtà aumentata; come il nome stesso suggerisce, è un'aggiunta fatta in *Computer Graphic* alla realtà esistente. Viene aggiunto del contenuto a quanto normalmente percepibile dallo sguardo. Il contenuto può essere delle semplici informazioni con statistiche e numeri, oppure veri e propri oggetti in 3D, con i quali si può addirittura interagire.

Artificial Locomotion: è la simulazione dello spostamento verso una determinata direzione in ambiente virtuale, solitamente avviata dall'uso di un controller o da tastiera.

ASD: *Autism Spectrum Disorder.*

Avatar: Il termine *avatar* è derivato dal sanscrito e si riferisce a un "viaggiatore mentale" nelle favole indiane. Il nostro avatar – il nostro rappresentante virtuale – è il mezzo attraverso cui comunichiamo con gli altri in un ambiente virtuale.

BES: Bisogni Educativi Speciali.

Cardboard: letteralmente significa "cartonato", ed è la forma abbreviata di *cardboard glasses*. Si tratta di una scatola di cartone, con due lenti, in cui si può inserire il proprio smartphone per vedere video e foto 360. Alla semplice scatola di cartone, si può aggiungere un pulsante nella parte superiore, per agevolare l'interazione con lo schermo dello smartphone, che altrimenti deve essere tolto dal cardboard e gestito manualmente. Ci sono vari tipi di cardboard (da montare, già montati, V1, V2). Il fatto che siano di cartone consente un prezzo decisamente abbordabile e un'alta possibilità di personalizzazione della supeficie, il che lo rende un gadget molto apprezzato, per le campagne pubblicitarie o anche solo come regalo per i propri clienti. Per un maggiore approfondimento, vi invitiamo a visitare il nostro sito alla sezione "*cardboard*".

Cave: un esempio di visualizzazione di ambienti di realtà virtuale o video 360° immersivi, senza l'uso di visori o occhiali. Il mondo VR viene proiettato sulle pareti e sul soffitto di una stanza per dare l'illusione di immersione. I casi più recenti sono delle cupole (o sfere) simili agli igloo, all'interno dei quali si può entrare e muoversi liberamente.

***Computer graphic* (*CG*)**: tutto ciò che è graficamente realizzato tramite computer. Nella realtà aumentata, praticamente tutto è aggiunto con CG. Mentre nella realtà virtuale gli ambienti possono anche essere ambienti reali fotografati o ripresi con camere speciali.

Collision Detection: la rilevazione degli oggetti virtuali che intersecano i percorsi dell'utilizzatore, provocano un *feedback* aptico o visivo per l'utente.

Corteccia Occipitale: la parte posteriore del cervello che riceve proiezioni retinotopiche di display visivi.

CRPD: Convenzione ONU sui Diritti delle Persone con Disabilità; stabilisce i requisiti di base per i diritti delle persone con disabilità ed ha un carattere giuridicamente vincolante. È stata adottata dall'Assemblea Generale dell'ONU il 13 dicembre 2006 ed è entrata in vigore il 3 maggio 2008. Oggi risulta sia stata adottata da 160 nazioni in tutto il mondo, mentre è stata firmata da 160 e ratificata da 88.

Cybersickness: malessere da VR che induce nausea e altri sintomi simili al mal di mare**,** dovuta allo scollamento tra le informazioni ricevute dal sistema visivo e quelle del sistema vestibolare.

Data Glove: un sistema di guanti cablati con sensori e collegati ad un sistema informatico per il riconoscimento e la navigazione di gesti attraverso un ambiente virtuale. Conosciuto anche come *wired glove*.

Doll House View: una vista dall'alto verso il basso dell'intero spazio artificiale che consente al progettista di prendere decisioni globali sulla sua composizione e di consentire una rapida prototipazione. La visualizzazione degli ambienti virtuali può anche essere combinata con un POV di prima persona, per consentire agli esperti di occupare lo spazio che manipolano attivamente evitando la necessità di passare da modalità e prospettive, alla reale progettazione dello spazio.

DOF: *Degrees of Freedom.* Gradi di libertà ovvero la possibilità di muoversi nello spazio virtuale in relazione a un sistema di riferimento. La posizione e l'orientamento sono specificati da sei gradi di libertà:

su, giù, sinistra destra, avanti, dietro.

DSA: Disturbo della Spettro Autistico.

Eye-tracking: un nuovo sistema che permette di "leggere" lo sguardo dell'osservatore all'interno dei visori di realtà virtuale per garantire una risoluzione e una fluidità senza precedenti anche su *hardware* meno performante.

Feedback: o *force feedback*. Un dispositivo *hardware* che trasmette pressione, forza o vibrazioni per fornire al partecipante *VR* il senso di forza, la resistenza di un oggetto o di un corpo, il peso o l'inerzia. Ciò è in contrasto con il feedback tattile, che simula la sensazione applicata alla pelle (freddo, caldo, vento, solletico).

Foto 360: fotografia che permette una ripresa a 360 gradi dell'ambiente in cui è effettuato lo scatto. La fotografia è navigabile sia su computer, tramite il *mouse/track pad,* sia su smartphone.

Foto realismo: il tentativo di creare immagini realistiche che appaiono con grande dettaglio e texture definite e credibili.

FOV: *field of view*, il campo di vista ovvero l'angolo visuale dello schermo e delle lenti del visore VR.

Game Engines: I motori grafici sono la parte principale *software* che sta dietro la creazione di un videogioco con grafica in tempo reale. ciò che rende diversi i vari motori grafici è il motore di *rendering*, essenziale in ogni *game engine.* Quest'ultimo elabora informazioni in ingresso e le trasforma in rappresentazione grafica.

Frame Rate: il numero di volte al secondo in cui il sistema renderizza l'itera scena di un video.

Haptics: vedi voce Aptico.

HMD: *Head Mounted Display,* un set di occhiali, o casco, con piccoli monitor davanti ad ogni occhio per generare immagini visibili dall'utilizzatore come spazio tridimensionale virtuale. Spesso l'HMD è combinato con un *tracker* della testa, in modo che le immagini visualizzate nel HMD cambino mentre la testa si muove nello spazio in maniera iper-realistica.

Head Tracking: il *tracker* del movimento della testa, grazie ai sensori posti all'interno di un visore immersivo.

HTC Vive: visore per realtà virtuale che è collegato direttamente ad un computer e non necessita di *smarthpone* per poter visualizzare i contenuti. Si tratta infatti, come *Oculus Rift* (cfr. voce relativa), di uno schermo vero e proprio posizionato a distanza ravvicinata rispetto agli occhi. Essendo collegato ad un computer (che chiaramente non ha i limiti di uno smartphone), *HTC Vive,* insieme al concorrente *Oculus Rift*, si colloca al livello più alto tra i dispositivi per VR, per la risoluzione delle immagini e dei suoni. Il kit comprende due camere laser per il posizionamento dell'utente nell'ambiente virtuale e due controller, uno per mano, che restituiscono un'esperienza davvero realistica nell'utilizzo. Le due camere sono in grado di definire una superficie di gioco piuttosto ampia e percepiscono i movimenti dell'utente, oltre che la sua posizione. *HTC Vive* ha la sua propria piattaforma a cui si accede per l'utilizzo di contenuti esclusivi e non. I computer compatibili devono essere molto potenti, il che rende *HTC Vive* un "giocattolo" piuttosto costoso, non all'altezza di tutte le tasche.

Edutainment: integrazione di divertimento e apprendimento su cui si basano le esperienze didattiche in realtà virtuale.

ICT: *Information and Communication Technologies***.** Tecnologie riguardanti i sistemi integrati di telecomunicazione (linee di comunicazione cablate e senza fili), i computer, le tecnologie audio-video e relativi *software*, che permettono agli utenti di creare, immagazzinare e scambiare informazioni.

Interazioni: la possibilità che l'utente ha di agire all'interno di un'esperienza virtuale o aumentata. Nella realtà virtuale l'interazione è normalmente attuata tramite controller o tramite sguardo. Un esempio tipico di interazione è l'apertura, tramite puntatore comandato con controller o sguardo, di un menù tendina come per qualsiasi sito web all'interno di un'esperienza virtuale.

Sinestesia: sensazioni derivate da muscoli, tendini e articolazioni e stimolati dal movimento e dalla tensione.

Latenza: *latency,* il ritardo del tempo di risposta dopo essersi mossi in realtà virtuale. I videogiocatori lo conoscono bene e lo definiscono con il termine *LAG*.

***LOD*:** *Level of Detail* definisce la risoluzione specifica di un modello 3D (*low poly – high poly*). Maggiore prestazione grafica può essere ottenuta utilizzando un LOD inferiore quando l'oggetto occupa meno pixel sullo schermo o non è in una regione di notevole interesse.

***Lobo Occipitale*:** è la suddivisione maggiore della corteccia cerebrale situata nella parte posteriore di ciascun emisfero cerebrale. Protetto dall'osso occipitale, il lobo occipitale si colloca posteriormente al lobo parietale e al lobo temporale, e superiormente al tentorio del cervelletto e al cervelletto. Il lobo occipitale ospita due importanti aree funzionali della corteccia cerebrale: l'area visiva primaria e l'area visiva secondaria; come suggerisce il loro nomo, queste aree funzionali sono coinvolte nella vista.

Lobo Temporale: Occupa, su ciascun emisfero cerebrale, una posizione tale da coincidere con la zona di testa compresa tra la tempia, l'orecchio e la porzione immediatamente successiva all'orecchio. Il lobo temporale gioca un ruolo chiave nella comprensione del linguaggio parlato e scritto, nella memoria verbale, nei processi di percezione, riconoscimento e interpretazione dei suoni, nell'interpretazione degli stimoli visivi, nel riconoscimento visivo degli oggetti, in certi tipi di reazioni emotive, e nella memoria a lungo termine.

MR: *mixed reality*, realtà mista. Al momento è praticamente sinonimo di realtà aumentata, con l'unica differenza che il termine sembra focalizzarsi maggiormente sulla coesistenza delle due realtà (reale e aumentata) in un'unica esperienza interattiva e multimediale.

Narrazione interattiva: una forma di esperienza interattiva digitale in cui gli utenti vivono, creano o influenzano con le loro scelte ed azioni una trama drammatica o cinematografica.

Navigazione Spaziale: da *spatial navigation.* L'autocontrollo e la locomozione nei mondi virtuali. Comprende la *stereopsis,* visione binoculare di immagini con diverse visioni dai due occhi per distinguere la profondità, e definisce i display tattili, dispositivi che forniscono sensazioni tattili e cinestetiche.

Occlusione: l'oscurare o nascondere un oggetto dalla vista, grazie al posizionamento di altri oggetti nella linea di visione dell'utente.

Oculus Rift: visore per realtà virtuale sviluppato da *Oculus VR*, azienda che collabora anche con *Samsung* per il suo dispositivo, comprata da Facebook per la cifra di due miliardi di USD, quando ancora era a livello di prototipo. Al contrario di *Cardboard* e *Samsung Gear VR*, non necessita di *smartphone* per funzionare, perché è collegato direttamente ad un computer come *HTC Vive* (cfr voce relativa). La prima versione per il pubblico si chiama CV1 (*consumer version 1*). Il kit prevede un rilevatore di movimento da mettere davanti all'utente che rende l'immersività dell'esperienza molto intensa. Inoltre, nella prima versione il Rift è uscito con un *controller i*ndentico a quello per Xbox, che permetterà agli utenti di interagire con gli ambienti. Entro breve, saranno disponibili però due *controller* (*Oculus Touch*), uno per ogni mano, in grado di interagire anche con il rilevatore di movimento e rendere l'esperienza assimilabile a quella di *HTC Vive*. Anche Oculus ha la sua piattaforma per la fruizione di contenuti. Come *HTC Vive* e per le stesse ragioni, anche *Oculus Rift* ha qualche problema relativo ai costi.

Oculus Touch: è il dispositivo di controllo per le due mani per *Oculus Rift* (cfr. voce relativa).

Parallasse: la differenza nell'angolo di visualizzazione creata da due occhi che guardano la stessa scena da posizioni leggermente diverse, creando così un senso di profondità (binoculare). La parete parallela parietale è l'area del cervello adiacente e superiore alla corteccia occipitale che usiamo per elaborare le informazioni relative alla posizione e alle direzioni spaziali.

PDP: Percorso Didattico Personalizzato, è un accordo condiviso fra Docenti, Istituzioni Scolastiche, Istituzioni Socio-Sanitarie e Famiglia. Si tratta di un progetto educativo e didattico personalizzato, commisurato alle potenzialità dell'alunno, che definisce tutti i supporti e le strategie che possono portare alla realizzazione del successo scolastico degli alunni *ASD*.

Periferiche: un dispositivo che aiuta a migliorare un'esperienza di realtà virtuale, consentendo una maggiore immersione nel mondo virtuale. Le periferiche VR più comuni sono guanti o controllori, come ad es. *Oculus Touch* che sembra rispecchiare i movimenti innati del visitatore e contribuisce a facilitare una migliore presenza attiva. Altre periferiche *VR* comprendono quelli che desiderano simulare oggetti o apparecchi di vita reale, ad es. Bici (VirZoom), armi (PS VR Aim, VR-15 da VRsenal), scarpe (Taclim).

Photo merge: è una funzione del Photoshop che consente l'assemblaggio di più foto per realizzare immagini panoramiche in modo automatico senza deformazioni ottiche.

Pitch: lo spostamento angolare dell'asse laterale attorno ad un asse orizzontale perpendicolare all'asse laterale.

Pixel: l'elemento più piccolo di un display che può essere regolato in intensità e colore.

Position Trigger: *hotspot*, punto sensibile o pulsante, che provoca una modifica del programma di computer quando viene toccato in qualche modo o inquadrato per diversi secondi consecutivi con lo sguardo. Permette l'interazione con elementi dinamici se posizionato all'interno di software e app di realtà virtuale.

Presenza: *active presence*, la sensazione di essere immersi in un ambiente virtuale e di essere in grado di interagire con gli oggetti che ci circondano. Una macro caratteristica che definisce i sistemi VR.

Radiosità: *radiosity,* un sistema di calcolo illuminotecnico diffuso per la grafica basata sul bilanciamento dell'energia che tiene conto di molte riflessioni fuori da molte pareti. Aumenta il realismo delle esperienza virtuali.

Real Time Imaging: grafica o immagini sincronizzate con il tempo reale e gli eventi. Un sistema informatico per la generazione di oggetti virtuali e ambienti in risposta all'entrata dell'utente, di solito in tempo reale.

Render: il *rendering* è il termine che in senso esteso indica la resa (o restituzione) grafica, ovvero un'operazione compiuta da un disegnatore per produrre una rappresentazione di qualità di un oggetto o di una architettura (progettata o rilevata).

Risoluzione: normalmente definisce il numero di pixel di un visore o di un video.

Room Scale: sistema di sensori che riesce a rilevare la posizione dell'utente nello spazio e a garantire un tracciamento efficace e realistico all'interno di applicazioni di realtà virtuale.

Sensore di Posizione: o p*osition sensor*, è un dispositivo di tracciamento che fornisce informazioni sulla sua posizione e / o orientamento.

Social VR: tutto quell'insieme di applicazioni che permettono di avere una socialità con altri utenti in realtà virtuale. Da *Facebook Spaces a VTime,* da *AltSpace* ai giochi *multiplayer* come *High Fidelity o Sansar VR* (di Linden Lab, i creatori di *Second Life*).

Stitching: letteralmente *stitch* significa "punto di sutura". Lo *stitching* è una fase particolare nel montaggio di un video 360, in cui le immagini riprese dalle varie lenti della, vengono montate per farne combaciare i limiti esterni, in modo da avere un'immagine il più possibile uniforme. lo *stitching* è una delle pratiche più critiche della realizzazione dei video 360, e uno dei principali discrimini della buona riuscita o meno di un video.

Tempo reale: o *real time* Un'azione che si svolge senza alcun ritardo percepibile o significativo, dopo aver ricevuto l'input che da il via all'azione.

Texture Mapping: la mappatura di modelli bitmap aggiunti agli oggetti 3D per aumentarne il realismo.

Timelapse / Hyperlapse: la fotografia *time-lapse* (dall'inglese *time*: "tempo" e *lapse*: "intervallo", quindi fotografia ad intervallo di tempo), o semplicemente *time-lapse*, è una tecnica cinematografica nella quale la frequenza di cattura di ogni fotogramma è molto inferiore a quella di riproduzione. A causa di questa diversità, la proiezione con un *frame rate* standard di 25 fps fa sì che il tempo, nel filmato, sembri scorrere più velocemente del normale. L'*hyperlapse* invece prevede anche il movimento (spesso su carrello o dolly) tra singoli frame per generare un effetto ancora più potente dal punto di vista emozionale.

Video 360: video "immersivo" girato con camera 360, che permette di vedere, o meglio, esplorare tutto l'ambiente in cui è stato girato. Come le foto, è navigabile sia su computer, sia su smartphone attraverso applicazioni apposite dedicate o applicazioni generiche come youtube, vimeo, facebook, ecc. Tra i software che invece permettono di vedere un video 360° in locale sul proprio computer, il più celebre è sicuramente GoPro VR Player di Kolor.

Videomapping: tecnica artistica che consiste nell'arricchire l'ambiente fisico con proiezioni video e contenuti elaborati in CG.

VR: sta per *virtual reality*, realtà virtuale. L'espressione realtà virtuale descrive un ambiente nel quale, tramite un visore, l'utente può immergersi e interagire a 360 gradi. L'immersività e la possibilità di interagire con l'esperienza sono differenti a seconda del grado di complessità con cui l'esperienza stessa è stata realizzata. L'interattività minima possibile è quella dello sguardo che spazia a 360 gradi in una semplice foto scattata con dispositivo apposito. Il massimo è, per ora, il video gioco VR, in cui si ha facoltà di interagire praticamente con qualsiasi cosa si veda. L'ambiente virtuale può essere una semplice foto, come già visto, un video 360, o una ricostruzione in CG/CGI (cfr voci relative). Dal punto di vista dei costi, le soluzioni con foto sono chiaramente le meno costose, mentre quelle in CG/CGI sono le più care.

***Wayfinding*:** muoversi e orientarsi all’interno di un ambiente

3D: *Three dimensional graphics*, descrive un'immagine che fornisce la percezione della profondità. La creazione di immagini 3D può essere vista come un processo in tre fasi: tassellatura, geometria e rendering. Nella prima fase, vengono creati modelli di singoli oggetti utilizzando punti collegati che vengono trasformati in una serie di singoli poligoni (tessere). Nella fase successiva, i poligoni vengono trasformati in vari modi e vengono applicati effetti di luce. Nella terza fase della modellazione 3D, le immagini trasformate vengono renderizzate in oggetti con dettagli molto fini.

Bibliografia

Bibliografia

Su autismo e architettura

Attaianese, Erminia. "Environmental Design and Human Performance. A Literature Review." *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association.* 2018. 486-495.

Attaianese, Erminia, e Giovanni Minucci. "Progettare percezione e piena fruizione dei siti di interesseculturale da parte di persone con autismo." *Inclusive Living II: Design for an autonomousand independent living*, 2019: 302-311.

Baumers, Stijn, e Ann Heylighen. "Beyond the Designers' View: How People with Autism Experience Space." *Design Research Society Conference 2010.* Montreal, 2010. 1-9.

Bielak, Zasadzka -Maria , e Agnieszka -Bugno Janik. "Shaping the Space for Persons with Autism Spectrum Disorder." *Advances in Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure. Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure.* Orlando, Florida, USA: Springer, 2019. 131–139.

Bugno-Janik, Agnieszka , e Maria Bielak-Zasadzka. "Quality of the Built Environment from the Point of View of People with Autism Spectrum Disorder." *Advances in Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure. Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure.* Orlando, Florida, USA: Springer, 2018. 68-78.

Giofrè, Francesca. *Autismo, protezione sociale e architettura.* Firenze: Alinea Editrice, 2010.

Heylighen, Ann, e Stijn Baumers . "Beyond Known Worlds. A Fragmentary Exploration of Encounters between Autism and Designing Space, Design and Complexity." *Design Research Society Conference 2010.* Montreal (Canada), 2010. 1-8.

Kinnaer, Marijke, Stijn Baumers, e Ann Heylighen. "Autism-friendly architecture from the outside in and the inside out: An explorative study based on autobiographies of autistic people." *Journal of Housing and the Built Environment* 31 (2016): 179-195.

Love, Joan. "Sensory spaces: sensory learning – an experimental approach to educating future designers to design autism schools." *Archnet-IJAR* 12 (Nov 2018): 152-169.

Mostafa, Magda. "ARCHITECTURE FOR AUTISM: Autism ASPECTSS™ in School Design." *International Journal of Architectural Research: Archnet-IJAR*, n. 8 (2014): 143-158.

Mostafa, Magda. "Architecture for autism: Built environment performance in accordance to the autism ASPECTSS™ design index." *Design Principles and Praticties. An International Journal – annual Review.*, 25 July 2015: 55-71.

Mul, Cari-lene, Flavia Cardini , Steven D Stagg, e Shabnam Sadeghi-Esfahlani . "Altered bodily self-onsciousness and peripersonal space in autism." *Autism : the international journal of research and practice*, Nov 2019: 2055-2067.

Mykola, Gorokhov. *ARCHITECTURAL DECISIONS FOR PEOPLE WITH AUTISM,.* Kaunas : University of Technology, 2016, 1-4.

Pomana, Andrei . "Architecture for Autism. Improving Designs for Autistic Integration." *ICAR 2015 - PROCEEDINGS: International Conference on Architectural Research .* Bucarest, Romania: Ion Mincu Publishing House Bucarest, 2015. 5pp.

Scott, Iain. "Designing learning spaces for children on the autism spectrum." *Good Autism Practice (GAP)* 10, n. 1 (2009): 36-51.

Talu, Valentina, e Giulia Tola. *La città per immagini. Verso la definizione di un insieme di requisiti spaziali per la progettazione di città autism friendly.* LISt Lab, 2018.

Troncoso, Marcia, e Neusa Cavalcante. "Autismo e conforto ambiental." *16° Ergodesign – Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Tecnológica.* Santa Catarina, em Florianópolis: Blucher Design Proceedings, 2017. 1425-1434.

Su autismo e disabilità

APA - American Psychiatric Association. "DSM-5. Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali." Milano: Raffaello Cortina, 2014.

Bellanca, Nicolò, Mario Biggeri, e Francesca Marchetti. *La Disabilità Nell'approccio Delle Capability.* Working Paper n.04, Firenze: Dipartimento Scienze Economiche, 2009.

Biggeri , Mario . *l'approccio delle Capability applicato alla disabilità: dalla teoria dello sviluppo umano alla pratica.* Dossier, Firenze: umanaMENTE, 2011.

CENSIS. *I disabili più diseguali nella crescita delle diseguaglianze.* Comunicato Stampa, Roma: CENSIS, 2014.

CENSIS. *Le disabiità oltre l'invisibilità istituzionale. il ruolo delle famiglie e dei sistemi del welfare.* Primo rapporto di ricerca. Le disabilità tra immagini, esperienze e emotività, Roma: CENSIS, 2010.

Gardner, Howard . *Educazione e sviluppo della mente. Intelligenze multiple e apprendimento.* Trento: Erikson, 2006.

Gardner, Howard. *Sapere per comprendere.* Milano: Feltrinelli, 1999.

Griffo, Giampiero . "Diritti umani e persone con disabilità ." *Italian Journal of Disability Studies* (ANCIA) 1, n. 1 (settembre 2013).

Ianes, Dario. *La didattica per i Bisogni Educativi Speciali. Strategie e buone prassi di sostegno inclusivo.* Trento: Erickson, 2008.

Karakas, Fahri, Manisaligil Alperen , e Emine Sarigollu . "Management learning at the speed of life: Designing reflective, creative, and collaborative spaces for millenials." *The International Journal of Management Education* 13 (2015): 237-248.

Leonardi, Matilde . *ICF Classificazione Internazonale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute.* Gardolo (TN): Edizioni Erickson, 2008.

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. *BES – Alunni con bisogni educativi speciali (Direttiva ministeriale 27 dicembre 2012 e Circolare Ministeriale 6 marzo 2013, n. 8) Piano per l'inclusione scolastica. Materiali e proposte per la formazione dei docenti a.s. 2013-2014.* Nota USR, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della RicercaUfficio Scolastico Regionale per l'Emilia Romagna, 2013.

Ministero dell'Istruzione. *PAC – PCP "Tecnologie per l'autismo" pubblicazione atti di gara.* 13 giugno 2019. https://www.miur.gov.it/-/pac-pcp-tecnologie-per-l-autismo-pubblicazione-atti-di-gara?inheritRedirect=true.

Moscone, Davide, e David Vagni. "L'educazione cognitivo – affettiva e le condizioni dello spettro autistico ad alto funzionamento." *Autismo e disturbi dello sviluppo* 11, n. 1 (Gennaio 2013): 39-71.

Parsons, Sarah, Karen Guldberg , Andrea MacLeod , e Glenys Jones. *International review of the literature of evidence of best practice provision in the education of persons with autistic spectrum disorders. National Council for Special Education, 2009.* NCSE research reports, Birmingham: University of Birmingham, 2009.

Pedagogia in movimento. 05 febbraio 2016. https://pedagogiainmovimento.wordpress.com/2016/02/05/qual-e-la-differenza-tra-integrazione-e-inclusione/.

Shakespeare, Tom , e Nicholas Watson. "The social model of disability: an outdated ideology?" *Research in Social Science and Disability* (JAI Press) 2 (2002).

Terzi, Lorella. "Disability and Civic Equality: a Capability Perspective." *Italian Journal of Disability Studies* (ANICIA) 1, n. 1 (Settembre 2013).

Su autismo e percezione visiva

Bermudez, Josè Luis, Antony Marcel , e Naomi Eilan. *The body and the self.* Cambridge: MITPress, 1998.

Bogdashina, Olga. *Le percezioni sensoriali nell'autismo e nella sindrome di Asperger.* Vignate (MI): Uovonero, 2015.

Brosnan, Mark J., Fiona J. Scott, e Simone Pye Fox . "Gestalt processing in autism: failure to process perceptual relationships and the implications for contextual understanding." *Journal of Child Psychology and Psychiatry.* 45:3 (2004): 459–46.

Burnette, Courtney P., Peter C. Mundy , Jessica Meyer , Steven K. Sutton, Amy E. Vaughan, e David Charak . "Weak Central Coherence and Its Relations to Theory of Mind and Anxiety in Autism." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 35, n. 1 (2005): 63-73.

Chen, Chung-Hao, Jonna Bobzien , Ann Bruhn, e Mi Zhang. "The First Step Toward Reconstructing Visual Perception and Cognition in Autism." *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetic.* San Diego, CA, USA: IEEE, October 5-8, 2014. 1171-1174.

Creedon, Margaret P. . "Autism and Sight or Hearing Loss The Diagnostic Challenges of Dual Disorders, Virginia: Autism Advocate." *Autism Advocate*, 2006: 1-4.

Dakin, Steven, e Uta Frith. "Vagaries of Visual Perception." *Autism, Neuron* 48 (November 2005): 497–507.

Delacato, Carl H. *The ultimate stranger, the autistic child.* Garden City, NY: Doubleday, 1974.

Franklin, Anna, Paul Sowden, Rachel Burley , Leslie Notman , e Elizabeth Alder. "Color Perception in Children with Autism." *J Autism Dev Disord*, n. 38 (2008): 1837–1847.

Gardner, Howard . *Educazione e sviluppo della mente.* Trento: Centro Studi Erickson, 2005.

Gradin, Temple. *Thinkink in pictures and Other Reports from my life with autism.* New York: Vintage books, 1996.

Grandin, Temple. "Autism from the Inside." *Educational Leadership* 64, n. 5 (Febr 2007): 29-32.

Guy, Jacalyn, Laurent Mottron , e Armando Bertone . "A Developmental Perspective of Global and Local Visual Perception in Autism Spectrum Disorder." *J.Autism Dev Disord* (Springer), luglio 2019: 2706-2720.

Hadad, Bat Sheva, Eugenia K. Goldstein , e Natalie N.Russo. "Atypical perception in autism." *AutismResearch.*, n. 10 (2017): 1510-1522.

Happè, Francesca, e Uta Fritch . "Autism spectrum disorder." *Current Biology* 15, n. 19 (2005): 786-90.

Happè, Francesca, e Uta Fritch. *Autismo e talento. Svelare il mistero delle abilità eccezionali.* Trento: Erickson, 2012.

Huppert, Doreen, Max Wueh, e Thomas Brandt. "Acrophobia and visual height intolerance: advances in epidemiology and mechanisms." *Journal of Neurology*, 2020: 231-240.

Landini, Alessandro. *Lo sguardo assente. Arte e autismo: il caso Savinio.* Milano: Franco Angeli., 2009.

Maule, John, Kirstie Stanworth , e Elisabeth Pellicano . "Ensemble perception of color in autistic Adults." *Autism Research*, n. 10 (2017): 839-851.

Parsons, Sarah, Karen Guldberg , Andrea MacLeod , e Glenys Jones . "International review of the literature of evidence of best practice provision in the education of persons with autistic spectrum disorders." *European Journal of Special Needs Education*, 10 mar 2011: 47-63.

Robertson, Caroline E, Kravitz , Dwight J, Cohen- Simon , Baron Freyberg Jan, e Chris I Baker. "Tunnel Vision: Sharper Gradient of Spatial Attention in Autism." *The Journal of Neuroscience*, 17 April 2013: 6776-6781.

Sheppard, Elizabeth, Danielle Ropar, e Peter Mitchel. "Perceiving the impossible: How individuals with autism copy paradoxical figures." *Autism*, 13 Jul 2009: 435-452.

Simmons, David R, Ashley E. Robertson, Lawrie S. McKay, Erin Toal, Phil McAleer, e Frank E Pollick. "Vision in autism spectrum disorders." *Vision Research* 49 (2009): 2705–2739.

Smith, Danielle, Danielle Ropar , e Harriet A Allen. "Visual integration in autism.. 2015,." *Human Neuroscience*, n. 9 (2015): 1-7.

Swart, Greta Toni. "Sensory Perceptual Issues in Autism and Asperger Syndrome Different Sensory Experiences Different Perceptual Worlds." *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, August 2006: 146-153.

Williams, Donna. *Somebody Somewhere.* London: Doubleday, 1994.

Zachi, Elaine C., Thiago L Costa , Mirella T. S. Barboni , Marcelo F. Costa , Daniela M. O. Bonci , e Dora F. Ventura. "Color Vision Losses in Autism Spectrum Disorders." *Frontiers in Psychology* 8 (2017): 1-11.

Su autismo e realtà virtuale

Abbas, Syeda Sarah , e Sehrish Kiran. "People with fear o height; Acrophobia." *WORLD JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND MEDICAL RESEARCH*, 2015: 52-53.

Anderson, Ange. *Virtual Reality, Agumented Reality and Artificial intelligece in Special Education.* New York: Routledge, 2019.

Bartolome, Nuria Aresti, e Begonya Garcia Zapirain . "Technologies as Support Tools for Persons with Autistic Spectrum Disorder: A Systematic Review." *International journal of environmental research and public health* (J. Environ), n. 11 (2014): 7767-7802.

Beach, Jason, e Jeremy Wendt. "Using Virtual Reality to Help Students with Social Interaction Skills." *The Journal of the International Association of Special Education* 1, n. 16 (2016): 26-33.

Bertacchini , Francesca, et al. "Un ambiente di apprendimento emotivo per soggetti con disturbo dello spettro autistico." *International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL).* Kazan, Russia : IEEE, 2013. 668-674.

Bradley, Ryan, e Nigel Newbutt . "Autism and virtual reality head-mounted displays: a state of the art systematic review." *Journal of Enabling Technologies*, 2018: 1-14.

Caldarelli, Aldo. "Narrazione e realtà virtuale: nuovi scenari per l'inclusione sociale." In *In Azione Prove di inclusione*, di Del Bianco Noemi Giaconi Catia, 24-33. Milano: Franco Angeli Open Access, 2019.

Cantelmi, Tonino, Michela Pensavalli , e Massimiliano Marzocca . "Realtà Virtuale ed Aumentata:implicazioni teoriche ed applicative nei contesti educativi e nella clinica." *Modelli x la mente.*, 16 Nov 2015: 9-14.

Chardonnet, Jean-R´emy, C´edric Di Loreto, Julien Ryard, e Alain Rousseau. "A Virtual Reality Simulator to Detect Acrophobia in Work-at-Height Situations." *IEEE Conference.* Allemagne: IEEE *VR*, 2018. 1-2.

Chen Li, Richard. "A Case Study on Delivering Virtual Reality Learning for Children with Autism Spectrum Disorder Using Virtual Reality Headsets." *Proceedings of EDULEARN18. International Conference on Education and New Learning Technologies.* Palma Mallorca, Spain, 2018. 728-734.

Chia Noel Kok Hwee, Kee Norman Kiak Nam. "Application of Universal Design for Learning (Udl1) and Living (Udl2) in Virtual Dolphin-Assisted Intervention (Vdai) for Children with Autism." spring 2014: 75-82.

Cobb, Sue Valerie Gray. "Virtual Environments Supporting Learning and Communication in Special Needs Education." *Top Lang Disorders* 27, n. 3 (2007): 211–225.

Cobb, Sue Valerie Gray, Luke Beardon, e Rich Eastgate . "Applied Virtual Environments to support learning of Social Interaction Skills in users with Asperger's Syndrome." *Digital Creativity* 13, n. 1 (2002): 11–22.

Coelho, Carlos M., Allison M. Waters, Trevor J. Hine, e Guy Wallis. "The use of virtual reality in acrophobia research and treatment." *Journal of Anxiety Disorders*, 2009: 563–574.

Coelhoa, Carlos Magalhães, Margarida Pocinhob, e Carlos Fernandes da Silvac. "O tratamento do medo de alturas." *Psicol. Argum* 53, n. 26 (2008): 99-108.

Cox, Daniel J, et al. "Can Youth with Autism Spectrum Disorder Use Virtual Reality Driving Simulation Training to Evaluate and Improve

Driving Performance? An Exploratory Study." *Journal of Autism and Developemental Disorders* 47 (2017): 2544- 2555.

Darken, Rudolph P., e Barry Peterson . "Spatial orientation, wayfinding, and representation." In *Handbook of Virtual Environment Technology,*, di Kay M. Stanney, 26. CRC Press, 2001.

De Oliveira, Raquel Ellem M., e Jauvane Cavalcante De Oliveira. "Virtual environments for the treatment of acrophobia. Ambientes virtualis para tratamento de acrofobia." *20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR).* Petrópolis, Brasil, 2018. 37-46.

Ehrlich , Justin . "The Effect of Global Illumination on Presence in a Virtual Environment for those with Autism Spectrum Disorder." *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques.* Los Angeles, California, USA: SIGGRAPH, 2010. 1-6.

Emmelkamp, Paul M.G., Mary Bruynzeel, Leonie Drost, e Charles A.P.G. Van der Mast. "Virtual Reality Treatment in Acrophobia: A Comparisonwith Exposure in Vivo." *CYBERPSYCHOLOGY & BEHAVIOR* 4, n. 3 (2001): 335-339.

Fitzgerald, Emily, et al. "Comparing the effectiveness of virtual reality and video modelling as an intervention strategy for individuals with Autism Spectrum Disorder: Brief report." *DEVELOPMENTAL NEUROREHABILITATION* 21, n. 3 (2018): 197–201.

Freeman Daniel, Reeve S. Jeffrey, Robinson A., Ehlers A., Clark D., Spanlang B. , Slater M. "Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders." *Psychological Medicine* 47 (2017): 2393–2400.

Geraets, Chris N.W., Wim Veling , Maartje Witlox , Anton B.P. Staring, Suzy J.M.A. Matthijssen, e Danielle Cath. "Virtual reality-based cognitive behavioural therapy for patients with generalized social anxiety disorder: a pilot study." *Behavioural and Cognitive Psychotherapy*, 2019: 1-6.

Giaconi Catia, Del Bianco Noemi,. *In Azione: prove di inclusione.* Milano: Open Access Franco Angeli, 2018.

Giofrè, Francesca. *Autismo protezione sociale e architettura.* Firenze: Alinea editrice, 2010.

Good, Judith, Sarah Parsons , Nicola Yuill , e Mark Brosnan . "Virtual reality and robots for autism: moving beyond the screen. . December 2016." *Journal of Assistive Technologies*, 2016: 211-216.

Gorini, Alessandra, Andrea Gaggioli , Cinzia Vigna , e Giuseppe Riva . "A second life for Health: prospects for the use of 3-D virtual worlds in clinical psychology." *Journal of medical Internet research* (G Eysenbach) 10 (Febr 2008): 1-11.

Guitiàn, Iglesias, José Antonio, e Agus Marco . "Interfacce uomo-macchina nella Realtà Virtuale." In *Human computer interaction. Fondamenti e prospettive.*, di A Soro, 298-330. Monza: Polimetrica, 2008.

Herrera, Gerardo, Rita Jordan, e Lucia Vera . "Abstract concept and imagination teaching through Virtual Reality in people with AutismSpectrum Disorders." *Technology and Disability* (IOS Press), n. 18 (2006): 173-180.

Herrera, Gerardo, Francisco Alcantud, Rita Jordan , Amparo Blanquer, Gabriel Labajo , e Cristina De Pablo . "Development of symbolic play through the use of virtual reality tools in children with autistic spectrum disorders." *The National Autistic Society*, Feb 2008: 143-157.

Huppert, Doreen, Max Wuehr, e Thomas Brandt. "Acrophobia and visual height intolerance: advances in epidemiology and mechanisms." *Journal of Neurology*, 2020: 1-10.

Josman, Naomi, e Patrice Lynne Weiss . "Effectiveness of Virtual Reality for Teaching Street-Crossing Skills to Children and Adolescents with Autism. . 7 (1), January 2008." *International Journal of Disability Development and Education* 7, n. 1 (2008): 49-56.

Kandalaft , Michelle R., Nyaz Didehbani, Daniel C. Krawczyk , Tandra T. Allen , e Sandra B. Chapman . "Virtual Reality Social Cognition Training for Young Adults with High-Functioning Autism." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 43 (2013): 33-44.

Ke, Fengfeng, e Moon Jewoong . "Virtual collaborative *gaming* as social skills training for high-functioning autistic children." *British Journal of Educational Technology* 49, n. 4 (2018): 728–741.

Klinger, Evelyne, et al. "Virtual Reality Therapy Versus Cognitive Behavior Therapy for Social Phobia: APreliminary Controlled Study." *Cyberpsychology & Behavior*, n. 1 (2005): 76-88.

Lan, Yu-Ju, Indy Y.T. Hsiao , e Mei-Feng Shih . "Effective Learning Design of Game-Based 3D Virtual Language LearningEnvironments for Special Education Students." *Educational Technology & Society* 21, n. 3 (2018): 213–227.

Maples-Keller , Jessica L., Brian E. Bunnell, Kim-Sae Jin , e Barbara O. Rothbaum. "The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders." *Harv Rev Psychiatry* 25, n. 3 (2017): 103-113.

Maskey, Morag, et al. "A Randomised Controlled Feasibility Trial of Immersive Virtual Reality Treatment with Cognitive Behaviour Therapy for Specific Phobias in Young People with Autism Spectrum Disorder." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 49 (2019): 1912-1927.

Mineo, A. Beth, William Ziegler , Susan Gill , e Salkin Donna. "Engagement with Electronic Screen Media Among Students with Autism Spectrum Disorders." *Springer Science+Business Media*, 15 July 2008: 172–187.

Mitchell, Peter, Sarah Parsons, e Anne Leonard . "Using Virtual Environments for Teaching Social Understanding to 6 Adolescents with Autistic Spectrum Disorders." *Journal of Autism and Developemental Disorders* 37 (2006): 589-600.

Moore, David, Yufang Cheng , Paul McGrath , e Naorman J. Powell. "Collaborative Virtual Environment Technology for People With Autism. , 20, 2005, pp." *Focus Autism Other Dev Disabl.*, 2005: 231-243.

Morganti, Francesca, e Giuseppe Riva. *Conoscenza, comunicazione e tecnologia. Aspetti Cognitivi della Realtà Virtuale.* LED on line, 2005.

Newbutt, Nigel. *La realtà virtuale per il disturbo dello spettro autistico.* 26 maggio 2018. https://www.idego.it/virtual-reality/la-realta-virtuale-per-il-disturbo-dello-spettro-autistico/.

Newbutt, Nigel. "Using Virtual reality with autistic pupils: Information and advice." *Manual / Guide.* Bristol: ACE Dept of Arts & Cultural Industries, 2018.

Newbutt, Nigel , Connie Sung , Hung-Jen Kuo, Michael J. Leahy, Chien-Chun Lin, e Boyang Tong . "Brief Report: A Pilot Study of the Use of a Virtual Reality Headset." *Autism Populations* (Springer Science+Business Media), June 2016: 3166-3176.

Newbutt, Nigel , Ryan Bradley, e Iian Conley. "Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children:Views, Experiences, and Future Directions." *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking.* 23, n. 1 (2020): 23-33.

Newbutt, Nigel, C Sung, HJ Kuo, e M. J Leahy. "The potential of virtual reality technologies to support people with an autism condition: A case study of acceptance, presence and negative effects." *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine (ARCTT)*, 4 Mar 2016: 149-154.

Ortiz, Jessica S., et al. "Realism in Audiovisual Stimuli for Phobias Treatments through Virtual Environments." *Conference in Lecture Notes in Computer Science.* 2017. 1-14.

Parsons, Sarah , Luke Beardon, H R Neale, e Gail Hopkins. "Development of social skills amongst adults with Asperger's Syndrome using virtual environments: the 'AS Interactive' project." *Proc. 3rd Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.* Alghero: ICD*V*RAT/ University of Reading, UK, 2000. 163-170.

Parsons, Sarah, e Cobb Sue. "State-of-the-art of Virtual Reality technologies for children on the autism spectrum." *European Journal of Special Needs Education* 26, n. 3 (2011): 355-366.

Parsons, Sarah, Peter Mitchell, e Anne Lancaster. "The Use and Understanding of Virtual Environments by Adolescents with Autistic Spectrum Disorders." *Journal of Autism and Developmental Disorders* , 2004: 449-466.

Ponsaran, Nicole Russo, Clark McKown, Jason Johnson , Jaclyn Russo , Jacob Crossman , e Ilana Reife. "Virtual Environment for Social Information Processing: Assessment of Children with and without Autism Spectrum Disorders." *International Society for Autism Research*, 2017: 305-318.

Rajendran, Gnanathusharan . "Virtual Environmental and autism: a developmental Psycopathological approach." *Journal of Computer Assisted Learning* (John Wiley & Sons Ltd, UK,) 29 (2013): 334-347.

Realpe, Alba , et al. "Co-designing a virtual world with young people to deliver social cognition therapy in early psychosis." *Early Intervention in Psychiatry*, 2020: 37-43.

Saiano, Mario , et al. "Natural interfaces and virtual environments for the acquisition of treet crossing and path following skills in adults with Autism Spectrum Disorders: a feasibility study." *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2015: 1-13.

Schuemie, Martijn J., Mary Bruynzeel, Leonie Drost, Marthe Brinckman, Gera A. de Haan, e Paul M. G. Emmelkamp. "Treatment of Acrophobia in Virtual Reality: a Pilot Study." *J Telemed Telecare*, 2000: 215-220.

Strickland , Dorothy. *Virtual Reality for the Treatment of Autism, Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology.* Amsterdam, Netherlands,: Ios Press: , 1997.

Strickland, Dorothy. "Brief Report: Two Case Studies Using Virtual Reality as a Learning Tool for Autistic Chidren." *JADD* 26, n. 6 (1996): 651-659.

Strickland, Dorothy, Claire D. Coles, e Louise B. Southern. "JobTIPS: A Transition to Employment Program for Individuals with Autism Spectrum Disorders." *Journal of Autism and Developemental Disorders* 43 (2013): 2472-2483.

Thompson, Andrew , et al. "Using Virtual Worlds to Deliver Social Cognitive Therapy in Psychosis." *EARLY INTERVENTION IN PSYCHIATRY* (WILEY), 2018: 75-75.

Wade, Joshua William. "Design and Evaluation of a Virtual Reality Adaptive Driving Intervention Architecture (VADIA): Applications in Autism Spectrum Disorder." *Thesis Submitted to the Faculty of the Graduate School of Vanderbilt University in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE in Computer Science.* Nashville , Tennessee, December 2015.

Wagner, S., K. Illner, M. Weber, Preim B., e Saalfeld P. "*VR* Acrophobia Treatment – Development of Customizable Acrophobia Inducing Scenarios." *Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine.* K. Nieselt and R. G. Raidou, 2020. 1-5.

Wallace, Simon, Sarah Parsons , e Anthony Bailey . "Self-reported sense of presence and responses to social stimuli by adolescents with autism spectrum disorder in a collaborative virtual reality environment." *Journal of Intellectual & Developmental Disability* 42, n. 2 (2017): 131-141.

Wallace, Simon, Katie White, Kathy White, Anthony Bailey, Sarah Parsons, e Alice Westbury. "Sense of presence and atypical social judgments in immersive virtual environments." *Autism Online First.*, 2010: 1-15.

Wang, Xianhui, Wanli Xing , e James M. Laffey . "Autistic youth in 3D game-based collaborative virtual learning: Associating *avatar* interaction *patterns* with embodied social presence." *British Journal of Educational Technology* 49, n. 4 (2018): 742-760.

Weinel, Jonathan, Stuart Cunningham , e Jenni Pickles . *Deep Subjectivity and Empathy in Virtual Reality: A Case Study on the Autism TMI Virtual Reality Experience.* Vol. 1 - Technologies. Human–Computer Interaction Series, in *New Directions in Third Wave Human-Computer Interaction,* di Tzankova V. (eds). Filimowicz M., 183-203. Cham: Springer, 2018.

Zimmons, Paul Michael. "The Influence of Lighting Quality on Presence and Task Performance in Virtual Environments." *Ph.D. Dissertation.* Chapel Hill, North Carolina : The University of North Carolina at Chapel Hill, 2004.

Su disegno e rappresentazione

Amoruso, Giuseppe. *La ricerca nel disegno di design.* Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore, 2011.

Amoruso, Giuseppe, Alberto Sdegno, e Veronica Riavis. "Ricostruzione virtuale di uno spazio illusorio. la prospettiva solida di Giovanni Maria Bitonto a Bologna / Virtual reconstruction of an illusory space. The relief-perspective by Biovanni Maria Bitonto in Bologna." In *Dibujar, construer, sonar. Investigaciones entorno a la expression gráfica aplicada a la edificación / Drawing, building, dreaming. Research on graphic expression applied to building*, di J. Gual Ortí, M. Cabeza González, C. García-García F. Felip Miralles. Tirant lo Blanch, 2016.

Argenton, Alberto. *Arte e cognizione. Introduzione alla psicologia dell'arte.* digital edition. Milano: Raffaello Cortina Editore, 2017.

Arnheim, Rudolf. *Arte e percezione visiva* . 1954. Traduzione di Gillo Dorfles. Milano: Feltrinelli, 1997.

Arnheim, Rudolf. *La dinamica della forma architettonica.* Traduzione di Maurizio Vitta. Sesto San Giovanni MI: MIMESIS, 2019.

Arnheim, Rudolf. *Pensiero visuale.* Sesto San Giovanni MI: MIMESIS, 2013.

Beltrame, Renzo. "La percezione dello spazio tridimensionale: architettura e prospettiva." *Methodologia*, 1989: 1-16.

Buccaro, A., e C. DeSeta. "VI convegno Internazionale di Studi CIRCE 2014." *Città Mediterranee in trasformazione.* Napoli, 2014.

Bussolon, Stefano, e Diego Varotto. "La Realtà Virtuale nello studio della cognizione spaziale, p. 1-7." *http://www.hyperlabs.net/.* 2019. http://ip146181.psy.unipd.it/varotto/diego_file/spaziale1.pdf.

Calligani, Daniela. *I Bibiena una famiglia in scena: da Bologna all'Europa.* Firenze: Alinea editrice, 2002.

Cardone, Vito. *Un approccio innovativo allo studio delle prospettive architettoniche di Campania e Basilicata.* Vol. I, in *Prospettive architettoniche. Conservazione Digitale, divulgazione e studio*, di Mario Valenti, 941. Roma: sapienza Università Editrice, 2014.

Carpenzano , Orazio. *Idea immagine architettura. Tecniche d'invenzione architettonica e composizione.* Roma:Gangemi, 2012.

D'Acunto, Giuseppe, e Agostino De Rosa. *La vertigine dello sguardo. Tre saggi sulla rappresentazione anamorfica.* Venezia: Libreria Editrice Cafoscarina, 2002.

De Rosa, Agostino. *L'infinito svelato allo sguardo. Forme della rappresentazione estremo-orientale. , .* . Torino: Città studi edizioni, 1998.

De Rosa, Agostino. "gli obliqui sentieri dell'illusione architettonica." In *La vertigine dello sguardo. tre saggi sulla rappresentazione anamorfica*, di A.De Rosa G.D'acunto, 227-259/284-291. Venezia: Cafoscarina, 2002.

Del Duca, Graziella. "Ambientazioni architettoniche virtuali fra Barocco ed età contemporanea." *tesi di dottorato.* Firenze: Università di Firenze, 2014.

Di Tore, Pio Alfredo, Stefano Di Tore, Giuseppina Rita Mangione , e Felice Corona. "Spazio, movimento, prospettiva ed empatia: un prototipo di videogame didattico." *Form@re, Open Journal per la formazione in rete* 14, n. 3 (2014): 43-61.

Farneti, Fauzia., e Deanna Lenzi. *Realtà e illusione nell'architettura dipinta.* Firenze: Alinea editrice, 2006.

Florio, Vincenzo. *Sul disegno. Riflessioni sul disegno di architettura.* Roma: Officina Edizioni, 2012.

Gay, Fabrizio. "Tra reliquia e teorema: l'oggetto prospettico." In *Prospettive architettoniche. Conservazione digitale, divulgazione e studio*, di Mario Valenti, 941. Roma: Sapienza Università Editrice, 2014.

Gibson, James Jerome. "The ecological approach to the Visual perception of pictures." *Leonardo* (The MIT Pess) 11 (1978): 227-235.

Hall, Twitchell Edward. *La dimensione nascosta.* Milano: Bompiani, 1968.

Katz, David. *La psicologia della forma.* Torino: Bollati Boringhieri, 1992.

Marcolli , Attilio. *Teoria del Campo 1.* Firenze: Sansoni, 1971.

Marcolli, Attilio. *Teoria del Campo 2.* Firenze: Sansoni, 1978.

Novello , Giuseppa, e Massimiliano Lo Turco. *La tridimensionalità dell'Architettura e la sua rappresentazione: un ponte sospeso tra le interpretazioni dei trattatisti italiani del XVI secolo e le metodologie di elaborazione della contemporaneità.* Vol. II, in *El Arquitecto, de la tradiciòn al siglo XXI*, di Enrique Castaño Perea Ernesto Echeverría Valiente, 1241-1250. Alcalà-España: Universidad de Alcalá, Fundación General de la Universidad de Alcalá, 2016.

Pagliano, Alessandra. "Strategie comunicative per la trasmissione del valore: il teatro Miseno e di Pietrabbondante." In *Sistemi di conoscenza per l'Archeologia. I luoghi dei teatri e degli anfiteatri romani in Campania*, di Massimiliano Campi, 57-64. Napoli, 2017.

Pagliano, Alessandra. "Strategie comunicative per la valorizzazione dei beni culturali: la realtà aumentata per il Sacello degli Augustali a Miseno." *39 Convegno internazionale dei docenti di discipline della rappresentazione. territori e frontiere della rappresentazione.* Napoli: UID, Unione Italiana Disegno, 2015. 555-564.

Panofsky, Erwin. "Perspective as Symbolic Form." Broadway: Zone Book, 1991.

Pellegatta , Cristina. "Immagine o Disegno?" *Convegno UID 2019.* Perugia: Gangemi Editore International, 2019. 183-191.

Rossi, Daniele, e Alessandro Olivieri. "First person shot: la prospettiva dinamica interattiva negli ambienti virtuali immersivi." *Convegno UID.* Perugia: Gangemi Editore International, 2019. 977-984.

Taddio, Luca. "Fare cose con i fenomeni. Immagini e percezione: Magritte e la natura delle rappresentazioni pittoriche." *Rivista di estetica: Arte, psicologia e realismo* 48 (2011): 175-201.

Triggianese, Angelo. "Epifanie della visione." *tesi di dottorato XXV ciclo.* DIARC Università FedericoII di Napoli, s.d.

Sulla realtà virtuale

Baglioni , Leonardo , e Romor Jessica. *Creazione e impiego di fotografie panoramiche.* Materiali del Corso di Fondamenti e Applicazioni della Geometria Descrittiva, Sapienza Università di Roma, 2013.

Bonatto, Daniele, Sègolène Rogge, Arnaud Schenkel, Rudy Ercek, e Gauthier Lafruit. "Explorations for Real-Time Point Cloud *rendering* of natural scenes in Virtual Reality." *International Conference on 3D Imaging (IC3D).* 2016. 1-7.

Carassa, Antonella, Francesca Morganti, e Maurizio Tirassa . "A Situated Cognition Perspective on Presence." *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society.* Erlbaum, 2005. 197-217.

Colace, Giuseppe, e Muratori Mario. "Televisione stereoscopica. Le basi della tecnica stereoscopica." *Elettronica e Telecomunicazioni.* 2004. http://www.crit.rai.it/eletel/2004- 2/42- 4.pdf.

Crassa, Antonella, Francesca Morganti, e Maurizio Tirassa . "A Situated Cognition Perspective on Presence." *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society.* California Digital Library, 2005. 384-389.

De Rubertis, Roberto. "Il progetto XY digitale." *Editoriale*, Gennaio 2016.

Eletti, Valerio. "l'opera d'arte nell'epoca della multimedialità." *Art e Dossier*, marzo 1995: 8-13.

Ernest, Adams. "The construction of ludic space." *level up conference proceeding.* Utrecht, The Netherlands: DiGRA, 2003.

Gunzel, Stephan. "The space-image. Interactivity and spatiality of computer games." *Philosophy of computer Games* (University press), 2008: 170-188.

ISPR. "The Concept of Presence: Explication Statement." *ISPR.* 2020. https://ispr.info/about-presence-2/about-presence/.

Jerald, Jason. *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality.* Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool Publishers. ACM Books, 2015.

Jerald, Jason, Tabitha Peck, Frank Steinicke, e Mary C Whitton. "Sensitivity to Scene Motion for Phases of Head Yaws." *Conference: Proceedings of the 5th Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization.* Los Angeles, California, USA,: APGV, 2008. 155-161.

Kim, Dong Wook, Young Moo Kwon, Park Q.Han, e Kim Sung Kyu. "Analysis of a head-mounted display-type multifocus display system using a laser scanning method." *Optical Engineering* 50, n. 3 (2011).

McGregor, Georgia Leigh. "Gamespace. Play & Architecture in Videogames." *Doctoral thesis of Philosophy.* New South Wales: School of Media Arts, University, 2009.

Meschini, Emanuele. *Gamification e musei: trasformare la visita in un gioco per attirare visitatori.* 2018. http://musefirenze.it/blog/gamification-musei-visita-gioco/.

Morganti, Francesca, e Giuseppe Riva. *Conoscenza, comunicazione e tecnologia. Aspetti Cognitivi della Realtà Virtuale.* LED on line, 2005.

Nakamura, Yugo . "Point of view." May 2017. http://tha.jp/5680/.

Nilsson , Niels Christian, Rolf Nordahl , e Stefania Serafin . "Immersion Revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence." *Humantechnology* 12, n. 2 (2016): 108-134.

Pasquino , Germana. *Interazione Uomo Macchina nella Progettazione Industriale:l'utilizzo della Realtà Virtuale come Strumento di Progettazione.* Tesi di Dottorato, Reggio calabria: Facoltà di Ingegneria, Università della Calabria, 2007/2008.

Ravasio, Antonio. "L'impiego dei sistemi di realtà virtuale in Psicologia Clinica." *Scienze dell'interazione* 3, n. 1 (2011): 47-69.

Slater, Mel. "2009. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments." *Phiolophical Transactions of Royal Society*, 2009: 3549–3557.

Tomasz , Mazuryk , e Gervautz Michael . *Virtual Reality. History, Applications, Technology and Future.* Institute of Computer Graphics Vienna University of Technology, Austria, 1996.

Unali , Maurizio. *Verso un Atlante della Città Virtuale. Estetiche "a 72 DPI".* Roma: Edizioni Kappa, 2008.

Veitch, Jennifer. "Psychological processes influencing lighting quality." *Journal of the Illuminating Engineering Society* 30, n. 1 (2001): 124-140.

Wissam, Wahbeh. *Architectural Digital Photogrammetry Panoramic Image-Based Interactive Modelling.* Tesi di Dottorato di Ricerca - Ciclo XXIII, Dipartimento della Storia, Disegno e Restauro dell'architettura, Roma: Università degli Studi di Roma"La Sapienza", 2011.

Wuthrich , Charles A. *Computer Graphics: 5-The graphics Pipeline.* materiali del corso Medieninformatik, Fakulttat Medien, Weimar: Bauhaus-Universitat Weimar,, s.d., 1-54.

Altro

Balcetis, Emily , e G. Daniel Lassiter. *Social Psychology of visual perception.* New York and Hove: Psychology Press, 2016.

Cassirer, Ernst. *Eidos ed idolo. Il problema del bello e dell'arte nei dialoghi di Platone.* Milano: Cortina, 2009.

Commission, European. *Priorities for 2014-2020.* s.d. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/how/priorities/2014-2020/.

Gresleri, Jacopo. "L'architettura di Mies Van der Rohe, fra Kandinskij e Ejzenštejn. Una possibile rilettura del Padiglione di Barcellona." *castelli di Yale* VIII, n. 1 (2020): 111-134.

MIUR. *Piano Nazionale Scuola Digitale (PNSD) aggiornato con decreto del Ministro dell'istruzione 30 aprile 2021, n. 147.* MIUR, 2015.

Neumeyer, Fritz . *Mies Van der Rohe, la parabla sin artificio.* Madrid : El Croquis, 1995.

Ottolini, Gianni. *Forma e significato in architettura.* Roma- Bari : Università Laterza, 1996.

Sacks , Oliver. *Un antropologo su Marte. Sette racconti paradossali.* Milano : Adelphi, 1995.

Zevi, Bruno. *Architettura in Nuce.* Venezia-Roma: Istituto per la collaborazione culturale, 1960.

Lo studio si colloca nel settore scientifico disciplinare del disegno focalizzando l'attenzione sulle problematiche dell'autismo e sulla possibilità di guidare la percezione dello spazio architettonico attraverso il ricorso alla realtà virtuale. Si intende così ribadire la necessità che le discipline della rappresentazione possano contribuire in maniera determinante a un ambito di ricerca finora dominato dalle sole discipline mediche, pedagogiche e tecnologiche costituendosi, non solo come interprete della sintassi spaziale, ma anche come *medium* interdisciplinare per osservare con una nuova ottica i dati di *output* della sperimentazione. Il presente studio, per il suo carattere polifunzionale, integra le visioni congiunte di più ambiti teorici; oltre a quello più specifico del disegno, anche il settore ergonomico, pedagogico, museale e l'area delle neuroscienze.
La ricerca intende spostare il *focus* d'attenzione, dagli aspetti tecnologici dello strumento digitale, all'utente, con lo scopo di incrementare il potenziale della realtà virtuale come *medium* educativo e inclusivo. Si incrementa, in tal modo, la qualità dei contenuti culturali che il patrimonio architettonico può comunicare, estendendo a chiunque l'accesso alla conoscenza dei suoi valori spaziali.

Anna Lisa Pecora ha conseguito un dottorato di ricerca in tecnologie sostenibili recupero e rappresentazione dell'architettura presso l'Università Federico II di Napoli. Dal 2005 insegna discipline geometriche architettoniche e scenotecniche nella scuola secondaria superiore come docente di ruolo.

ISBN: 978-88-6887-174-1
DOI: 10.6093/978-88-6887-174-1

9 788868 871741