



UNIVERSITÀ DI PISA

Laurea Magistrale in Informatica umanistica

Seminario di Cultura Digitale

Prof.ssa Enrica Salvatori

Prof.ssa Maria Simi

“Disabili digitali: dal Web agli Ambienti virtuali”

di Elisa Salatti

Matricola n. 520534

Indice

1. Introduzione.....	2
1.1 Disabilità: definizione e numeri.....	2
1.3 Oltre la classifica.....	3
2. Web per disabili.....	5
2.1 Chi accede a internet.....	5
2.2 L'accessibilità.....	6
2.3 Disabili al computer: problemi e soluzioni.....	6
2.4 Linee guida all'accessibilità.....	8
2.5 Accessibilità in Italia: la normativa.....	10
2.6 Strumenti di valutazione dell'accessibilità.....	11
2.7 Accessibilità e Legge Stanca: analisi del sito web del Comune di Livorno.....	13
3. Disabili e ambienti virtuali.....	16
3.1 Cosa sono gli ambienti virtuali.....	16
3.2 Interfacce e tecnologie.....	17
3.3 Utilizzi.....	18
3.4 Ricerche del Laboratorio PERCRO per aiutare i disabili.....	19
3.5 Una nuova proposta: gli ambienti virtuali per i bambini della Stella Maris.....	21
4. Conclusioni.....	22
Bibliografia / Sitografia.....	23

1. Introduzione

Utilizzare un computer, mandare un email o accedere a internet sono ormai delle operazioni che ognuno di noi, chi più chi meno, riesce a svolgere. Ancor più di queste, sono le attività quotidiane come il lavarsi, il legarsi le stringe o il mangiare, quelle che riusciamo a portare a termine con maggior naturalezza e facilità.

Tuttavia, questo è vero solo in parte, perché ci sono molte persone, in Italia e nel mondo, per le quali anche le attività che per noi risultano decisamente semplici, presentano in realtà degli ostacoli e delle difficoltà, talvolta insuperabili.

Per molti disabili, ad esempio, navigare sul Web potrebbe rappresentare una grande opportunità, ma risulta spesso difficile, soprattutto a causa delle barriere architettoniche imposte dalla scarsa accessibilità di molti siti presenti sulla Rete.

Questo testo si pone dunque l'obiettivo di mostrare come il mondo del digitale, in particolare internet e gli ambienti virtuali, potrebbe, da una parte, essere migliorato in modo tale da garantirne l'utilizzo a chiunque e, dall'altra, fornire degli strumenti e delle applicazioni utili al miglioramento della vita di una persona disabile.

Dopo una breve introduzione relativa al concetto di disabilità, verranno trattati due temi differenti, ovvero l'accessibilità ai siti Web e gli ambienti virtuali, in particolare il modo in cui le potenzialità di questi due mondi potrebbero migliorare alle vite di persone disabili. Nell'ultimo paragrafo relativo al Web (n. 2.7) vengono mostrati e commentati i risultati di un'analisi dell'accessibilità effettuata sul sito del Comune di Livorno. Nel paragrafo conclusivo del capitolo che riguarda gli ambienti virtuali (n. 3.5), invece, viene proposta un'idea personale relativa all'utilizzo degli ambienti virtuali come supporto didattico per i bambini dell'istituto Stella Maris.

1.1 Disabilità: definizione e numeri

Il termine disabilità racchiude un concetto molto ampio e complesso. Se pensiamo a una persona disabile, probabilmente, ci verrà in mente per prima cosa una persona su una carrozzina. Ma disabile non significa solo questo. Per comprendere meglio tutti gli aspetti legati al termine disabilità è necessaria prima un'analisi della sua definizione.

A partire dagli anni Cinquanta l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha sviluppato differenti strumenti di classificazione aventi lo scopo di migliorare la qualità della diagnosi di patologie organiche, psichiche e comportamentali degli individui, tramite l'osservazione e l'analisi

delle stesse.

Dopo alcuni tentativi di realizzazione di tali strumenti, che tuttavia presentavano dei grossi limiti nelle loro applicazioni, nel 2001 l'OMS ha elaborato l'ICF, ovvero la "Classificazione Internazionale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute", nella quale viene proposto un nuovo concetto di disabilità, definita come "fenomeno multidimensionale risultante dall'interazione tra persona e ambiente fisico/sociale in cui agisce". In quest'ultima classificazione vengono identificate le difficoltà di funzionamento della persona sia a livello personale che nella partecipazione sociale.

Data questa definizione di disabilità proposta, la classificazione ICF riguarda tutte le persone. Questo perché, come una persona su una sedia a rotelle è sicuramente disabile, ma potenzialmente può smettere di esserlo se si eliminano tutte le barriere architettoniche, così una persona normodotata che si trova ad agire all'interno di un contesto sociale a lei sfavorevole può diventare disabile, trovandosi limitata nella capacità di compiere un'attività in un modo considerato normale.

Il primo "Rapporto Mondiale sulla disabilità" (2011, OMS e Banca mondiale) rivela che circa il 15% della popolazione mondiale, pari a oltre un miliardo di persone, vive con qualche forma di disabilità. Il 20% di questi ultimi si trova a dover affrontare difficoltà molto significative nella vita quotidiana. Inoltre, a causa dell'invecchiamento della popolazione e dell'aumento globale delle malattie croniche, le percentuali di disabilità stanno aumentando.

Sono circa 37 milioni i cittadini dell'Unione Europea con disabilità.

Per quanto riguarda l'Italia, l'ISTAT dichiara che i disabili presenti nel nostro Paese sono il 4,8% della popolazione, ovvero circa 3 milioni di persone.

1.3 Oltre la classifica

Strumenti come l'ICF devono essere solo il primo passo per affrontare il problema della disabilità. Una classificazione è sì necessaria per individuare le cause delle patologie, gli effetti delle stesse sulle persone e soprattutto chi sono gli individui che ne soffrono, ma oltre ad essa è necessario un grande lavoro di supporto alle persone disabili e sensibilizzazione della popolazione.

La totale eliminazione delle barriere architettoniche è forse un sogno irraggiungibile, ma è comunque necessario porsi tale obiettivo e cercare di comprendere quali possono essere i problemi riscontrati dalle persone disabili all'interno della loro quotidianità, in modo tale da aiutare tali individui a superarli.

Circa 1 milione di italiani sono invalidi motori, 600mila sordi e 350mila ciechi e ipovedenti. Oltre a questi si hanno problemi cognitivi, dovuti a patologie o anzianità, come afasia, dislessia o ritardi

mentali.

L'aiuto che si deve “offrire” a persone con questi tipi di problemi deve arrivare prima di tutto dalla sanità, ma può essere ottenuto anche tramite una buona progettazione dell'architettura urbana, l'inserimento scolastico o lavorativo.

Oltre a questi aspetti, molti dei quali sono regolati da diverse leggi e decreti, sarebbe necessario sensibilizzare la popolazione al problema della disabilità, perché ognuno di noi, nel suo piccolo, potrebbe riuscire a contribuire a migliorare la vita di molte persone.

Negli ultimi decenni il processo tecnologico ha portato una molteplicità di apparecchi elettronici nelle nostre case, contribuendo a cambiare notevolmente le nostre vite. Per quanto esistano degli aspetti negativi di questa “invasione tecnologica casalinga”, tali apparecchi possono aiutarci a svolgere più rapidamente ed efficacemente le nostre attività quotidiane, ma possono anche essere un mezzo attraverso il quale una persona disabile può riuscire a superare le barriere che la separano dall'essere classificata come “normodotata”. Affinché ciò sia possibile, è ancor più necessario che tali tecnologie vengano progettate e sviluppate tenendo in considerazione anche le problematiche che possono riscontrare le persone disabili, così che anche queste possano usufruirne. Ad esempio, nella progettazione di una pagina web lo sviluppatore dovrebbe fornire alternative testuali per ogni immagine che inserisce.

Oltre allo sviluppo di interfacce o strumenti informatici utilizzabili da chiunque, a prescindere dalle caratteristiche fisiologiche o sociali, esistono molti progetti tecnologici, che riguardano anche gli ambienti virtuali, il cui target sono unicamente le persone disabili e il cui scopo è quello di aiutarle a svolgere le attività quotidiane.

2. Web per disabili

2.1 Chi accede a internet

Dal punto di vista dei normodotati internet rappresenta una tecnologia che allarga le proprie possibilità individuali. Tuttavia, per molti disabili, internet può invece diventare sinonimo di emarginazione. Questo perché l'accesso al web risulta essere diseguale e influenzato da fattori fisici o sociali.

Da un'indagine dell'ISTAT del 2006 è emerso che il 42,2% della popolazione di 6 anni e più utilizza il pc, ma solo il 12,3% della popolazione con limitazioni all'autonomia personale e il 9,4% di quella con gravi limitazioni. Per quanto riguarda l'accesso ad internet, questo viene effettuato dal 34,1% della popolazione di 6 anni e più, dal 9,3% della popolazione con limitazioni all'autonomia personale e il 6,5% di quella con gravi limitazioni.

Tavola 5.12 - Persone di 6 anni e più che per frequenza con cui usano internet, grado di autonomia personale e classe di età - Anno 2006 (per 100 persone con le stesse caratteristiche)

CLASSI DI ETÀ	Sì	Tutti i giorni	Una o più volte alla settimana	Qualche volta al mese	Qualche volta l'anno	Mai
CON RIDUZIONE DI AUTONOMIA ELEVATA						
6-24	39,2	4,2	24,9	5,1	5,0	58,8
25-44	20,8	8,5	6,8	4,1	1,3	73,6
45-64	14,9	7,6	5,3	1,1	1,0	79,9
65-74	2,1	0,6	0,4	0,7	0,5	91,6
75 e più	0,2	0,2	-	-	0,1	96,1
Totale	6,5	2,6	2,4	0,9	0,6	88,7
CON RIDUZIONE DI AUTONOMIA ELEVATA O PARZIALE						
6-24	57,0	16,5	28,8	6,3	5,4	42,1
25-44	31,3	12,7	12,5	4,4	1,8	63,8
45-64	15,2	6,8	4,7	2,2	1,5	81,2
65-74	2,7	1,0	0,9	0,5	0,3	92,7
75 e più	0,4	0,3	0,1	-	0,0	96,6
Totale	9,3	3,8	3,5	1,3	0,8	87,1
COMPLESSO DELLA POPOLAZIONE						
6-24	50,4	15,3	24,2	7,7	3,2	46,6
25-44	49,6	22,8	17,6	5,8	3,4	47,8
45-64	27,2	12,5	9,2	3,4	2,0	69,9
65-74	4,8	2,2	1,5	0,7	0,4	91,7
75 e più	0,9	0,5	0,3	0,1	0,1	96,3
Totale	34,1	14,1	13,2	4,4	2,3	63,0

Fonte: Istat, Aspetti della vita quotidiana - Anno 2006

Img. 1: Statistiche di accesso ad internet (da "La disabilità in Italia", pag. 133, ISTAT)

Il digital divide tra la popolazione complessiva e quella con limitazioni dell'autonomia personale risulta essere quindi molto rilevante. Anche per questo motivo, nella progettazione e nello sviluppo di un sito web, dovrebbero essere presi degli accorgimenti per far sì che chiunque possa accedere in

modo equivalente alle stesse informazioni.

2.2 L'accessibilità

Inizialmente, il termine accessibilità indicava il superamento delle cosiddette “barriere architettoniche” e veniva quindi utilizzato appunto solo in campo architettonico. Recentemente questo termine si è diffuso anche in campo informatico, e gli è stata attribuita, come definizione specialistica più comunemente usata, quella data dal World Wide Web Consortium (W3C): *“la capacità di un sito web di essere acceduto efficacemente (alla sua interfaccia e al suo contenuto) da utenti diversi in differenti contesti. Rendere un sito web accessibile significa permettere l'accesso all'informazione contenuta nel sito anche a persone con disabilità fisiche di diverso tipo e a chi dispone di strumenti hardware e software limitati”*¹.

I problemi di accessibilità, possono essere dati da:

- difficoltà a percepire l'informazione (visiva o uditiva);
- difficoltà a comprendere il testo;
- difficoltà a interagire;
- limiti del dispositivo o della connessione;
- situazione in cui i canali percettivi sono già occupati;
- varietà di browser ed ambienti operativi.

Quindi, per risultare accessibile, un sistema deve poter essere visitato da qualsiasi utente indipendentemente dal computer usato, dalla velocità di collegamento, dal browser, dall'interfaccia utente o dalle periferiche alternative utilizzate (tastiera braille, joystick speciali, etc.) e il contenuto dell'informazione e la sua presentazione devono sempre essere sempre indipendenti l'uno dall'altra.

2.3 Disabili al computer: problemi e soluzioni

Riassumendo: in Italia, come nel resto del mondo, ci sono molti disabili e, gran parte di questi, utilizzano il computer; ma quali sono i problemi che possono riscontrare?

Le disabilità che non portano alla totale esclusione dell'individuo dal mondo della tecnologia informatica possono essere riassunte così:

- disabilità sensoriali, a loro volta distinguibili in:

1 Dal sito web italiano del W3C, alla pagina <http://www.w3c.it/it/7/1-accessibilit-.html>.

- visive
 - non vedenti: non potendo usare il monitor come dispositivo di output, devono ricorrere a strumenti basati su principi differenti, come ad esempio gli screenreader (uscita audio);
 - ipovedenti e daltonici: possono utilizzare il monitor, integrando questa tecnologia con altri strumenti software/hardware particolari;
- uditive: la forma di sordità può variare in base alla gravità della disabilità (lieve, medio, grave e profondo). Cuffie o amplificatori esterni possono essere la soluzione per persone che hanno un grado di sordità lieve, mentre per un livello più alto di sordità è necessario utilizzare una forma di interazione differente da quella sonora. Il problema principale dei sordi è la scarsa conoscenza della struttura sintattica e semantica della lingua, hanno infatti un vocabolario limitato e di conseguenza dimostrano difficoltà di comprensione dei testi e nell'uso del motore di ricerca di un sito;
- disabilità motorie: individui che hanno un qualunque impedimento fisico, dalla paralisi di un arto a una limitata mobilità. Lo strumento di input migliore da utilizzare varia molto in base alle necessità dell'individuo;
- disabilità cognitive: includono utenti che sono in grado di usare le informazioni della rete in modo efficace solo se queste sono fornite in modo semplice. Tali disabilità sono connesse a differenti patologie, come ad esempio il ritardo mentale, la dislessia o l'afasia.

Per ognuna di queste disabilità, lo sviluppo tecnologico ha portato, a partire dagli anni '80, alla creazione di specifici ausili informatici che permettono di limitare o talvolta persino eliminare le barriere che trovano gli individui disabili quando accedono alla rete. Tali ausili vengono chiamati “tecnologie assistive” e nella pratica corrispondono a *“gli strumenti e le soluzioni tecniche, hardware e software, che permettono alla persona disabile, superando o riducendo le condizioni di svantaggio, di accedere alle informazioni e ai servizi erogati dai sistemi informatici”*².

Tra le tecnologie assistive di tipo hardware, sono da ricordare le tastiere speciali, o tastiere big keys, caratterizzate da tasti più grandi della norma e colorati, o le barre Braille: questi sono degli strumenti sui quali sono presenti una serie di punti che si sollevano o si abbassano formando delle combinazioni puntiformi del linguaggio Braille. Tali periferiche possono essere collegate alla porta USB del pc e permettono ai non vedenti di effettuare una lettura tattile di ciò che c'è scritto sul monitor.

2 Dall'art. 2 della Legge Stanca (n.4 del 9 Gennaio 2004), disponibile alla pagina <http://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2004-01-17&atto.codiceRedazionale=004G0015¤tPage=1>.

Per quanto riguarda le tecnologie assistive di tipo software, esistono programmi, chiamati screen reader, che riescono a leggere il contenuto dello schermo e a restituirlo all'utente vocalmente. Inoltre, ci sono gli ingranditori di schermo, che fungono da “lenti” sullo schermo.

Per fare in modo che queste tecnologie funzionino al meglio è opportuno che le applicazioni software o i siti web rispettino regole ben precise.

2.4 Linee guida all'accessibilità

Il W3C è l'ente che si è maggiormente impegnato nell'affrontare la problematica dell'accessibilità, presentando, nel 1997, la Web Accessible Initiative (WAI), che si poneva l'obiettivo di definire il modo migliore per rendere i contenuti web accessibili agli utenti che presentano disabilità. Il modello suggerito dal W3C è costituito da 3 componenti:

1. le Web Content Accessibility Guidelines (WCAG): linee guida rivolte a coloro che progettano i contenuti e la struttura di siti web accessibili;
2. le User Agent Accessibility Guidelines (UAAG): linee guida per gli sviluppatori di browser web, di riproduttori multimediali e di tecnologie assistive;
3. le Authoring Tools Accessibility Guidelines (ATAG): linee guida che permettono agli sviluppatori della progettazione di strumenti di authoring di generare contenuti accessibili per il web.

Il punto 1 è ciò che maggiormente interessa coloro che devono progettare e sviluppare siti web o un qualunque sistema informatico, ma anche per chi deve valutarne l'accessibilità. Le WCAG 2.0, pubblicate nel 2008, avevano come obiettivo quello di superare i limiti della precedente versione 1.0 (uscita nel 1999), come ad esempio la definizione di regole oggettive che permettere di dichiarare che una determinata linea guida è stata soddisfatta. Purtroppo, come le WCAG 1.0, nemmeno la più recente versione di queste linee guida riesce a soddisfare le esigenze di tutte le persone, data la vastità delle problematiche, del grado e delle combinazioni di disabilità.

Tutti i contenuti sono organizzati e strutturati in quattro livelli:

1. al livello superiore, si hanno i principi universali dell'accessibilità:
 - percepiibilità: le informazioni e gli elementi dell'interfaccia utente devono essere progettati in modo da essere facilmente percepiti da qualsiasi tipologia di utente;
 - utilizzabilità: la navigabilità e gli elementi dell'interfaccia utente devono essere facilmente utilizzabili;

- comprensibilità: le informazioni e le modalità di funzionamento degli elementi dell'interfaccia devono essere facilmente comprensibili da tutti;
- robustezza: il contenuto deve essere accessibile anche all'avanzare delle tecnologie;

Se uno solo di questi principi non viene seguito, gli utenti con disabilità riscontreranno dei problemi e non saranno in grado di utilizzare il Web.

Da questi quattro principi discendono le

2. dodici linee guida, che forniscono gli obiettivi principali su cui i progettisti e gli sviluppatori dovrebbero lavorare per cercare di garantire dei contenuti accessibili a chiunque;
3. insieme di criteri di successo definiti per ogni linea guida e che descrivono le caratteristiche e le funzionalità necessarie ad una pagina web per poter affermare che una determinata linea guida è stata soddisfatta. Tali criteri sono stati progettati in modo da poter essere valutati e da poter determinare oggettivamente se un determinato contenuto li soddisfa o meno;
4. livelli di conformità, ognuno dei quali è associato ad ogni criterio di successo: definisce il grado di accessibilità di un sito web o di un qualunque sistema informatico. I livelli sono i seguenti:
 - A: devono essere soddisfatti per poter garantire un livello minimo di accessibilità;
 - AA: dovrebbero essere soddisfatti per garantire un livello medio di accessibilità;
 - AAA: possono essere soddisfatti e, se lo sono, permettono di raggiungere il più alto livello di accessibilità;

Per ogni linea guida e criterio di successo, inoltre, il WAI ha fornito una serie di tecniche sufficienti e consigliate per soddisfare il criterio di successo.

La tabella seguente riporta le linee guida delle WCAG 2.0 in relazione ad ogni principio su cui si basano³.

Principio	Linee guida
Percepibilità	<p>1.1. Alternative testuali: Fornire alternative testuali per qualsiasi contenuto non di testo in modo che questo possa essere trasformato in altre forme fruibili secondo le necessità degli utenti come stampa a caratteri ingranditi, Braille, sintesi vocale, simboli o un linguaggio più semplice.</p> <p>1.2. Tipi di media temporizzati: Fornire alternative per i tipi di media</p>

³ Ogni linea guida riportata corrisponde alla definizione ufficiale rilasciata dal W3C (<https://www.w3.org/Translations/WCAG20-it/>)

	<p>temporizzati.</p> <p>1.3. Adattabile: Creare contenuti che possano essere rappresentati in modalità differenti (ad esempio, con layout più semplici), senza perdere informazioni o la struttura.</p> <p>1.4. Distinguibile: Rendere più semplice agli utenti la visione e l'ascolto dei contenuti, separando i contenuti in primo piano dallo sfondo.</p>
Utilizzabilità	<p>2.1. Accessibile da tastiera: Rendere disponibili tutte le funzionalità tramite tastiera.</p> <p>2.2. Adeguata disponibilità di tempo: Fornire agli utenti tempo sufficiente per leggere ed utilizzare i contenuti.</p> <p>2.3. Convulsioni: Non sviluppare contenuti che possano causare attacchi epilettici.</p> <p>2.4. Navigabile: Fornire delle funzionalità di supporto all'utente per navigare, trovare contenuti e determinare la propria posizione.</p>
Comprensibilità	<p>3.1. Leggibile: Rendere il testo leggibile e comprensibile.</p> <p>3.2. Prevedibile: Creare pagine Web che appaiano e che siano prevedibili.</p> <p>3.3. Assistenza nell'inserimento: Aiutare gli utenti ad evitare gli errori ed agevolarli nella loro correzione.</p>
Robustezza	<p>4.1. Compatibile: Garantire la massima compatibilità con i programmi utente attuali e futuri, comprese le tecnologie assistive.</p>

2.5 Accessibilità in Italia: la normativa

Le proposte di legge sull'accessibilità presentate in parlamento da parte di vari orientamenti politici sono state numerose, ma tali tentativi si sono concretizzati solo nel 2004, con la cosiddetta “Legge Stanca” (Legge n.4 del 9 gennaio 2004), intitolata "Disposizioni per favorire l'accesso dei soggetti disabili agli strumenti informatici". Tale normativa deve il suo nome a colui che l'ha proposta, Lucio Stanca, l'allora Ministro per l'innovazione e le tecnologie, e, una volta approvata, divenne operativa dopo più di un anno.

L'obiettivo di tale legge viene definito dall'art. 1:

“La Repubblica riconosce e tutela il diritto di ogni persona ad accedere a tutte le fonti di informazione e ai relativi servizi, ivi compresi quelli che si articolano attraverso gli strumenti

informatici e telematici.

È tutelato e garantito, in particolare, il diritto di accesso ai servizi informatici e telematici della pubblica amministrazione e ai servizi di pubblica utilità da parte delle persone disabili, in ottemperanza al principio di uguaglianza ai sensi dell'articolo 3 della Costituzione.”

La Legge Stanca quindi è sintomo della consapevolezza della necessità di regolamentare la progettazione e lo sviluppo di interfacce informatiche al fine di ottenere piattaforme accessibili da chiunque.

I soggetti ai quali è destinata questa legge sono invece definiti all'art. 3 e limitano il campo d'azione della stessa normativa ai soli siti delle pubbliche amministrazioni e ai soggetti privati legati al settore pubblico. Dunque, questa legge può non essere seguita dai privati, che possono continuare a creare e mantenere siti web non accessibili alle persone disabili.

2.6 Strumenti di valutazione dell'accessibilità

Tra i vari approcci di progettazione, quello centrato sull'utente risulta essere uno dei migliori, permettendo di sviluppare sistemi informatici di successo. Questo metodo si basa su un ciclo di progettazione e sviluppo che permette di evitare gravi errori e di scoprire di volta in volta quelli più piccoli, in modo da eliminarli senza dover necessariamente realizzare una nuova implementazione.

La valutazione di un sistema informatico non dovrebbe dunque essere effettuata solo nella fase finale dell'implementazione, ma dovrebbe avvenire sia durante che dopo la stessa. La valutazione di un sistema durante il ciclo di progettazione e sviluppo viene chiamata “Formative evaluation”, cioè Valutazione formativa, e mira a supportare la progettazione. Quando la valutazione viene effettuata, invece, su un prototipo avanzato o sul prodotto finale viene chiamata “ Summative evaluation”, Valutazione riassuntiva, e permette di ottenere la convalida della qualità, requisiti per nuovi sistemi e di studiare le strategie di supporto all'adozione.

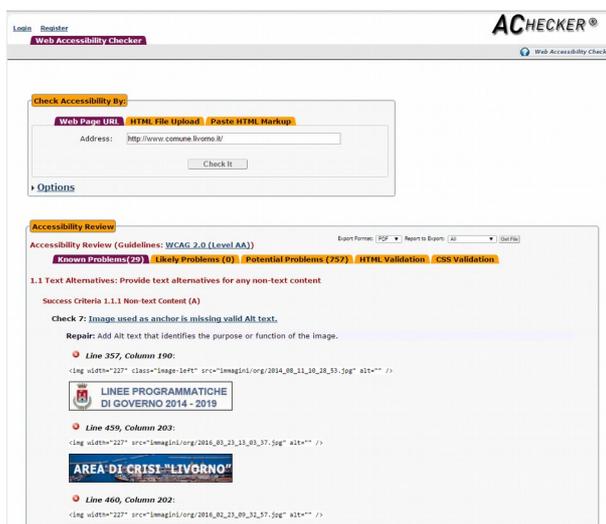
Lo stesso approccio deve essere adottato anche nello sviluppo di sistemi accessibili.

Per valutare l'accessibilità possono essere utilizzati diversi metodi:

- valutazione basata su ispezione del sistema informativo da parte di esperti (valutazione analitica, senza utenti);
- valutazione basata su test degli utenti (osservazione dell'utente in laboratorio o sul campo);
- valutazione basata su feedback degli utenti (richiesta diretta all'utente).

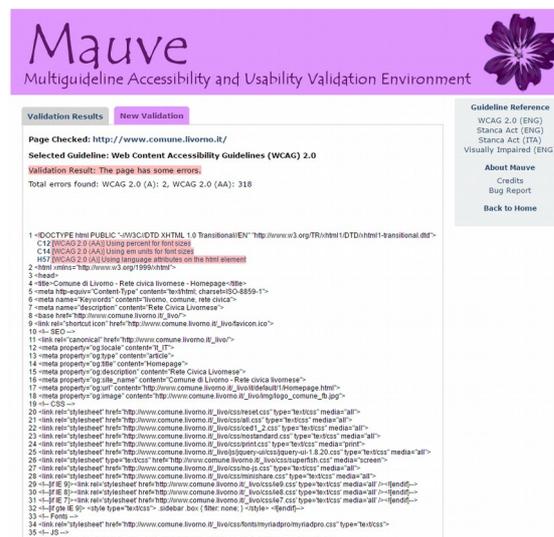
Il primo di questi è l'unico che non implica la necessità di coinvolgere degli utenti nei test di valutazione, è rapido e conveniente. L'utilizzo di questi supporti automatici permette di ridurre il costo della valutazione e di aumentare sia la consistenza nell'identificazione delle parti problematiche che la tipologia delle caratteristiche valutate. Il valutatore esperto usa strumenti software automatici o semi-automatici per validare la sintassi del linguaggio utilizzato, come l'HTML o l'XML, e dei fogli di stile, ad esempio i CSS. Tali software, detti “validatori”, riescono a verificare la corrispondenza tra i requisiti richiesti dalle linee guida e le caratteristiche del sistema informatico che si sta valutando. La maggior parte di questi sono strumenti online, mentre raramente vengono utilizzati software desktop o plugin per i browser. Sul sito web del W3C, alla pagina <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>, è presente la lista completa di tutti gli strumenti automatici utili per effettuare una validazione automatica o semi-automatica dell'accessibilità. Tra questi si ha:

- ACheker: strumento automatico, sviluppato all'Università di Toronto e molto completo, in quanto valuta una pagina web rispetto alle WCAG 1.0, alle WCAG 2.0 e alla Legge Stanca; i documenti possono essere inviati al validatore tramite l'URL, copiando il codice HTML in un apposito textbox o tramite upload; il risultato dell'analisi viene mostrato accostando la descrizione degli errori a un'immagine di ciò che si vede nella pagina per quella determinata riga di codice; tale strumento è un software open source ed è disponibile alla pagina <http://achecker.ca/checker/index.php>;



Img. 2: Screenshot dei risultati dell'analisi dell'Home Page del Comune di Livorno ottenuti con ACheker

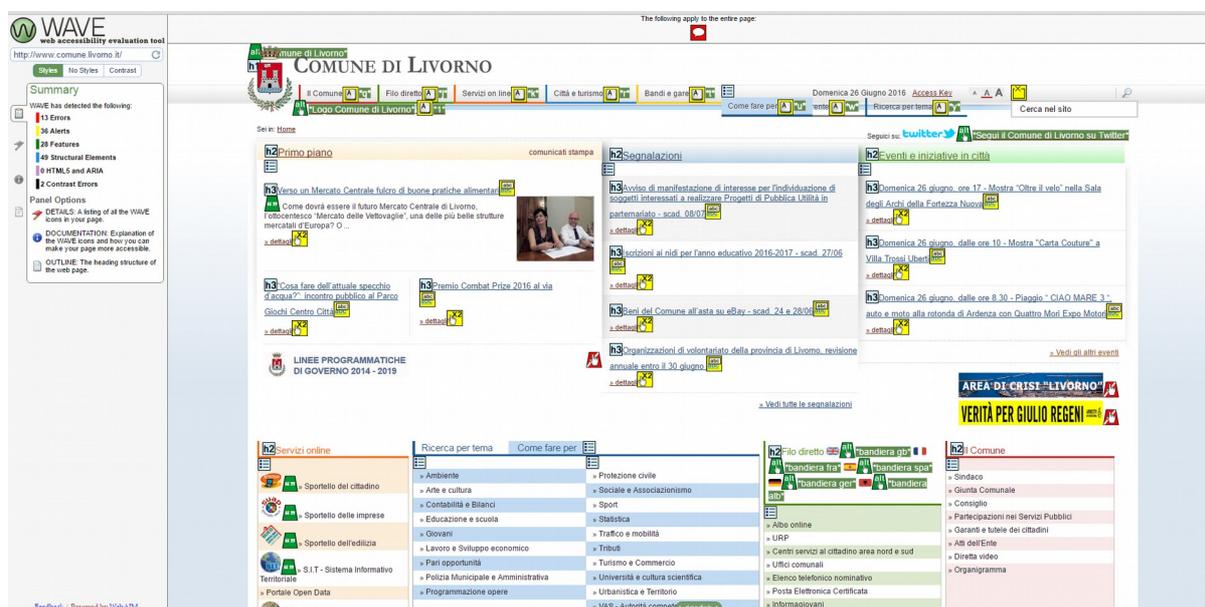
- MAUVE (Multiguide Accessibility and Usability Validation Environment): strumento automatico, permette di analizzare le versioni di un sito web specifiche ad un certo tipo di dispositivo (desktop, mobile, tablet, etc.); poco “user friendly” dal punto di vista di come presenta i risultati, dato che riporta tutto il



Img. 3: Screenshot dei risultati dell'analisi dell'Home Page del Comune di Livorno ottenuti con MAUVE

codice della pagina analizzato, aggiungendo, dove necessario, brevi testi che descrivono gli errori presenti (evidenziati in rosso, ma comunque poco efficaci dal punto di vista visivo); disponibile alla pagina <http://hiis.isti.cnr.it:8080/MauveWeb/>;

- WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool): strumento automatico; nella pagina dei risultati, sulla sinistra, mostra il numero degli errori, degli alerts e altri dati utili all'analisi, mentre il resto della pagina corrisponde al sito analizzato corredato da alcune icone che mostrano dove sono stati riscontrati i problemi; fornisce molte informazioni utili riguardo agli errori, collegamenti diretti alle linee guida WCAG e suggerimenti pratici per migliorare l'accessibilità; disponibile alla pagina <http://wave.webaim.org/>.



Img. 4: Screenshot dei risultati dell'analisi dell'Home Page del Comune di Livorno ottenuti con WAVE

2.7 Accessibilità e Legge Stanca: analisi del sito web del Comune di Livorno

Dato che la Legge Stanca interessa tutti gli enti pubblici, il sito web di un Comune italiano dovrebbe rispettare tale normativa ed avere un buon livello di accessibilità. Tuttavia, analizzando la Home page del sito web del Comune di Livorno (<http://www.comune.livorno.it/>) si ottengono, per ognuno dei tre software di analisi precedentemente descritti, i seguenti risultati:

- AChecker: 29 problemi conosciuti e 757 potenziali problemi.
 - Ben 26 dei problemi riscontrati non rispettano il principio di percepibilità delle WCAG 2.0, in particolare la linea guida 1.1.1, “Contenuti non testuali: Tutti i contenuti non testuali presentati all'utente hanno un'alternativa testuale equivalente che serve allo stesso scopo, ad eccezione delle seguenti situazioni”: controlli, input, tipi di media

temporizzati, test, esperienze sensoriali, CAPTCHA, decorazioni, formattazioni, contenuti invisibili. Tale linea guida dovrebbe essere rispettata per poter raggiungere il livello minimo di accessibilità (A); nel nostro caso, manca un'alternativa testuale alle immagini;

- un altro problema è relativo al principio della percepibilità, ma stavolta è dovuto al contrasto troppo basso tra il colore di un testo e quello del relativo sfondo; tale mancanza non segue la linea guida 1.4.3, “Contrasto (minimo): La rappresentazione visiva del testo e di immagini contenenti testo ha un rapporto di contrasto di almeno 4.5:1, fatta eccezione per i seguenti casi:” testo grande, testo non essenziale, logotipi; l'errore riscontrato sul sito web del Comune di Livorno non riguarda, però, nessuna di queste eccezioni e quindi non viene rispettata una linea guida necessaria per raggiungere un livello medio di accessibilità (AA);
- due problemi, infine, riguardano il principio della comprensibilità, in particolare la guideline 3.1.1 delle WCAG, “Lingua della pagina: L'impostazione della lingua predefinita di ogni pagina Web può essere determinata programmaticamente.”, che dovrebbe essere seguita per poter raggiungere un livello minimo di accessibilità (A).
- MAUVE: 318 errori riscontrati. La maggior parte di essi sono riferiti a mancato utilizzo della percentuale o di “em” nella definizione delle dimensioni delle font, necessari per poter seguire la linea guida 1.4.4, “Ridimensionamento del testo: Il testo, ad eccezione dei sottotitoli e delle immagini contenenti testo, può essere ridimensionato fino al 200 percento senza l'ausilio di tecnologie assistive e senza perdita di contenuto e funzionalità.”, che permette di raggiungere il livello AA;
- WAVE: 13 errori, 36 alerts e 2 contrast errors. Gli errori sono gli stessi riscontrati da AChecker, e gli alerts corrispondono ai problemi rilevati da MAUVE. In aggiunta, nota anche la mancanza di accesskey (principio di usabilità, linea guida 2.4.1, “Salto di blocchi: Fornire una modalità per saltare i blocchi di contenuto che si ripetono su più pagine Web.”, livello A).

È dunque possibile affermare che questa pagina è accessibile?

Dall'analisi risulta che non sono state rispettate alcune linee guida relative ai principi di percepibilità, comprensibilità e usabilità, ed una parte di esse sarebbero anche necessarie per raggiungere il livello A di accessibilità, il più basso. Già da questa prima analisi può risultare difficile affermare che tale sito è davvero accessibile, e, osservando meglio, è facile capire come alcune di queste linee guida debbano quasi essere repute obbligatorie se si vuole permettere a

chiunque di usufruire dei contenuti di una pagina.

Immaginiamoci ad esempio una persona con problemi alla vista: questa, di fronte a testi il cui colore contrasta poco con quello dello sfondo, incontrerà ovviamente notevoli difficoltà. Se tale disabilità fosse più grave e la persona in questione fosse totalmente cieca, la mancanza della definizione della lingua della pagina con molta probabilità non permetterebbe allo screenreader di leggere correttamente i contenuti.

A tutto ciò, dobbiamo sommare anche la mancanza di accesskey per la navigazione e di alternative testuali ad alcune immagini con funzionalità di link.

Quindi, personalmente, ritengo che non si possa affermare che tale pagina sia effettivamente accessibile, ma, anzi, mostra evidenti lacune nella sua progettazione e nel suo sviluppo che dovrebbero assolutamente essere colmate.

3. Disabili e ambienti virtuali

3.1 Cosa sono gli ambienti virtuali

Quando si parla di ambienti (o realtà) virtuali ci si riferisce a un insieme di tecnologie, principi e concetti difficili da tradurre in una singola definizione.

“La VR⁴ è una tecnologia usata per sintetizzare una realtà condivisa. Ricerca la nostra relazione con il mondo fisico in un nuovo piano. Non influisce sul mondo soggettivo e non ha niente a che fare direttamente con ciò che è nel cervello. Ha a che fare solo con cosa i nostri organi sensoriali percepiscono.

Nella VR non c'è bisogno di una singola metafora, come accade per il computer. Siamo abituati a cambiare contesto nella vita reale: è normale comportarsi diversamente in luoghi diversi.” (Jaron Lanier durante un'intervista nel 1988, “A Portrait of the Young Visionary”).

Questa citazione rappresenta la prima volta in cui viene utilizzato il termine VR. Molti hanno tentato successivamente di darne una definizione, ma, dato che è difficile trovarne una soddisfacente, per comprendere di cosa si tratta è forse più facile identificare quali sono gli aspetti e i principi su cui si basa.

Quando si parla di VR ci riferiamo ovviamente ad un ambiente o una realtà generati da un computer: al suo interno l'utente vi si trova sensorialmente immerso e può interagire con ciò che ha attorno. Dunque, i concetti fondamentali su cui si basa la VR sono:

- la presenza, ovvero la sensazione mentale di trovarsi all'interno di uno spazio virtuale; equivale al livello di coinvolgimento dell'utente;
- l'immersività dell'utente all'interno del mondo virtuale; permette di ottenere la misura della percezione del mondo virtuale come esistente;
- l'interazione, che avviene tra utente e ambiente (e viceversa); corrisponde alla qualità di realismo della simulazione e si basa sul real time.

Gli ambienti virtuali non si pongono l'obiettivo di simulare né di ricostruire la realtà, poiché riprodurre ogni aspetto del mondo che ci circonda, dalle leggi fisiche agli odori, ai rumori o i colori, risulterebbe pressoché impossibile. Al contrario, un ambiente virtuale è ben progettato e implementato se riesce a convincere l'utente di trovarsi all'interno di un mondo reale, dove può svolgere tranquillamente i task che li vengono assegnati.

4 “Virtual Reality”.

In ogni modo un ambiente virtuale non può ovviamente nemmeno essere definito come la realtà, ma una convincente “riproduzione” di una piccola parte di questa.

3.2 Interfacce e tecnologie

Per garantire una buona presenza, immersione ed interazione dell'utente in un ambiente virtuale sono state realizzate un gran numero di tecnologie differenti, suddivisibili in base al canale sensoriale che vanno a manipolare o influenzare:

- canale visivo: per una persona normodotata il senso della vista è quello su cui viene fatto maggior affidamento; nel campo delle VR le tecnologie che sfruttano il canale visivo sono:
 - HMD: Head Mount Display, ovvero dei “caschetti”, all'interno dei quali sono presenti due piccoli monitor che permettono all'utente che gli indossa di vedere le immagini della realtà virtuale che vi vengono proiettati. Tali schermi si basano sulla visione stereoscopica dell'uomo e permettono di percepire il mondo virtuale come una realtà tridimensionale;
 - CAVE (acronimo ricorsivo: CAVE Automatic Virtual Environment): è una “stanza” formata da una serie di muri particolari, detti powerwall, sui quali vengono proiettate le immagini dell'ambiente virtuale. Queste pareti sono sincronizzate tra di loro e, in alcuni casi, le immagini proiettate possono essere settate in modo da “seguire” i movimenti dell'utente. I CAVE possono essere a 3, 4, 5 e 6 pareti e all'interno di essi possono essere presenti più di un utente per volta;
- canale acustico: le tecnologie utilizzate nel campo della Virtual Reality sono fondamentalmente le cuffie o gli altoparlanti. Per garantire una buona fedeltà con la realtà è possibile adottare un sistema stereofonico tridimensionale;
- canale olfattivo/gustativo: sono i canali più complicati da simulare, ma allo stesso tempo quelli che difficilmente saranno necessari all'interno di un ambiente virtuale. Tali canali reagiscono a impulsi chimici, a differenza di tutti gli altri che invece rispondono a stimoli fisici.
- canale aptico: comprende sia la percezione della presenza e della consistenza di un oggetto, che la sensazione che si ha quando si tocca, la quale differisce in base al tipo di superficie (ad esempio ruvida o liscia). Esistono svariate interfacce aptiche, come guanti o esoscheletri, la cui caratteristica fondamentale sono i DOF (Degrees Of Freedom, gradi di libertà), ovvero le libertà di movimento concesse lungo i tre assi;

- canale inerziale: non rientra nei comuni cinque sensi ed è relativo alla sensazione del movimento. Il nostro corpo, in particolare il vestibolo che è situato nell'orecchio, è sensibile a informazioni come accelerazioni lineari e velocità angolari. Per riuscire a riprodurre il movimento sarebbe dunque necessario operare direttamente sul vestibolo, ma ciò non è possibile. La soluzione è quindi quella più scontata: per simulare la sensazione del movimento, l'utente deve essere mosso. Il canale inerziale viene quindi stimolato con piattaforme in grado di muoversi e ruotare nello spazio, che dunque risulta limitato. Il dispositivo principale per questo tipo di feedback è la “piattaforma di Stewart”⁵: una piattaforma robotica in grado di traslare nello spazio, entro certi limiti, e di ruotare su tutti gli assi. Per simulare una camminata la piattaforma di Stewart non è molto indicata, ma è preferibile fare in modo che l'utente possa realmente spostarsi tramite dei tapisroulant.

Non è necessario che tutte queste apparecchiature vengano utilizzate in uno stesso ambiente virtuale. A seconda di quale canale sensoriale viene considerato per il feedback o la percezione da parte dell'utente, verranno usate tecnologie che permettono uno scambio delle informazioni più rilevanti.

Negli ultimi anni le tecnologie si sono notevolmente sviluppate e i loro prezzi sono diventati relativamente accessibili. I costosissimi HMD dei primi anni delle VR, ad esempio, possono ora essere sostituiti dai più economici “Oculus Rift”⁵, “Vive”⁶ o addirittura dai caschetti-contenitori⁷ di smartphones che, grazie all'accelerometro e al giroscopio presente nel dispositivo, permettono di immergersi in ambienti virtuali.

Infine, esiste una grande varietà di sensori, attivi o passivi, che permettono di rilevare informazioni importanti sull'ambiente e l'utente.

3.3 Utilizzi

Pur essendosi maggiormente sviluppati e diffusi grazie al loro utilizzo nel mondo dei videogiochi, gli ambienti virtuali vengono usati anche in molti altri campi.

Ad esempio, in campo architettonico, è possibile fare in modo che gli utenti esplorino una scena tridimensionale che rappresenta un palazzo, un negozio, o un qualunque altro ambiente che si voglia costruire, in modo da valutarne gli spazi, l'illuminazione, i materiali o l'acustica prima che questo venga effettivamente realizzato.

Nell'ambito dei beni culturali, le VR permettono di ricostruire opere o ambienti storici che nel

5 Sviluppato dalla “Oculus VR”.

6 Realizzato dalla “HTC”.

7 Ad esempio, il “Samsung Gear” o il più primitivo “Google Cardboard”.

tempo sono stati rovinati o distrutti. Una volta realizzato tale ambiente, chiunque vi acceda potrà visitarlo: pur essendo soltanto qualcosa di virtuale, permette comunque di fare una cosa che nella realtà non sarebbe più possibile. Inoltre, la riproduzione tridimensionale di opere o luoghi può essere utile per permettere l'accesso ad essi da chiunque, a prescindere dalle distanze geografiche. Allo stesso modo, la VR può essere utilizzata come mezzo di promozione e valorizzazione dei beni culturali.

Dato il suo fascino innovativo, la VR potrebbe diventare un potente mezzo didattico ed essere dunque percepito in modo più divertente e attraente da parte, ad esempio, dei bambini, soprattutto in alternativa ai metodi d'insegnamento tradizionali.

Gli ambienti virtuali vengono utilizzati anche in campi industriali: automobilistica, trasporto, militare, aerospaziale. Viene infatti utilizzata per studiare l'ergonomia di alcuni prodotti, in modo tale da studiarne le problematiche prima che questi vengano fabbricati.

Permette inoltre un addestramento più sicuro e meno costoso di quello reale: si pensi, ad esempio, alle simulazioni di volo che permettono ai piloti di allenarsi. Grazie alla VR, possono essere simulate in tutta sicurezza anche delle pericolose situazioni di volo.

Possono fornire grandi aiuti anche alla medicina, simulando, ad esempio, operazioni chirurgiche sia a fini addestrativi, sia per preparare un'operazione che dovrà essere effettuata realmente.

Infine, le VR possono essere applicate anche come terapie per superare determinate fobie. Ad esempio, se una persona soffre di aracnofobia potrà cercare di superare la sua paura in un ambiente virtuale dove sono presenti dei ragni, il cui numero e movimenti possono essere definiti a priori o modificati real time in base alle reazioni del paziente.

3.4 Ricerche del Laboratorio PERCRO per aiutare i disabili

Gli ambienti virtuali, dunque, non sono solo videogiochi, ma possono essere utilizzati anche per scopi maggiormente utili per la società e l'individuo.

Il laboratorio PERCRO (Laboratory of Perceptual Robotics), parte del TeCIP Institute (Institute of Communication, Information and Perception Technologies) della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, ha portato a termine una serie di progetti molto interessanti nel campo degli ambienti virtuali. Tra questi, ve ne sono alcuni che avevano come scopo ultimo quello di cercare di migliorare la vita delle persone disabili.

Tra i progetti da ricordare, vi è l'ENEA Project (2000/01), ovvero un simulatore di guida col quale era possibile testare le capacità di persone disabili. Da tale analisi era possibile individuare la

presenza di condizioni a rischio, migliorare le interfacce della macchine in modo da renderle più accessibili e maggiormente usabili da parte di utenti disabili e valutare l'idoneità della guida.

Il “Museo delle pure forme” (2001) è invece un museo virtuale all'interno del quale un utente poteva guardare e toccare alcune sculture digitali, ricavate dall'acquisizione tridimensionale di quelle reali. Il progetto faceva parte del programma Information Society Technologies dell'Unione Europea. Per accedere al museo l'utente doveva indossare dei particolari occhialini per la visualizzazione tridimensionale delle immagini, le quali venivano riprodotte su di una parete. Tale museo non voleva sostituire il suo corrispondente reale, né poteva riuscire a farlo, dato che le sensazioni prodotte a livello visivo e tattile erano (e tuttora possono essere) solo approssimazioni. Tuttavia, grazie ad esso era possibile, in Italia, vedere sculture che nella realtà sono presenti in altri Stati del mondo. Dunque, qual'è il nesso tra il “Museo delle pure forme” e gli utenti disabili? Ciò che gli unisce è l'interfaccia aptica presente nell'installazione, con la quale era possibile toccare le sculture, percepirne i contorni ed entrare in contatto con la pura forma delle opere. Una persona non vedente conosce il mondo tramite gli altri sensi, in particolare grazie al tatto. Non potendo vedere un'opera d'arte, l'unico modo che ha per scoprirne le forme è quello di toccarla. Tuttavia, nei musei reali ciò sarebbe ovviamente impossibile, mentre il “Museo delle pure forme” poteva rappresentare per l'utente la possibilità di superare i limiti imposti in parte dalla propria disabilità e in parte dalla società.

Un progetto più recente che merita la dovuta attenzione è VERITAS, ovvero “Virtual and Augmented Environments and Realistic User Interactions To achieve Embedded Accessibility DesignS”, che consiste nella realizzazione di interfacce interattive sviluppate in modo tale da permettere ad un designer di comprendere i problemi che un utente disabile può riscontrare nell'utilizzo di un prodotto. L'idea alla base di questo progetto è quella di stimolare l'empatia di un designer rispetto alle problematiche di un disabile. Quando si pianifica qualcosa e si vuole che questo sia accessibile ed utilizzabile da chiunque possiamo immaginarci quali potrebbero essere le difficoltà che incontra una persona disabile. Grazie alle VR, è possibile ricreare una rappresentazione tridimensionale del nostro prodotto e interagire con essa esattamente come farebbe una persona disabile. Ad esempio, in una realtà virtuale è possibile trasmettere al canale visivo delle immagini nello stesso modo in cui le vedrebbe un miope o una persona ipovedente; oppure, è possibile visitare un ambiente con gli stessi limiti fisici imposti dalla disabilità, come la necessità di utilizzare una sedia a rotelle.

3.5 Una nuova proposta: gli ambienti virtuali per i bambini della

Stella Maris

L'IRCCS Fondazione Stella Maris è un istituto pediatrico a carattere scientifico che si occupa principalmente di neuropsichiatria infantile. Il più famoso dei suoi reparti è quello dedicato all'autismo, poiché vi sono state effettuate molte ricerche a riguardo, ma non è l'unico: la Stella Maris è anche riabilitazione (neurologica e motoria), psichiatria, neuropsicologia, disturbi del linguaggio, analisi del movimento e molto altro. All'interno di questa struttura i pazienti hanno un'età compresa tra gli 0 e i 18 anni e i loro dati vengono utilizzati anche per la ricerca scientifica.

Data la vastità dei disturbi da cui sono affetti i bambini che entrano in questo istituto, descriverne tutte le problematiche e le relative soluzioni ipotetiche richiederebbe ovviamente molto tempo. L'idea di utilizzare gli ambienti virtuali per aiutare questi piccoli pazienti, verrà dunque spiegata solo per una categoria ristretta di essi.

I bambini afflitti da un ritardo mentale lieve possono avere difficoltà a raggiungere autonomie che per i piccoli normodotati vengono acquisite con naturalezza, come vestirsi, lavarsi, prepararsi un pasto, mangiare, legarsi una stringa o distinguere tra destra e sinistra. Tutte queste attività vengono normalmente insegnate ad un bambino da parte dei propri genitori, tuttavia, le difficoltà che incontrano si ritorcono in un certo modo anche nei confronti del padre e della madre, e dunque negli equilibri familiari. Ai bambini che hanno un ritardo mentale lieve, accanto ai genitori vi sono anche dei terapisti che possono aiutare i piccoli ad apprendere tali autonomie.

Un ambiente virtuale sviluppato ad hoc potrebbe rappresentare un ulteriore aiuto per questi bambini: una fusione dunque tra le applicazioni didattiche e quelle in campo medico delle VR. L'idea è quella di realizzare un set di applicazioni didattiche, con le quali i bambini affetti da questo tipo di problemi possono cercare di acquisire una certa autonomia personale, divertendosi. Giochi interattivi, dunque, ma con fini educativi. Tali applicazioni potrebbero essere sviluppate per un utilizzo tramite Oculus, Vive o altri caschetti più economici, in modo tale da rendere il gioco ancor più entusiasmante per il bambino.

Questo tipo di tecnologie non avrebbero lo scopo di sostituire il compito di insegnamento dei genitori o dei tutori, ma di supportarlo. Dato che la maggior parte dei bambini impiega molto del proprio tempo in attività ludiche, e che i piccoli di oggi sono ormai tutti nativi digitali, potrebbe essere costruttivo se questi venissero fatti giocare con videogioco didattico, anziché svagarsi con uno qualunque.

4. Conclusioni

Lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie ha significato per molti un miglioramento dello stile di vita. Internet, come le Virtual Reality, sono un esempio di questa diffusione. Il primo, ormai presente nella maggior parte delle case degli italiani da anni, ci garantisce un accesso alle informazioni più ampio e rapido, ci permette di comunicare con persone geograficamente molto lontane e di svolgere tante altre attività interessanti. Le VR, invece, stanno diventando commerciali in questi anni, ma già nelle industrie e in altri campi, come abbiamo visto, stanno portando il loro grande contributo.

Le potenzialità di entrambe queste tecnologie potrebbero contribuire a migliorare anche la vita delle persone disabili, ma è necessario che progettisti e sviluppatori se ne ricordino. Ognuno di noi dovrebbe avere la possibilità di accedere alla vastità delle informazioni presenti sulla Rete: seguire realmente le linee guida WCAG 2.0 per i siti web degli enti pubblici sarebbe già un buon inizio, ma ancor meglio sarebbe se tutti i contenuti del Web fossero davvero accessibili. Purtroppo, però, anche la Legge Stanca non viene sempre rispettata e molti sviluppatori di siti web non sanno o non si rendono conto di come potrebbero contribuire a migliorare la quotidianità delle persone con disabilità. Dunque, sarebbe necessaria una campagna di sensibilizzazione indirizzata a questo scopo.

Le VR, come abbiamo visto, possono contribuire al miglioramento della vita di una persona disabile in modo indiretto, facendo comprendere ai progettisti le loro problematiche come nel progetto VERITAS, o in modo diretto, permettendogli, ad esempio, di svolgere attività che altrimenti non potrebbero fare come nel caso del “Museo delle pure forme”.

Fruttando opportunamente tali tecnologie, dunque, i disabili che si affacciano al mondo del digitale, potrebbero realmente trarne dei benefici.

Bibliografia / Sitografia

- [1] Istat, *La disabilità in Italia*, Istat, 2009;
- [2] L. Gamberini, L. Chittaro, F. Paternò, *Human-Computer Interaction*, Pearson Italia, 2012;
- [3] C. Loscos, F. Tecchia, A. Frisoli, M. Carrozzino, H. Ritter Widenfeld, D. Swapp, M. Bergamasco, *The Museum of Pure Form: touching real statues in an immersive virtual museum*, 2004. Reperibile dalla pagina https://scholar.google.it/citations?view_op=view_citation&hl=it&user=4f154MUAAAAJ&citation_for_view=4f154MUAAA AJ:d1gkVwhDpl0C di Google Scholar;
- [4] M. Fontana, M. Carrozzino, T. Grill , A. Thieme, F. Nunnari, H. Joachim Wirsching, V. Kolodyazhniy, N. Cofelice, *Innovative VR models, tools and simulation environments (VERITAS - Project Presentation and Project Description Leaflet)*, 2014. Disponibile alla pagina http://veritas-project.eu/wp-content/uploads/2011/02/VERITAS_D2.7.1_final.pdf;
- [5] Istat, <http://www.istat.it/it/>;
- [6] W3C, <https://www.w3.org/>;
- [7] W3C Italia, <http://www.w3c.it/it/1/ufficio-italiano-w3c.html>;
- [8] Normattiva, <http://www.normattiva.it/>;
- [9] PERCRO, <http://www.percro.org/>;
- [10] VERITAS Project, <http://veritas-project.eu/index.html>;
- [11] Wikipedia L'Enciclopedia libera, https://it.wikipedia.org/wiki/Pagina_principale;