

Università degli studi di Milano-Bicocca

Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione “Riccardo
Massa”

Dottorato di Ricerca Scienze della Formazione e della
comunicazione, XXX ciclo

**Accessibilità del Web: uno Studio sul
Cognitive Load e sulla *User Experience* in
utenti Normolettori e con Dislessia
Evolutiva**



Caldirolì Cristina Liviana

Matricola: 059614

Tutore: Fabrizia Mantovani

Coordinatore: Laura Formenti

Anno accademico: 2017/2018

A mia figlia

Alessandra Maria Amelia

Amore, Vita e Speranza

Passato, Presente e Futuro

Con te tutto inizia

Con te tutto Prosegue

Indice dei Contenuti

<i>Introduzione</i>	- 9 -
PRIMA PARTE	- 14 -
- <i>Background Teorico</i> -.....	- 14 -
Capitolo 1	- 15 -
Accessibilità del Web e Dislessia Evolutiva	- 15 -
1.1 Definizione di Accessibilità del web	- 16 -
1.2 La Dislessia Evolutiva e L'accessibilità del web	- 18 -
1.2.1 <i>Il problema della lettura nella DE</i>	- 18 -
1.2.2 <i>L'esperienza web in utenti con DE</i>	- 21 -
1.2.3 <i>Alcune linee guida per l'accessibilità del web</i>	- 24 -
Scala di grigi sullo sfondo	- 26 -
Coppie di colori	- 26 -
Dimensione del font	- 27 -
Spaziatura dei caratteri	- 27 -
Interlinea	- 27 -
Spaziatura dei paragrafi	- 27 -
Larghezza della colonna	- 27 -
Colori	- 28 -
Colori	- 28 -
Dimensione del font	- 28 -
Spaziatura caratteri, linee e paragrafi	- 28 -
Larghezza della colonna	- 28 -
1.2.4 <i>I metodi ICT per aumentare l'accessibilità del web</i>	- 29 -
1.3 L'importanza dello studio sull'accessibilità del web e la sua relazione con la DE	- 32 -
Capitolo 2	- 36 -
3.1 Definizione di Cognitive Load	- 37 -
3.2 Il cognitive load e il web	- 39 -

3.2.1 La misurazione del cognitive load.....	- 39 -
3.2.2 Le attività nella misurazione del cognitive load nel web	- 41 -
3.2.2.1 I task di information seeking	- 42 -
3.2.2.2 I task di lettura e comprensione di brani.....	- 46 -
3.3 I limiti nello studio del cognitive load nella navigazione del web	- 47 -
Capitolo 3.....	- 49 -
3.1 La definizione di Dislessia Evolutiva	- 50 -
3.2 Distinzione tra Difficoltà e Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA)-	51 -
3.2.1 Le classificazioni diagnostiche internazionali.....	- 52 -
3.2.2 I diversi tipi di DSA	- 54 -
3.2.4 La Dislessia e i DSA	- 56 -
3.3 L'apprendimento della lettura.....	- 58 -
3.3.1 Il modello di Uta Frith.....	- 59 -
3.3.2 Il modello a due vie di Castel e Coltheart.....	- 60 -
3.3.3 Le aree coinvolte nell'apprendimento della lettura.....	- 62 -
3.4 La DE e le variabili socio-emozionali conseguenti.....	- 64 -
3.4.1 Lo Stress e l'Ansia nella DE	- 66 -
3.4.2 La Depressione nella DE	- 67 -
3.4.3 Supportare le componenti socio-emozionali	- 68 -
SECONDA PARTE.....	- 72 -
- Fase Sperimentale -	- 72 -
Capitolo 4.....	- 74 -
4.1 Premessa Teorica.....	- 75 -
4.2 Obiettivi ed Ipotesi Sperimentali	- 76 -
4.2.1 Obiettivo	- 76 -
4.2.2. Ipotesi	- 77 -
4.3 Metodologia	- 77 -
4.3.1 Partecipanti.....	- 77 -
4.3.2 Criteri di inclusione.....	- 78 -
4.4 Misure.....	- 78 -
4.4.1 Dati anamnestici e di conoscenza del web	- 79 -
4.4.2. Assessment neuropsicologico	- 79 -
4.4.3 Assessment psicometrico.....	- 79 -
4.4.4 Assessment Psicofisiologico	- 81 -
4.5 Stimoli e Compiti.....	- 82 -
4.6 Disegno dello studio.....	- 84 -
4.7 Procedura	- 84 -
4.8 Analisi dei dati.....	- 85 -
4.8.1 Analisi dei dati Psicometrici	- 86 -
4.8.2 Analisi dei dati elettrofisiologici	- 88 -
4.9 Discussione dei Risultati.....	- 92 -

4.10 Conclusione.....	- 93 -
Capitolo 5.....	- 96 -
5.1 Premessa Teorica.....	- 97 -
5.2 Obiettivi ed Ipotesi Sperimentali	- 98 -
5.2.1 Obiettivo	- 98 -
5.2.2. Ipotesi	- 99 -
5.3 Metodologia	- 99 -
5.3.1 Partecipanti.....	- 99 -
5.3.2 Criteri di inclusione.....	- 99 -
5. 4 Misure.....	- 100 -
5.4.1 Dati anamnestici e di conoscenza del web	- 100 -
5.4.2. Assessment neuropsicologico	- 101 -
5.4.3 Assessment psicometrico.....	- 101 -
5.4.4 Assessment Psicofisiologico	- 103 -
5. 5 Stimoli e Compiti.....	- 103 -
5.6 Disegno dello studio.....	- 104 -
5.7 Procedura	- 105 -
5.8 Analisi dei dati.....	- 106 -
Le analisi statistiche sulla variabile <i>Cognitive Load</i> presentano diverse significatività. Nello specifico, riporta una significatività nelle risposte al questionario di comprensione del task CO (F: 4,463; sig.: .041). La media delle risposte date nella condizione PC è 4,75; la media della condizione Smartphone è 4,57. Quindi nella condizione PC i partecipanti danno più risposte corrette rispetto alla condizione smartphone.	- 107 -
5.9 Discussione dei risultati.....	- 108 -
5.10 Conclusione.....	- 109 -
Capitolo 6.....	- 111 -
6.1 Premessa Teorica.....	- 112 -
6.2 Obiettivi ed Ipotesi Sperimentali	- 113 -
6.2.1 Obiettivo	- 113 -
6.2.2. Ipotesi	- 113 -
6.3 Metodologia	- 114 -
6.3.1 Partecipanti.....	- 114 -
6.3.2 Criteri di inclusione.....	- 114 -
6. 4 Misure.....	- 115 -
6.4.1 Dati anamnestici e di conoscenza del web	- 115 -
6.4.2. Assessment neuropsicologico	- 115 -
6.4.3 Assessment psicometrico.....	- 116 -
6.4.4 Assessment Psicofisiologico	- 117 -
6. 5 Stimoli e Compiti.....	- 117 -
6.6 Disegno dello studio.....	- 118 -

6.7 Procedura	- 119 -
6.8 Analisi dei dati	- 120 -
Le analisi statistiche sulla variabile <i>Cognitive Load</i> presentano diverse significatività. Nello specifico, riporta una significatività nelle risposte al questionario di comprensione del task CO (F: 4,463; sig.: .041). La media delle risposte date nella condizione PC è 4,75; la media della condizione Smartphone è 4,57. Quindi nella condizione PC i partecipanti danno più risposte corrette rispetto alla condizione smartphone.	- 121 -
6.9 Discussione dei risultati	- 122 -
6.10 Conclusione	- 123 -
Conclusioni	- 125 -
Bibliografia	- 129 -
Ringraziamenti	- 145 -
Allegati	- 148 -
Allegato A	- 148 -
Allegato B	- 150 -

Indice delle Figure

Figura 1: Fasi di sviluppo secondo il modello di Uta Frith (1985) (Tratto da: Stella e Grandi, 2016)	- 59 -
Figura 2: Modello a due vie di lettura e scrittura di Castel e Coltheart (1987) (Tratto da: Stella e Grandi, 2016).....	- 61 -
Figura 3: Semplificazione del modello a due vie (Cornoldi e Tressoldi, 2007) (Tratto da: Stella e Grandi, 2016).....	- 62 -
Figura 4: Emotive Epoc + utilizzato per registrare i segnali EEG	- 81 -
Figura 5: Rilevatore di segnali fisiologici Infinity	- 82 -
Figura 6: Disposizione degli elettrodi secondo il Sistema Internazionale 10-20	- 89 -
Figura 7: Tracciato Ripulito di un Partecipante all'esperimento	- 90 -
Figura 8: Confronto del potere medio della banda delle quattro onde cerebrali alfa, theta, beta e gamma (ciascuna delle quattro file di tabelle). Questi confronti sono riportati confrontando rispettivamente baseline (BL) con i due compiti	- 91 -
Figura 9: Rilevatore di segnali fisiologici Infinity	- 103 -

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Parametri e valori testati da Rello e collaboratori (Tratta da: Rello, L., Kanvinde, G., & Baeza-Yates, R. 2012)	- 27 -
Tabella 2: Linee guida per utenti DE (Tratto da: Rello, L., Kanvinde, G., & Baeza-Yates, R. 2012)	- 28 -
Tabella 3 Distinzione tra difficoltà e disturbo di apprendimento (tratto da Stella e Grandi, 2016)	- 52 -
Tabella 4 Classificazione dei Disturbi Specifici Dell'Apprendimento (Tratto da: Tressoldi e Vio, 2013).....	- 54 -
Tabella 5: Rappresentazione delle Variabili analizzate con i relativi test corrispondenti per l'esperimento 1	- 87 -
Tabella 6: Rappresentazione delle Variabili analizzate con i relativi test corrispondenti per l'esperimento 2.....	- 107 -
Tabella 6: Rappresentazione delle Variabili analizzate con i relativi test corrispondenti per l'esperimento 2.....	- 121 -

Introduzione

L'obiettivo di questo progetto di ricerca è indagare come l'accessibilità del web influenza il carico cognitivo (in inglese *cognitive load*) e l'esperienza utente (*web experience*) in persone con diagnosi di dislessia evolutiva e in persone normolettrici.

Al pari di altre attività che vengono svolte dalle persone offline, navigare sul Web rappresenta un'attività cognitiva complessa, soprattutto per la presenza di numerosi stimoli da elaborare. Compiti come leggere, fare acquisti o cercare informazioni online richiedono la corretta integrazione di differenti stimoli e il corretto funzionamento di numerose capacità cognitive (incluse memoria di lavoro, attenzione, percezione, etc.).

Le risorse cognitive disponibili durante l'esecuzione di un compito sono limitate e vengono utilizzate in modo selettivo per il raggiungimento di uno scopo o un obiettivo specifico. Un carico cognitivo elevato può ostacolare l'elaborazione delle informazioni, la percezione di stimoli e la memorizzazione, in particolare durante le attività complesse che richiedono di elaborare numerose di informazioni. Questo tratto rappresenta un problema ancor più accentuato in persone con diagnosi di dislessia evolutiva, che percepiscono un sovraccarico della memoria di lavoro prima e in maniera più elevata rispetto a persone normolettrici.

Bisogna sottolineare che la dislessia evolutiva è una difficoltà specifica di apprendimento di origine neurologica (Lyon et al., 2003) e colpisce lo sviluppo di alfabetizzazione e le competenze relative alla lingua. Un bambino dislessico legge in un anno lo stesso numero di parole che un buon lettore legge in due giorni (Zorzi et al., 2012).

Da qui la necessità di rendere il web accessibile anche a persone con difficoltà di lettura, in quanto un gran numero di informazioni in Internet è presentato come testo scritto. Questo rende difficile per le persone con

dislessia evolutiva usare in maniera ottimale le informazioni scritte in maniera standard e le stesse difficoltà possono essere presenti in normolettori con tratti di dislessia (Rello e Barbosa, 2013).

Infatti, dal 15 al 20% della popolazione che utilizza il web presenta dei sintomi e dei tratti caratteristici della dislessia come la lettura lenta, imprecisione nella lettura, difficoltà nella scrittura, utilizzo di lettere scritte in maniera simile (ad es. “p” e “d”), confusione tra parole simili sia nella scrittura che nella lettura (Shaywitz et al, 2001; Craven et al., 2006; McCarthy e Swierenga; de Santana et al., 2012).

Queste sono le motivazioni principali che hanno guidato il presente lavoro.

Nella prima parte viene presentato il background teorico di riferimento.

Nel primo capitolo viene approfondito il tema dell’accessibilità del web per persone con dislessia evolutiva (DE). Si parte da una sua definizione per porre le basi di un linguaggio comune. Entrando nello specifico, vengono elencati i principali problemi di lettura in persone con DE, come la lentezza, l’inversione di parole e l’inversione di lettere. In seguito, sono riportate alcune linee guida per migliorare l’accessibilità del web, viene descritta l’esperienza utente durante la navigazione e vengono illustrati alcuni metodi ICT utilizzati per aumentare l’accessibilità e la fruizione di pagine Internet per persone con difficoltà di lettura. Infine, vengono illustrati i possibili risvolti positivi anche sulle persone normolettrici.

Nel secondo capitolo viene trattato il tema del *cognitive load*, ovvero del carico cognitivo, inteso come il carico imposto alla memoria di lavoro per elaborare l’informazione presentata. In particolare, si parte dalla teoria del *cognitive load* per delineare poi la sua relazione con la navigazione nel web. In seguito vengono descritte le tecniche di misurazione del *cognitive load*, divise in misure soggettive, misure di *performance*, *dual task*, metodo analitico e misurazioni fisiologiche. Vengono poi descritte le attività nel web maggiormente utilizzate per misurare il *cognitive load*, con particolare

attenzione ai task di *information seeking* e comprensione. Infine, vengono illustrati i maggiori limiti nel suo studio del carico cognitivo in relazione alla navigazione web.

Nel terzo capitolo viene descritta e dettagliata la Dislessia Evolutiva (DE), la sua relazione con i disturbi dell'apprendimento, come è inserita all'interno delle classificazioni diagnostiche internazionali e i criteri per la diagnosi di DE. Vengono poi descritti i due principali modelli per l'apprendimento della lettura e i meccanismi deficitari nella DE. In seguito sono riportate le variabili socio-emozionali che possono insorgere in persone con DE e i possibili trattamenti.

Nella seconda parte, ovvero quella sperimentale, vengono descritti tre esperimenti condotti.

Nel quarto capitolo viene descritto il primo esperimento del presente progetto. In questa prima parte vengono analizzate la differenza di carico cognitivo, la difficoltà percepita, l'usabilità e l'ansia percepita in un campione di soggetti normolettori, attraverso una metodologia multi-livello. I partecipanti dovranno compiere due task sul web: comprare un oggetto con delle caratteristiche indicate dallo sperimentatore (compito di *information-seeking*) e leggere un articolo di giornale su web (compito di comprensione). Metà del campione leggerà su personal computer mentre l'altra metà su *smartphone*. Verranno analizzate sia le differenze tra gruppi (PC vs *smartphone*) sia le differenze entro i gruppi.

Nel quinto capitolo viene descritto il secondo esperimento del presente progetto. In questa parte si prende in considerazione l'accessibilità del web per persone con DE, in termini di carico cognitivo, difficoltà percepita, usabilità e ansia percepita. Per questo scopo, verrà utilizzando un task di comprensione del testo, i partecipanti saranno divisi in due gruppi: un gruppo leggerà la versione standard ed un gruppo la versione *enhanced*, ovvero con delle modifiche di layout effettuate in base alla letteratura di

riferimento. Verranno poi confrontati i risultati emersi nelle due condizioni sperimentali all'interno del campione con DE.

Nel sesto capitolo viene descritto il terzo esperimento del presente progetto. In questa parte vengono analizzate la differenza tra *cognitive load* e *user experience* tra soggetti normolettori e con dislessia evolutiva (DE). Per questo scopo, verrà utilizzando un task di comprensione del testo. I partecipanti, divisi nei due gruppi, leggeranno la versione standard ed un gruppo la versione *enhanced*, ovvero con delle modifiche di layout effettuate in base alla letteratura di riferimento. Verranno poi confrontati i risultati emersi nelle due condizioni sperimentali.

Infine, vengono illustrate le conclusioni relative a tutto il progetto, partendo dal background teorico per arrivare ai risultati ottenute nel lavoro, le possibili ricadute in ambito quotidiano, i limiti che il progetto presenta e le prospettive future.

PRIMA PARTE

- Background Teorico -

Capitolo 1

Accessibilità del Web e Dislessia Evolutiva

In questo capitolo viene trattato il tema principale del presente progetto, ovvero l'accessibilità del web per persone con dislessia evolutiva (DE), partendo da una sua definizione per porre le basi di un linguaggio comune. Entrando nello specifico, vengono elencati i principali problemi di lettura in persone con DE, come la lentezza, l'inversione di parole e l'inversione di lettere. In seguito, sono riportate alcune linee guida per migliorare l'accessibilità del web, viene descritta l'esperienza utente durante la navigazione e vengono illustrati alcuni metodi ICT utilizzati per aumentare l'accessibilità e la fruizione di pagine Internet per persone con difficoltà di lettura. Infine, viene fatta una panoramica sull'importanza dello studio dell'accessibilità del web per persone con DE e i possibili risvolti positivi anche sulle persone normolettrici.

1.1 Definizione di Accessibilità del web

Tema cardine del presente progetto è l'accessibilità del web, spesso utilizzato anche nella sua traduzione inglese *web accessibility*. È importante, dunque, stabilire un linguaggio comune sul significato di questa espressione e dettagliarne la definizione per poter capire nel dettaglio a che cosa ci si sta riferendo quando si parla di accessibilità del web.

La definizione per esteso di accessibilità del web data dal *World Wide Web Consortium* (W3C), ovvero l'organismo internazionale che ha tra le sue responsabilità anche quella di definire gli standard per le tecnologie del web, è la seguente: "accessibilità del web significa che persone con disabilità possono utilizzare il web" (Mangiatordi, 2017). Questa definizione collega in modo diretto le problematiche di accessibilità alle persone con disabilità (Mangiatordi, 2017).

Più specificamente, accessibilità del web significa che le persone con disabilità possono percepire, comprendere, navigare e interagire con il web, e che esse possono contribuire al web (Harryson *et al.*, 2004; Petrie, 2005; Craven e Booth, 2006; De Santana *et al.*, 2013; De Avelar *et al.*, 2015, Mangiatordi, 2017). L'accessibilità del web va a beneficiare anche altre persone, inclusi gli anziani, le cui abilità mutano a causa dell'età, ma anche persone normolettrici che hanno delle difficoltà (e non disabilità o disturbi) nella lettura (Caldirola *et al.*, 2017; Rello, 2012), nella direzione di quel che viene definito Universal Design (Iwarsson e Ståhl, 2003; Reid *et al.*, 2013; Cruz, 2018; Haynes, 2019).

Per analizzare l'accessibilità del web bisogna partire da una distinzione dei metodi in due categorie (Brajnik, 2000; Brajnik, 2006):

- analisi della semantica del documento (che può essere considerata maggiormente come usabilità); questa parte viene svolta molto spesso da programmi perché si tratta di verificare se la pagina è ben

costruita, se rispetta le linee guida e alcuni criteri di accessibilità come, ad esempio, la presenza di un testo sotto un'immagine che la possa spiegare anche a persone ipovedenti. Il problema di questa analisi è che il programma può rilevare il testo al di sotto della fotografia ma non il contenuto di esso.

- analisi dell'organizzazione visiva che riguarda in particolar modo l'analisi del testo scritto in termini di leggibilità e chiarezza (legibility and readability).

In base a ciò, un sito può essere semanticamente ben formato ma non accessibile; per questo motivo l'accessibilità non può essere misurata solo da un programma computerizzato e programmato con un algoritmo, ma bisogna basarsi su un'analisi più approfondita che vede l'utilizzo di un approccio multi-livello (Brajnik, 2006; Caldiroli *et al.*, 2017).

Inoltre, garantire l'accessibilità del web richiede un lavoro su tre livelli: la definizione di standard, lo sviluppo di tecnologie assistive appropriate e la valutazione finale del risultato dell'interazione tra persone (insieme a eventuali relative tecnologie assistive) e ambiente (Mangiatordi, 2017; Rello *et al.*, 2012). Gli standard fanno sì, anzitutto, che per la creazione di pagine web esistano precise linee guida destinate ai programmatori e da seguire perché una pagina possa essere ritenuta "ben formata" (Mangiatordi, 2017).

In accordo sul fatto che in Internet un gran numero di informazioni è presentato come testo scritto, l'accessibilità del web risulta essere particolarmente importante per persone con DE, per le quali è spesso difficile usare in maniera ottimale le informazioni scritte in maniera standard nelle pagine web (Rello e Barbosa, 2013; Rello, 2015; Rauschenberger *et al.*, 2019), e questo porta a dover definire la relazione tra *web accessibility* e dislessia evolutiva.

1.2 La Dislessia Evolutiva e L'accessibilità del web

La maggior parte delle ricerche sull'accessibilità del web per persone con DE riguarda la possibilità di manipolare e modificare le pagine web per aumentare la capacità di lettura delle persone con DE, attraverso modalità che siano sempre a disposizione e piuttosto immediate, e per migliorare la loro esperienza utente (Freire *et al.*, 2011; Good, 2011; Kanvinde *et al.*, 2012; Rello *et al.*, 2012; Zorzi *et al.*, 2012; De Santana *et al.*, 2013; Rello e Barbosa, 2013; Chen *et al.*, 2015; De Avelar *et al.*, 2015; Berget *et al.*, 2016; Fourney *et al.*, 2018; Damiano *et al.*, 2019; Kous, 2019; Rauschenberger *et al.*, 2019). Rello e colleghi (2012) hanno cercato di riassumere le principali motivazioni che guidano lo studio della web accessibility in persone con DE, trovando le tre cardine: le persone con dislessia sono un gruppo relativamente grande di utenti, dal momento che la dislessia è universale e frequente; questo tipo di pratiche di accessibilità non sono utili solo per persone con dislessia, ma anche per tutti gli utenti; e contribuisce alla democratizzazione del web, nella prospettiva che l'accesso al web da parte di tutti, a prescindere da qualsiasi disabilità, è un aspetto essenziale.

1.2.1 Il problema della lettura nella DE

Per poter capire come migliorare l'accessibilità del web in persone con DE, in primo luogo, bisogna conoscere quali sono i problemi che essi riscontrano durante la lettura di testi scritti.

Come noto da letteratura, la DE è un disturbo specifico dell'apprendimento che ha origini neurologiche (Lyon *et al.*, 2003; Snowling e Hulme, 2012; Bonacina *et al.*, 2015) che portano ad interferire con l'acquisizione e i

processi di linguaggio (Lorusso *et al.*, 2011; Rello e Baeza-Yates, 2013). In accordo con la definizione del Manuale Diagnostico dei Disturbi Mentali - DSM-5 (APA, 2013), le persone con DE hanno difficoltà a capire le parole scritte, poca accuratezza nella lettura, nella velocità o fluenza e nella comprensione del testo (Tunmer e Greaney, 2010; Smythe 2011; Handler *et al.*, 2011; de Santana *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2015). La DE è indicata come una difficoltà di apprendimento di alfabetizzazione, nei bambini con sviluppo tipico, a causa di una perdita durevole di capacità di elaborazione fonologiche necessarie per imparare a leggere e scrivere (Tunmer e Greaney, 2010). Mentre le cause della DE sono ancora dibattute, i ricercatori concordano sul fatto che la sfida principale è di studiare come ottenere che i bambini dislessici leggano più parole in meno tempo; infatti, un bambino dislessico legge in un anno lo stesso numero di parole che un buon lettore legge in due giorni (Zorzi *et al.*, 2012). La lettura di testi scritti risulta essere significativamente più lenta in persone con dislessia rispetto a normolettori e sono presenti molti errori come, per esempio, l'inversione di parole e lettere (ad esempio "al" al posto di "la" oppure "dalla" al posto di "palla") (Fadzal *et al.*, 2011). Inoltre, persone con DE incontrano spesso problemi con parole complesse, lunghe o infrequenti (Hyönä *et al.*, 1995; Rüsseler *et al.*, 2003; Rello *et al.*, 2013) come, ad esempio, alcune parole presenti nella Batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva – 2 (DDE-2) di Sartori e colleghi: sciopero, schiera, veglia, svago, etc. (Sartori *et al.*, 2012). Per questo motivo, sono stati studiati diversi metodi che possano avere un effetto positivo sulle prestazioni di lettura.

I metodi classici di trattamento della DE riguardano la formazione e il potenziamento di competenze fonologiche e ortografiche. La formazione fonologica ha mostrato effetti positivi sulla decodifica, ma limitati effetti sulla fluidità nella lettura (Meyer e Felton, 1999), che è una competenza centrale dell'acquisizione della capacità di lettura (Breznitz, 2006, 2008; Fletcher, 2009; Lione *et al.*, 2003). L'assunto centrale che guida parte degli

studi incentrati sul miglioramento della fluidità nella lettura dipende dagli obiettivi, dalla quantità e dalla qualità delle rappresentazioni ortografiche memorizzate; di conseguenza, la formazione è costituita principalmente da esposizioni ripetute agli stessi elementi (Kuhn e Stahl, 2003; Roberts, Torgesen, Boardman, e Scammacca, 2008; Wolf e Katzir-Cohen, 2001).

Nonostante il ruolo importante di questi tipi di formazione in bambini con DE, spesso richiedono numerose sessioni fino a quando il progresso è evidente, così come è richiesta la mediazione di un tutor, con inevitabili complicazioni finanziarie e logistiche (Bar-Kochva e Hasselhorn, 2015).

Una direzione più recente che stanno prendendo gli studi riguarda la lettura di testi che sono stati modificati per avere un effetto immediato e duraturo sulle capacità di lettura dei bambini con dislessia; l'obiettivo è quello di concentrarsi sull'accessibilità del materiale di lettura manipolando le proprietà fisiche della stampa (ad esempio, il formato di stampa, il tipo di font, ecc.). Alcune ricerche (Zorzi et al., 2012; Martelli et al., 2009) si sono focalizzate sugli effetti potenziali di tali manipolazioni trovando che i bambini dislessici sono colpiti da affollamento (*crowding*), un fenomeno percettivo con effetti negativi sul riconoscimento delle lettere che viene modulato dalla spaziatura tra le lettere stesse. Negli studi, lo spazio tra le lettere viene aumentato evitando così gli effetti negativi sulla lettura risultante dall'affollamento visivo, infatti il semplice aumento di spazio tra le lettere porta ad una maggiore precisione e fluidità nella lettura (Zorzi et al., 2012). Spesso in questo tipo di interventi vengono utilizzati gli attuali dispositivi tecnologici, avendo così la possibilità di facilitare la lettura in ambienti di vita quotidiana. Inoltre, questi metodi non richiedono la mediazione di un tutor e, di conseguenza, sono accessibili per varie popolazioni (Bar-Kochva e Hasselhorn, 2015).

In particolar modo, come detto, alcuni di questi studi si sono focalizzati sull'accessibilità del web in persone con DE, grazie anche alla possibilità di poter manipolare la pagina web in tempo reale (Freire *et al.*, 2011;

Kanvinde *et al.*, 2012; Rello *et al.*, 2012; Zorzi *et al.*, 2012; De Santana *et al.*, 2013; Rello e Barbosa, 2013; Chen *et al.*, 2015; De Avelar *et al.*, 2015; Berget *et al.*, 2016; Fourney *et al.*, 2018; Damiano *et al.*, 2019; Kous, 2019; Rauschenberger *et al.*, 2019).

1.2.2 L'esperienza web in utenti con DE

Una componente importante da tenere in considerazione per poter studiare l'accessibilità del web per persone con DE è la *user experience*, ovvero l'esperienza web dell'utente (Caldirola *et al.*, 2017), che, come afferma Garrett (2010): “non è tanto il funzionamento interno di un prodotto o un servizio, ma è come funziona all'esterno, dove una persona viene a contatto con esso”.

A questo proposito, alcuni autori si sono focalizzati su questo aspetto per verificare l'accessibilità del web per utenti DE.

In particolare, Chen e colleghi (2015), hanno condotto uno studio con lo scopo di verificare l'esperienza web degli utenti, sia normolettori che con DE, esplorando la loro soddisfazione verso diversi modi di presentare il testo nel web. Il campione era composto da ventiquattro studenti delle scuole medie (metà con diagnosi di dislessia e metà come gruppo di controllo). I dati sono stati raccolti osservando il comportamento dei partecipanti e le loro espressioni facciali quando si utilizza ciascuna delle modalità di testo web proposte dai ricercatori e attraverso sessioni di interviste guidate. Le modalità di testo web erano tre e ciascuna di esse consisteva nella lettura di un testo scritto in inglese. Nella modalità "Controllo" il testo è stato presentato utilizzando il layout trovato comunemente in un libro stampato convenzionale. Nella modalità "Standard" il testo è stato presentato in base a alcune linee guida di

accessibilità del testo per lettori con DE, come suggerito dall'associazione britannica di dislessia, che riguardavano il colore dello sfondo, il tipo di carattere e la sua dimensione, il layout e lo stile di scrittura. La modalità "Migliorata" era simile alla modalità Standard, ad eccezione dell'aggiunta di un lettore automatico, Natural Reader, un software che legge il testo selezionato e che consente all'utente di controllare la velocità di lettura e di scegliere tra diverse voci la sua preferita. La soddisfazione, che è uno degli aspetti principali per valutare l'effetto dell'apprendimento, è stata valutata nelle tre condizioni attraverso un'intervista strutturata. In conclusione, i risultati dello studio hanno mostrato che gli utenti inserirebbero nelle linee guida per rendere il testo *dislexia-friendly* le caratteristiche della modalità Standard che comprendono: il colore beige dello sfondo, il tipo di carattere *sans serif*, la dimensione del carattere di 16-18 punti, il carattere nero, l'interlinea di 1,5 e l'uso degli elenchi puntati. Gli autori affermano che queste caratteristiche sono appropriate per essere inserite nelle linee guida inclusive per la presentazione del testo web sia per gli studenti normolettori che per quelli con DE.

In un altro studio, Freire e colleghi (2011) hanno osservato utenti con DE durante la navigazione di diversi siti web e hanno raccolto informazioni sul modo in cui hanno sperimentato i siti Web allo scopo di comprendere meglio la natura dei problemi incontrati da tali utenti. Nello studio hanno preso parte 13 persone con DE che hanno valutato sedici *homepage* di altrettanti siti web. I siti web selezionati includevano sia siti del settore privato sia del settore pubblico e hanno coinvolto i governi locali e centrali, i servizi pubblici, le organizzazioni senza scopo di lucro e siti commerciali. Lo studio consisteva nell'osservare gli utenti con DE durante l'esecuzione di tre attività, con diversi livelli di difficoltà, sviluppate per ciascun sito web. I compiti riguardavano attività tipiche che verrebbero svolte nei siti web, quali la consultazione delle spese fiscali, l'acquisto di biglietti online, la ricerca di un servizio sanitario locale e la ricerca di un veicolo usato. Inoltre,

è stato utilizzato un protocollo *thinking aloud*, ideato da Nielsen (2012), adatto per identificare ciò che i partecipanti pensano nel momento stesso in cui svolgono i loro compiti. Durante l'esperimento, i partecipanti sono stati registrati tramite video. I dati video sono stati codificati in modo indipendente da tre giudici. Le principali variabili analizzate sono state: i problemi incontrati dagli utenti e la loro gravità, il completamento delle attività, la difficoltà di completare ogni attività, il tempo per completare le attività, la soddisfazione dell'utente del sito web. I risultati hanno mostrato che le categorie che presentano maggiori problemi, riferiti dagli utenti, sono “informazioni non nella pagina in cui gli utenti si aspettavano fossero” e “gli elementi di navigazione non aiutano gli utenti a trovare quello che cercano”. Il primo caso si è verificato quando gli utenti hanno seguito un percorso che sembrava logico a loro sul sito web, ma le pagine non contenevano ciò che prevedevano di presentare. La seconda categoria era relativa a problemi che gli utenti hanno riscontrato quando gli elementi nella navigazione non li hanno aiutati a decidere dove andare per trovare le informazioni che cercavano. La terza categoria più frequente è stata “pagina difficile da analizzare per un articolo specifico”: i partecipanti sottolineavano la necessità che alcuni contenuti necessari si distinguessero dal resto della pagina web. Per gli autori, l'analisi di questi problemi può aiutare a perfezionare le linee guida per lo sviluppo di siti web per consentire agli utenti con dislessia di utilizzarli facilmente.

Sulla stessa riflessione a proposito della *web experience*, Good (2011) ha creato un algoritmo chiamato *Algorithm Based Search*, che è stato sviluppato per migliorare l'accessibilità del web creando un sistema di filtraggio che identifica e valuta pagine Web in base alle esigenze di accessibilità dell'utente. Lo scopo di Good (2011) era quello di valutare l'efficacia degli algoritmi nel riordinare i risultati della ricerca in base all'accessibilità percepita dall'utente rispetto al motore di ricerca di Google. Lo scopo era fondamentalmente di valutare se i partecipanti avessero

un'esperienza web migliore utilizzando la ricerca basata sull'algoritmo. Trenta partecipanti sono stati inclusi nello studio e sono stati invitati a effettuare due ricerche su web. I gruppi includevano partecipanti con disturbi visivi, mobilità limitata e DE. Gli utenti dovevano inserire una domanda nella barra di ricerca che riguardava un problema correlato alla salute, prima utilizzando *Algorithm Based Search* e successivamente utilizzando la ricerca di Google. I partecipanti hanno valutato le pagine attraverso un questionario self-report, che indagava la facilità di accesso e l'idoneità dei contenuti. I risultati hanno indicato differenze statisticamente significative, nella percezione degli utenti sulla facilità di accesso e il contenuto della pagina Web, tra la ricerca di Google e la ricerca attraverso *Algorithm Based Search*. I partecipanti complessivi hanno riportato una migliore esperienza utente quando si utilizza *Algorithm Based Search*.

Questi sono gli studi più rilevanti sul tema della *web experience* e sottolineano come nell'ampio tema dell'accessibilità del web si debba sempre tenere in considerazione la percezione dell'utente. Non basta, dunque, manipolare alcuni aspetti del web ma bisogna capire come questi influenzano gli utenti stessi (Freire, 2011; Good, 2011; Chen et al., 2015).

1.2.3 Alcune linee guida per l'accessibilità del web

Un altro aspetto di fondamentale importanza nell'ambito dell'accessibilità del web per persone con DE riguarda la creazione di linee guida che possano aiutare nella realizzazione di siti web definiti *dislexia-friendly* (Zarach, 2002; Rello et al., 2012; de Santana et al., 2013; de Avelar et al., 2015).

L'International Dyslexia Association (IDA, 2011) ha stabilito che dal 15% al 20% della popolazione che utilizza il web presenta dei sintomi e dei tratti

caratteristici della dislessia come la lettura lenta, imprecisione nella lettura, difficoltà nella scrittura, utilizzo di lettere scritte in maniera simile (ad es. “p” e “d”), confusione tra parole simili sia nella scrittura che nella lettura (Shaywitz *et al.*, 2001; Craven *et al.*, 2006; McCarthy e Swierenga; de Santana *et al.*, 2012). Per questo motivo, si raccomandano anche una serie di linee guida per facilitare la lettura di pagine web per le persone con DE, in quanto il web si predispone alla manipolazione diretta nello stesso momento in cui si inizia a sfogliare e leggere la pagina (Chen *et al.*, 2015). Per facilitare la lettura tra le persone con dislessia e creare testi dislexia-friendly, sono stati sviluppati diversi orientamenti su come modificare il layout, la dimensione del carattere, la spaziatura dei paragrafi, la spaziatura delle righe, la spaziatura dei caratteri, la larghezza della colonna, il colore di sfondo e il carattere (IDA 2011; Zarach, 2002; Rello *et al.*, 2012; de Santana *et al.*, 2013; de Avelar *et al.*, 2015). Tra i più citati, Zarach (2002) ha proposto dieci linee guida per migliorare la leggibilità e l'accessibilità per le persone con dislessia, pubblicate nel sito web del CETIS (*Center for Educational Technology and Interoperability Standards*) e qui riportate:

1. *Rendi il sito Web personalizzabile*
2. *Assicurati che il sito Web sia leggibile dagli screen reader*
3. *Usa molte immagini*
4. *Usa elenchi numerati*
5. *Usa elenchi numerati*
6. *Mantieni il testo breve e semplice*
7. *Mantieni coerente la progettazione del sito Web*
8. *Mantieni la navigazione semplice*
9. *Utilizza una dimensione minima del carattere di 12 punti*
10. *Assicurati che il testo possa essere stampato facilmente.*

Un importante studio sulle linee guida per gli utenti con DE è stato condotto da Rello e colleghi (2012). Gli obiettivi dello studio erano due: (1) testare un primo prototipo di un servizio web, chiamato DysWebxia, sviluppato dagli autori con l'obiettivo di rendere i testi Web più accessibili alle persone con DD; (2) elaborare linee guida per lo sviluppo di un servizio utile per gli utenti con DE. Quarantaquattro partecipanti hanno preso parte all'esperimento: metà ha avuto una diagnosi di DE e metà è servito come gruppo di controllo. Innanzitutto, il gruppo di partecipanti con DE è stato intervistato faccia a faccia sulle loro varie difficoltà legate alla dislessia e su come queste influenzano la loro lettura su schermo (Computer). Dopo l'intervista, entrambi i gruppi hanno letto trentasei piccoli testi e durante l'attività è stato utilizzato un sistema eye-tracker per raccogliere dati quantitativi. I testi da leggere erano presentati su slide e ognuno era composto da due storie. Il testo complessivo di ogni storia è stato diviso in 36 parti e ciascuna di esse è stata presentata ai partecipanti con un layout diverso. Il testo è stato presentato con un tipo di carattere consigliato per i dislessici (Sans Serif Arial) ed era allineato a sinistra. Gli autori hanno utilizzato i parametri e i valori riportati nella Tabella 1:

Misure	Specificazioni
Scala di grigi nel carattere	Sono stati testati quattro valori di luminosità (0%, 25%, 50% e 75%) per i caratteri con sfondo bianco
Scala di grigi sullo sfondo	Sono stati testati quattro valori di luminosità (100%, 75%, 50% e 25%) per lo sfondo con caratteri bianchi
Coppie di colori	Sono state provate otto coppie di colori (sfondo / carattere): bianco / nero, bianco sporco / bianco nero, giallo / nero, bianco / blu, crema /

	nero, verde mucky chiaro / marrone scuro, verde mucky scuro / marrone e giallo / blu
Dimensione del font	Sono state testate quattro dimensioni per arial: 14, 18, 22 e 26
Spaziatura dei caratteri	Sono state testate quattro diverse distanze tra i caratteri: -7%, 0%, + 7% e 14%
Interlinea	Sono state testate le interlinee 0,8, 1, 1,2 e 1,4
Spaziatura dei paragrafi	I testi nelle slide presentavano quattro diversi valori per la spaziatura tra i paragrafi: 0,5, 1, 2 e 3 righe
Larghezza della colonna	Il numero medio di caratteri per la larghezza delle quattro colonne testate era: 22, 44, 66 e 88 caratteri per riga

Tabella 1: Parametri e valori testati da Rello e collaboratori (Tratta da: Rello, L., Kanvinde, G., & Baeza-Yates, R. 2012)

Infine, per ottenere una migliore comprensione delle esigenze di lettura dei partecipanti, è stata condotta un'intervista aperta sulle difficoltà incontrate durante la lettura dei testi. Inoltre, una versione beta di un servizio web che rende i testi web più accessibili alle persone con DE è stata mostrata a quattordici partecipanti e tutti l'hanno trovata utile e hanno proposto miglioramenti all'interfaccia. Un risultato importante riguarda le differenze tra il gruppo clinico e il gruppo di controllo circa il tempo di fissazione, che era statisticamente più lungo per gli utenti con DE rispetto ai partecipanti non dislessici. Le durate più lunghe delle fissazioni significano più carichi di elaborazione. Combinando questi dati con le analisi qualitative, gli autori hanno suggerito una serie di raccomandazioni relative al layout del testo web per aiutare gli utenti con DE. I risultati sono stati incorporati nel

servizio DysWebxia che ha come valori predefiniti i parametri riportati nella tabella 2:

Misure	Specificazioni
Carattere e sfondo	Scala di grigi nel carattere: 10% Scala di grigi sullo sfondo: 90%
Colori	Coppia di colori: crema / nero
Colori	Coppia di colori: crema / nero
Dimensione del font	Dimensione carattere: 26
Spaziatura caratteri, linee e paragrafi	Spaziatura caratteri: + 7% Interlinea: 1,4; Spaziatura paragrafi: 2
Larghezza della colonna	77 caratteri / riga

Tabella 2: Linee guida per utenti DE (Tratto da: Rello, L., Kanvinde, G., & Baeza-Yates, R. 2012)

In un altro studio, De Santana e colleghi (2012) hanno condotto una recensione sullo stato dell'arte delle linee guida web per gli utenti con DE. L'obiettivo era quello di produrre un sondaggio su tecniche e linee guida per l'accessibilità del web e la dislessia. Gli autori hanno fornito una panoramica completa delle linee guida esistenti riguardanti le persone con DE. Hanno presentato quarantuno linee guida per supportare sviluppatori, designer e produttori di contenuti del web. Queste linee guida sono state raccolte su siti web che discutono di DE e accessibilità e si basano su serie di linee guida disponibili, come le Linee guida sull'accessibilità dei contenuti Web (WCAG, 2008). Gli autori hanno diviso le linee guida nei seguenti gruppi:

navigazione, colori, presentazione del testo, scrittura, layout, immagini e grafici, personalizzazione dell'utente finale, mark-up, video e audio. Per ogni gruppo hanno dato ulteriori specificazioni per cercare di rendere ogni parte del testo web più accessibile per persone con DE.

In conclusione, ad oggi non esistono delle linee guida universali ma dei parametri e dei valori che sono consigliati da molti autori e che si avvicinano a quanto riportato nella tabella tre tratta dagli studi di Rello e collaboratori (2012).

1.2.4 I metodi ICT per aumentare l'accessibilità del web

Dopo aver delineato quelli che si possono definire gli aspetti più studiati della *user experience* e alcune linee guida per utenti DE, è importante analizzare quali tool sono stati studiati e analizzati a livello scientifico per poter supportare l'accessibilità del web per utenti DE.

De Avelar e colleghi (2015) hanno condotto uno studio allo scopo di creare un'estensione chiamata WebHelpDyslexia per un browser Web che offre funzionalità di personalizzazione delle pagine Web, in base ai requisiti dei problemi incontrati dagli utenti con DE. Lo studio ha valutato la progettazione, l'implementazione e un test preliminare del tool WebHelpDyslexia con utenti DE, in due cicli iterativi nei quali due partecipanti utilizzavano il tool. Ai partecipanti, prima dell'esperimento, è stato insegnato l'utilizzo del tool al fine di ottenere un feedback sulle caratteristiche esistenti e raccogliere suggerimenti per le versioni future del tool. I partecipanti sono stati invitati a svolgere tre attività di lettura con testi di diversi livelli di difficoltà. Dopo aver eseguito i compiti, è stato chiesto di segnalare quali sono le funzionalità del tool che hanno utilizzato. Inoltre, gli autori hanno chiesto loro di segnalare eventuali difficoltà e suggerimenti che

potrebbero avere per migliorare lo strumento. Il partecipante 1 ha fornito importanti suggerimenti per includere funzioni per evidenziare il testo e il "righello di lettura", per aiutare a concentrarsi durante la lettura di parti del testo. Il secondo utente ha riportato difficoltà nell'installazione dell'estensione, ma ci sono state risposte molto positive per il "righello di lettura", implementato in seguito ai feedback del partecipante 1. L'utente ha affermato che l'utilizzo del tool lo ha aiutato a concentrarsi sulla lettura evitando che si perdesse nel testo. Il prototipo implementato include funzionalità per regolare le caratteristiche di layout del testo e altre funzionalità identificate per feedback da parte degli utenti. Lo strumento implementato ha incluso funzioni per modificare la dimensione del carattere e il tipo di carattere, per rimuovere le decorazioni del testo come corsivo, grassetto e sottolineato, per cambiare i colori dello sfondo, per modificare la spaziatura, la lunghezza e l'allineamento dei paragrafi, per sbiadire il testo per concentrarsi su parti specifiche e per cercare sinonimi. I risultati ottenuti da questo studio hanno evidenziato l'importanza di fornire ulteriore sostegno agli utenti con DE e di fornire strumenti per aiutarli con problemi linguistici legati alle loro difficoltà di lettura.

In un altro studio, De Santana e colleghi (2013) hanno voluto sottolineare le difficoltà segnalate dalle persone con dislessia quando utilizzano Internet e hanno eseguito un'analisi di uno strumento denominato Firefixia, sviluppato per aiutare gli utenti con dislessia sul web. Per sviluppare Firefixia, gli autori hanno analizzato l'insieme di quaranta linee guida presentate in un loro precedente lavoro (de Santana et al., 2012) e ne hanno scelte alcune che potessero essere inserite nella barra degli strumenti del browser. Firefixia consente agli utenti di definire alcune caratteristiche preferite per modificare il testo che includono: dimensione del carattere, tipo di carattere, allineamento del testo, spazio tra le righe, spazio tra i caratteri, colore dello sfondo, colore del testo, colore dei collegamenti multimediali, colore dei collegamenti multimediali già visitati ed eliminazione del corsivo. Il sito

web analizzato, sul quale è stato provato Firefixia, è quello fornito dalla Federal Revenue Federal, che è un'istituzione governativa che stabilisce dazi e tasse sul salario ricevuto da tutte le persone che lavorano in Brasile. Il test con gli utenti ha coinvolto quattro partecipanti con DE ed è stato basato sul protocollo *think aloud* (Nielsen, 2012). I partecipanti sono stati invitati ad utilizzare il sistema mentre continuavano a verbalizzare i loro pensieri ad alta voce. Inoltre, hanno compilato due questionari (pre-test e post-test).

I compiti considerati nello studio sono stati i seguenti:

- Task 1: verificare lo stato attuale del proprio registro fiscale;
- Attività 2: scaricare il programma per la relazione annuale sulle tasse;
- Attività 3: individuare qual è la banca dati federale delle entrate più vicina alla propria casa;
- Task 4: raggiungere la pagina “contattaci” e inviare una domanda sulle caratteristiche offerte alle persone con DE.

Il questionario pre-test mirava a valutare le principali caratteristiche dei partecipanti in termini di età, istruzione, lavoro, uso di Internet, tempo dalla diagnosi di DE e l'utilizzo di qualsiasi tecnologia assistita. Il questionario post-test è stato suddiviso in due parti: una per raccogliere l'opinione degli utenti sul sito web visitato e l'altra incentrata sull'analisi delle caratteristiche di Firefixia. I risultati hanno mostrato che l'utilità percepita della barra degli strumenti potrebbe variare significativamente in base a quanto è accessibile il sito web considerato nell'esperimento. Per questo motivo, gli autori hanno valutato insieme il sito web e la barra degli strumenti. La barra degli strumenti ha raggiunto i suoi obiettivi indicando una direzione interessante per consentire la personalizzazione degli utenti finali dei siti web. Le caratteristiche di personalizzazione, ovvero la possibilità di modificare i parametri a proprio piacimento, che tutti i partecipanti hanno citato come utili riguardavano: la dimensione del testo, l'allineamento del testo e il colore dello sfondo.

In un altro lavoro, Rello e Barbosa (2013) hanno cercato di scoprire se le persone con DE richiedono software di lettura specifici. In primo luogo, gli autori hanno analizzato i parametri di presentazione del testo, che sono stati raccomandati nei loro lavori precedenti, per le persone con DE (Rello et al., 2012). Sulla base di questa analisi, gli autori hanno confrontato le due applicazioni di lettura più diffuse, Kindle e iBook, e cinque software di lettura specifici per persone con DD (ClaroRead, Firefixia, IDEAL eBook Reader, SeeWord, Text4All). Gli unici progettati sulla base di studi utente con questo target sono Firefixia, SeeWord, IDEAL eBook Reader e Text4All. In accordo con i risultati degli studi precedenti, vi è una serie di parametri che portano ad effetti significativi sulla lettura per persone con DE. Questi sono: tipo di carattere, dimensione del carattere, colori (font e sfondo), spaziatura dei caratteri e presentazione di sinonimi su richiesta. Pertanto, secondo gli autori, questi parametri devono essere inclusi negli strumenti di lettura per le persone con dislessia per fornire testi accessibili. I due strumenti più popolari, Kindle e iBook, consentono ai lettori di personalizzare la maggior parte di questi parametri di presentazione del testo, ad eccezione della spaziatura dei caratteri e della presentazione di sinonimi su richiesta.

1.3 L'importanza dello studio sull'accessibilità del web e la sua relazione con la DE

In conclusione, si possono riassumere i punti principali per i quali la *web accessibility* per persone con DE risulta essere un importante argomento di studio, meritevole di attenzione. Partendo dal fatto che in Internet un gran numero di informazioni è presentato come testo scritto,

questo rende difficile per le persone con DE usare in maniera ottimale le informazioni scritte in maniera standard (Rello e Barbosa, 2013) e le stesse difficoltà possono essere presenti in persone normolettrici che presentano tratti di dislessia.

Nel 2010, McCarthy e Swierenga hanno pubblicato una *review* degli studi riguardo all'accessibilità del web per persone con DE sottolineando come, nonostante l'interesse e la necessità di approfondire questa tematica, i lavori a riguardo fossero realmente poco numerosi. Molti studi hanno analizzato le difficoltà di accesso al web in persone con disabilità cognitive o visive (Takagi et al., 2004; Ramayah, 2012) o disabilità fisiche (Steriadis et al., 2003; Spalteholz et al., 2007; Gajos et al., 2008; Pérez et al., 2014). Ancora poco si sa in merito alle difficoltà che le persone con DE incontrano nell'utilizzo del web.

Ad oggi i web designer e ricercatori capiscono che i siti web devono essere resi accessibili a tutti e che ulteriori sforzi sono ancora necessari per estendere l'accesso agli utenti disabili o con difficoltà (Craven e Booth, 2006; Harryson et al., 2004; Petrie, 2005) comprese le persone con DE (Baldyreff, 2001; Evett e Brown, 2005; Al-Wabil et al., 2007; Swierenga et al., 2008).

Fino ad oggi pochi studi in questo settore hanno esaminato la valutazione dell'usabilità dei siti web (Craven e Booth, 2006; Al-Wabil *et al.*, 2007; Swierenga *et al.*, 2008) e la comprensione delle informazioni scritte (Nielsen, 2005; Kurniawan e Conroy, 2007), con particolare attenzione ai problemi degli utenti con DE durante la navigazione web.

Nonostante l'esistenza di siti web conformi agli standard di accessibilità, il web soffre ancora di molti problemi nella navigazione e nella fruizione di contenuti, in particolare per gli utenti con disturbi specifici di apprendimento (Al-Wabil et al., 2007; Swierenga et al., 2008). Anche se sono stati compiuti alcuni sforzi per aumentare l'accessibilità del web per persone con DE e altri utenti disabili, fino ad oggi sono stati condotti pochi

studi su questo argomento. In realtà, come visto, ci sono diverse linee guida, ma è importante cercare di muoversi in una direzione caratterizzata da risultati basati su prove scientifiche a sostegno di quanto detto. Tuttavia, garantire una migliore esperienza utente, aumentare la leggibilità del testo, migliorare la ricerca di informazioni e la chiarezza, appare come condizione fondamentale per un'accessibilità del web per utenti con DE (McCarthy e Swierenga, 2010; Rello et al., 2011; De Santana et al., 2012; De Avelar, 2015). Questo è ancora più interessante se si tiene conto che un numero crescente di persone (fino al 40%) presenta alcuni sintomi di DE e possono trarre vantaggio dall'analisi dell'esperienza di utilizzo di Internet da parte di persone con DE (Dixon, 2007; McCarthy e Swierenga, 2010). È in questo contesto che le soluzioni di accessibilità vengono sviluppate per ridurre il divario tra coloro che possono accedere a risorse web e coloro che non possono o hanno difficoltà nel farlo.

Capitolo 2

Cognitive Load ed Esperienza Utente nel Web

Nel presente capitolo viene descritto il tema del *Cognitive Load*, ovvero del carico cognitivo, inteso come il carico imposto alla memoria di lavoro per elaborare l'informazione presentata. In particolare, si parte dalla teoria del *cognitive load* per delineare poi la sua relazione con la navigazione nel web. In seguito vengono descritte le tecniche di misurazione del *cognitive load*, divise in misure soggettive, misure di *performance*, *dual task*, metodo analitico e misurazioni fisiologiche. Vengono poi descritte le attività nel web maggiormente utilizzate per misurare il *cognitive load*, con particolare attenzione ai task di *information seeking* e comprensione. Infine, vengono illustrati i maggiori limiti nel suo studio del carico cognitivo in relazione alla navigazione web.

3.1 Definizione di *Cognitive Load*

La prima definizione di carico cognitivo, termine utilizzato anche nella sua versione inglese *cognitive load*, è stata data da Chandler e Sweller nel 1991, ed era inteso come il carico imposto alla memoria di lavoro per elaborare l'informazione presentata. Questa definizione risulta essere ancora attuale e descrive con esattezza quel che si intende con carico cognitivo, in inglese *cognitive load*. Inizialmente la teoria di Sweller venne sviluppata per favorire l'apprendimento in campo scolastico e per migliorare la progettazione didattica, espandendosi poi al funzionamento generale della mente e alla psicologia evoluzionistica. Lo stesso Sweller e i suoi colleghi hanno verificato gli effetti della loro teoria con gli avanzamenti avvenuti negli ultimi venti anni (Sweller *et al.*, 2019).

Le risorse cognitive che ogni individuo ha a disposizione durante l'esecuzione di un compito sono limitate e vengono utilizzate in modo selettivo per il raggiungimento di uno scopo o un obiettivo specifico (Chandler e Sweller, 1991; Kayluga *et al.*, 1999; Moreno e Mayer, 2000). Nel momento in cui vi sono più informazioni presentate in maniera confusa o, semplicemente, tutte insieme, una persona incorre in un sovraccarico cognitivo, che rende la gestione delle informazioni stesse difficile e non porta al raggiungimento dell'obiettivo (ad es.: leggere un brano in una pagina confusa). Per questo motivo, diversi studi si sono focalizzati sulla misurazione del *cognitive load* da parte dell'utente.

La teoria del *cognitive load* parte dal principio che durante il processamento di un'informazione o l'esecuzione di un compito intervengono processi cognitivi che sono strettamente collegati alla memoria di lavoro (Chandler e Sweller, 1991; Kayluga *et al.*, 1999; Moreno e Mayer, 2000). L'apprendimento è inteso all'interno di questa cornice teorica come un sistema di elaborazione delle informazioni che coinvolge la memoria a lungo

termine e la memoria di lavoro (Cooper, 1998). Il *cognitive load* è un processo fortemente connesso soprattutto con la memoria di lavoro (*working memory*, WM), in quanto descrive la relazione tra la capacità della memoria di lavoro e le esigenze del carico cognitivo richieste da una particolare attività (Anderson et al., 2011; van Merriënboer e Sweller, 2005). La WM è definita come il processo ritenuto responsabile per il recupero, la manipolazione e l'elaborazione di informazioni che ha importanza funzionale ad una varietà di attività cognitive compreso l'apprendimento, il ragionamento, e la comprensione e si registra soprattutto con l'attività della zona prefrontale del cervello (Anderson et al., 2011; Braver et al., 1997; Choen et al., 1997), in particolare nella corteccia prefrontale (Rowe et al., 2000) e nella corteccia cingolata anteriore, che è una componente importante della rete anteriore attentiva, fondamentale per la realizzazione di compiti cognitivi complessi (Posner e Peterson, 1990; Posner e Rothbart, 1998). Anche le zone occipitali e parietali vengono coinvolte nei processi di cognitive load (Gevins et al., 1998; Scharinger et al., 2015; Shovon et al., 2015). Va sottolineato che la WM ha una capacità limitata e un carico cognitivo elevato può ostacolare l'apprendimento di nuove informazioni (Chandler e Sweller, 1991).

Inoltre, va sottolineato che la WM è strettamente legata alla lettura e altre abilità accademiche, come l'ortografia, la comprensione e la matematica (Sadollahi et al., 2016). In studi precedenti si è verificato come la memoria di lavoro sia fortemente compromessa in pazienti con DE (Berninger et al., 2006; Smith-Spark e Fisk, 2007; Cornoldi et al., 2010; Sadollahi et al., 2016), per questo motivo si ipotizza che vi sia una differenza nella percezione del carico cognitivo in persone con DE. Infatti, in soggetti con DE il *cognitive load* è percepito come maggiore e, di conseguenza, le prestazioni sono differenti rispetto a soggetti normolettori, soprattutto in attività complesse come navigare sul web (Al-Wabil et al., 2007; Menghini et al., 2011).

3.2 Il *cognitive load* e il web

Numerosi studi hanno indagato il carico cognitivo degli utenti durante la navigazione nel web, in particolar modo in riferimento ai diversi compiti che le persone compiono online (ad es.: *info seeking*, lettura di testi, etc.) e a come il design delle pagine può avere un impatto (positivo o negativo) sul *cognitive load* degli utenti (ad es.: Thovtrup e Nielsen, 1991; Sweller, 1994; Lavie e Tractinsky 2004; Rosen e Purinton, 2004; Chen *et al.*, 2009; Kurt, 2012; Gerjets *et al.*, 2014; Ferretti *et al.*, 2016).

3.2.1 La misurazione del *cognitive load*

Per misurare il carico cognitivo delle attività sul web vengono utilizzati metodi differenti che sono stati classificati da Cegarra e Chevalier (2008) in cinque categorie: metodi soggettivi, metodi di *performance*, tecniche *dual task*, metodo analitico e misure fisiologiche.

Un primo modo per registrare il *cognitive load* riguarda i metodi soggettivi, che includono scale self report, protocolli *think-aloud* e interviste. Le misure soggettive possono far luce sullo stato cognitivo percepito dall'utente e sono importanti per valutare la percezione degli utenti dei task che svolgono.

Oltre ai metodi soggettivi, spesso si utilizzano le misure di *performance*, che includono le prestazioni su un determinato compito. Le misure di *performance* sul compito primario sono oggettive e comprendono il numero di errori, la precisione, il tempo di completamento dei compiti, la differenza tra la popolazione di utenti (esperti vs non esperti), e il rapporto tra il tempo di completamento effettivo del task e il tempo ideale di completamento (Wickens, 2002). Queste misure sono maggiormente affidabili quando il

tempo di esecuzione del compito principale è dato e controllato dallo sperimentatore (Gwizdka, 2010).

Una metodologia particolarmente efficace di misurazione del *cognitive load* riguarda le tecniche *dual-task* (Kalsbeek e Sykes, 1967; Dennis et al., 1998; Brunken et al., 2002; Kim e Rieh, 2005; Chevalier e Kicka, 2006; Cegarra e Chevalier, 2008; Gwizdka, 2010) nelle quali si calcolano sia le prestazioni sul compito primario che le prestazioni su un compito secondario. I metodi che coinvolgono le prestazioni su un compito secondario, *dual-task*, sono considerate misure oggettive e dirette del *cognitive load* (Brunken et al., 2003). Un compito secondario dovrebbe essere progettato per richiedere le stesse risorse del compito principale. Se due compiti eseguiti contemporaneamente richiedono le stesse risorse (ad esempio, la memoria di lavoro verbale), le risorse disponibili devono essere distribuite tra i compiti (Dennis et al., 1998; Chevalier e Kicka, 2006; Gwizdka, 2010). I compiti secondari tipicamente coinvolgono alcuni aspetti di monitoraggio di eventi esterni, che vengono periodicamente forniti attraverso il canale visivo o uditivo; la scelta del canale sensoriale per un'attività secondaria dipende dalla natura del compito primario. Le misure *dual-task* standard per la valutazione del carico cognitivo sono: il tempo di reazione ad eventi secondari e il numero di errori al compito secondario (Dennis et al., 1998; Chevalier e Kicka, 2006; Gwizdka, 2010). La frequenza di eventi di attività secondarie dovrebbe essere scelta in modo che sia sufficientemente grande da influire sulle prestazioni del compito principale, ma che ne consente ancora il normale svolgimento (Gwizdka, 2010).

Un altro metodo di misurazione del *cognitive load* è il metodo analitico, ovvero un metodo che include il parere di esperti, l'analisi del compito, la simulazione e il controllo dell'interfaccia basato su modelli di *human perception and cognition* (Card et al., 1983; Polson et al., 1992; John e Kieras, 1996; Teo e John, 2008).

Anche le tecniche di misurazione fisiologiche sono state recentemente introdotte nelle misurazioni del *cognitive load*. Queste sono considerate oggettive (quantitative) e comprendono elettro-encefalografia (EEG), spettroscopia funzionale ad infrarossi (fNIRS) e tecniche di eye-tracking.

Sia le misure fisiologiche che le tecniche *dual-task* hanno il vantaggio di consentire una raccolta dati in tempo reale durante i vari task (Gwizdka, 2010; Di Stasi *et al.*, 2011; Scharinger *et al.*, 2015). In particolare, i cambiamenti nel diametro della pupilla, fissazioni oculari, velocità delle saccadi, sono stati utilizzati per valutare il carico cognitivo negli studi di interazione uomo-computer (Iqbal *et al.*, 2004; Tungare e Pérez-Quinones, 2009; Di Stasi *et al.*, 2011; Scharinger *et al.*, 2015).

In questi studi, per quanto riguarda nello specifico i dati EEG, invece, sono state analizzate con maggior interesse le onde *alpha* α . Queste onde sono tipiche di soggetti rilassati e sono studiate in letteratura in riferimento al *cognitive load*: quando si alzano le onde *alpha* vuol dire che il carico cognitivo richiesto dal compito è elevato, quindi maggiore è la frequenza di queste onde maggiore sarà la richiesta del carico cognitivo in quel dato momento durante quella attività, sottolineando una fatica cognitiva di chi sta svolgendo il compito (DeVaul *et al.*, 2005; DeStefano e LeFevre, 2007; Roy *et al.*, 2013; Gerjets *et al.*, 2014; Scharinger *et al.*, 2015).

3.2.2 *Le attività nella misurazione del cognitive load nel web*

Oltre a differenti metodologie, esistono anche diversi compiti che vengono svolti sul web per misurare il *cognitive load*. In particolare, i compiti maggiormente utilizzati riguardano i task di *information seeking* e i task di lettura e comprensione dei brani.

3.2.2.1 I task di information seeking

Fra le attività maggiormente indagate, quella di *information-seeking* (o *web-searching*) è risultata particolarmente rilevante per lo studio del comportamento sul web degli utenti e per lo studio del *cognitive load* (Iqbal *et al.*, 2004; Chevalier e Kicka, 2006; Tombros *et al.*, 2005; Tan e Wei, 2007; Gwizdka, 2010; Di Stasi *et al.*, 2011; Rigutti *et al.*, 2014; Shovon *et al.*, 2015). In questa attività un utente ha bisogno di un'informazione che esprime sotto forma di domanda che può formulare in un motore di ricerca dal quale si apriranno dei risultati che lui poi andrà ad indagare a seconda dell'interesse percepito (Tombros *et al.*, 2005; Gwizdka, 2010; Shovon *et al.*, 2015). Diversamente, l'utente può trovarsi già nella pagina web che gli interessa al fine di cercare le informazioni (*information seeking*) di cui ha bisogno (Chevalier e Kicka, 2006; Tan e Wei, 2007; Di Stasi *et al.*, 2011).

Dennis e colleghi già nel 1998, otto anni dopo la nascita del *world wide web*, hanno indagato quali meccanismi automatici (definiti di *refinement query*) possono aiutare gli utenti a trovare più facilmente le informazioni che servono, diminuendo il loro carico cognitivo. Gli autori hanno osservato come i meccanismi di *refinement*, ovvero i meccanismi che vengono introdotti in automatico dal sistema per raffinare i risultati prodotti dal motore di ricerca, riducono il carico cognitivo degli utenti.

Tombros e colleghi (2005) hanno per primi invece verificato quali caratteristiche devono avere le pagine in termini di contenuto e web design (posizione del titolo, dimensione del font, etc.) per ridurre al minimo il carico cognitivo degli utenti. A questo scopo hanno chiesto a 24 partecipanti di compiere tre diversi task di *information seeking*: (1) *background search* (informazioni sui dati demografici degli utenti che utilizzano Internet); (2) *decision task* (scegliere il miglior hi-fi presente nel range di prezzo dato dallo sperimentatore); (3) *many item task* (compilare una lista di cose interessanti da fare nel weekend a Kyoto). Dall'analisi dei questionari self-report è

risultato che ci sono differenze nella percezione dei task, in particolare il *background search* è risultato il più difficile tra i tre. Inoltre, gli autori hanno compiuto un'analisi degli aspetti che possono essere rilevanti per un corretto design dei siti web, riguardanti la parte scritta della pagina (coerenza del contenuto, presenza del titolo, dimensione del testo, etc.) e sottolineando come un attento design della pagina possa influenzare rendere più semplice la ricerca di informazioni su di essa.

In un altro studio simile, Tan e Wei (2007) hanno indagato il carico cognitivo sottostante il processo di *information seeking* (ad esempio: *cognitive mapping, decision generation and decision execution*), osservando che il design della pagina può diminuire il carico cognitivo degli utenti (ad esempio: sito coerente, logo ben posizionato, leggibilità elevata). Come dimostrato da Chevalier e Kicka (2006), tuttavia, in generale i web designer non sono in grado di prevedere quali strategie potrebbero essere utilizzate dagli utenti web in compiti di ricerca di informazioni. Inoltre, gli autori hanno osservato come utenti web esperti sono più veloci rispetto a web designer e utenti inesperti, che hanno bisogno di più passaggi per trovare le informazioni online.

Negli anni successivi, Gwizdka ha compiuto una serie di studi (2008, 2009, 2010) con lo scopo di valutare la differenza in termini di carico cognitivo tra information-task di diversi livelli, in particolare: (1) *Fact Finding* (FF), ovvero la ricerca di informazioni specifiche come il nome di un'organizzazione, informazioni su un prodotto una determinata data, etc.; (2) *Information Gathering* (IG), ricerca di informazioni su un tema specifico dato dallo sperimentatore. Inoltre, è stato valutato il differente carico cognitivo nelle diverse fasi dello stesso task:, viene valutato il differente carico cognitivo nelle diverse fasi di uno stesso task (Q-L-C-B): formulate Query (Q), ovvero la formulazione di una domanda di ricerca da parte dell'utente su un database e che produce una lista di risultati; view search result List (L), ovvero vedere la lista dei risultati della ricerca; view Content

page (C), vedere i contenuti della pagina web; Bookmark page (B), contrassegnare la pagina contenente le informazioni per il task di ricerca. I compiti sono stati eseguiti su due differenti motori di ricerca: Alvis e Google. Sono stati registrati i tempi di esecuzione dei task e somministrati questionari pre-task, per indagare la familiarità al compito, e questionari post-task, per indagare la difficoltà percepita del compito. Vi è una differenza significativa nei tempi di esecuzione delle varie fasi di uno stesso task (le fasi, Q-L-C-B): è risultato superiore durante la formulazione di query (Q, domanda guida per il task di ricerca) e contrassegnare la pagina rilevante per il task (B) rispetto ad esaminare risultati della ricerca (L) e la visualizzazione di singoli documenti o pagina web (C).

Di Stasi e collaboratori (2011) con lo scopo di verificare se in un compito di web searching in un sito e-commerce la presenza di un obiettivo specifico della ricerca generava minor carico cognitivo rispetto all'assenza di un obiettivo specifico (compra quel determinato prodotto vs compra un PC qualsiasi utile per te), hanno registrato dati eye tracker, in termini di fissazioni oculari, saccadi e dilatazione della pupilla, e somministrato il *Mental Workload Test* ai partecipanti. In particolare, in una condizione i partecipanti svolgevano un compito di “*goal oriented shopping*”, ovvero nel quale lo sperimentatore dava indicazioni precise su un oggetto da comprare e il budget a disposizione. Nella seconda condizione, i partecipanti svolgevano un compito di “*experiential shopping*”, nel quale erano liberi di comprare un prodotto a scelta. L'ipotesi iniziale era che il compito goal oriented richiedeva ai partecipanti un maggior sforzo cognitivo, misurato tramite il *Mental Workload Test* e i movimenti oculari, in termini di diametro pupillare, velocità delle saccadi e fissazioni oculari. Gli autori concludono che il *Goal oriented shopping* richiede maggiori risorse cognitive risultate dal test *Mental Workload* rispetto al compito *Experiential*, anche se il tempo impiegato è minore rispetto alla condizione senza obiettivo specifico. Per quanto riguarda i dati dell'eye-tracker, sono state registrate fissazioni oculari

più lunghe, aumento della dilatazione della pupilla e navigazione con durata maggiore in termini di tempo nel task *Experiental*, dando un risultato opposto al Mental Workload Test.

In un recente studio di Shovon e collaboratori (2015) si sono utilizzate metodologie fisiologiche (registrazione elettrocorticale) per la verifica del carico cognitivo durante task di *information seeking*. In particolare, sono stati utilizzati tre compiti che i partecipanti dovevano svolgere durante la ricerca di alcune informazioni richieste dagli sperimentatori: formulazione della domanda su un motore di ricerca, che fa da filo conduttore al task di *information seeking*; lettura della lista dei risultati, che è stata ricavata dal processo di ricerca; lettura dei contenuti di una pagina web, dove ci sono le informazioni di cui i partecipanti hanno bisogno per rispondere alla richiesta del ricercatore. Prima di cominciare il task di ricerca, i partecipanti hanno svolto un compito di visualizzazione nel quale era presente in alto sullo schermo del PC uno stimolo target: se questo era presente tra gli oggetti definiti “distrattori”, presenti appena sotto lo stimolo target, allora i partecipanti dovevano premere il tasto “y” altrimenti dovevano premere il tasto “n”. Durante tutti i compiti è stato utilizzato un EEG per misurare il *cognitive load* dei soggetti, in particolare gli autori hanno visto come cambiava l’attività cerebrale, in termini di zone di attivazione, in ciascun compito rispetto alla baseline di ogni partecipante. Sono state rilevate differenti attivazioni a seconda del task: durante il task di visual search sono risultate maggiormente attive le aree della corteccia motoria (FCz; Cz; C4), durante il task di lettura dei contenuti l’area centrale e parietale (CPz e Pz), durante la lettura della lista dei risultati le aree centro-parietale e parieto-temporale destra (CP4; TP8).

3.2.2.2 I task di lettura e comprensione di brani

Un altro fra i compiti maggiormente studiati in termini di carico cognitivo è la lettura sul web, una delle attività più frequenti che le persone svolgono online, e comprensione del testo scritto.

Diversi studi hanno osservato che vi è un maggior carico cognitivo in termini di lettura e comprensione del testo quando le informazioni sono presentate in maniera ridondante (i.e., foto, testo, voce esterna) (Iqbae *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2011). Inoltre, è stato osservato come la presenza di collegamenti ipertestuali in un brano aumenta il carico cognitivo degli utenti, rilevato attraverso un innalzamento delle onde *alpha* e una maggior dilatazione pupillare, rispetto ad un brano privo di interruzioni grafiche.

Iqbae e colleghi (2004) hanno confrontato un compito di lettura (*Reading Comprehension*) con altri task, ossia *Mathematical Reasoning*, *Searching*, e *Object Manipulation*. All'interno di ogni condizione, inoltre, sono state create due differenti categorie: compito facile vs compito difficile. I risultati hanno mostrato che vi è un differente carico cognitivo (osservato attraverso una differente dilatazione pupillare) a seconda della difficoltà del compito e, in particolare, tra compiti di lettura e compiti interattivi (manipolazione degli oggetti, ricerca sul web). Inoltre, gli autori hanno verificato come vi sia un picco della dilatazione pupillare all'inizio dei compiti, indipendentemente dal livello di difficoltà e prima di cominciare un altro compito.

3.3 I limiti nello studio del *cognitive load* nella navigazione del web

Nonostante queste conoscenze e la rilevanza potenziale del tema, sono numerosi i limiti attualmente presenti in letteratura riguardo il carico cognitivo delle persone mentre compiono attività online.

In primo luogo la metodologia per la valutazione del carico cognitivo durante la navigazione online è stata principalmente di tipo soggettivo (ad esempio: questionari self-report, interviste, protocolli think aloud, etc.).

Inoltre, nonostante il fatto le persone accedano al web da diversi dispositivi, in particolar modo cellulari e tablet, le ricerche si sono sinora concentrate sul comportamento dell'utente e sul suo carico cognitivo durante la navigazione quasi esclusivamente da PC (DeVaul *et al.*, 2005; Tombros *et al.*, 2005; Chevalier e Kicka 2006; Tan e Wei 2007; DeStefano e LeFevre, 2007; Gwizdka, 2010; Smart, 2010; Di Stasi *et al.*, 2011; Iqbae *et al.*, 2004; Shovon *et al.*, 2015).

Infine, ancora nessuno studio ha comparato compiti di natura diversa (ad esempio: ricerca di informazioni, lettura di testi) in termini di carico cognitivo sugli utenti, concentrandosi invece sull'indagine circa una sola attività (Tan e Wei 2007; Liu *et al.*, 2001; Scharinger *et al.*, 2015)

Comprendere meglio questi fenomeni risulta fondamentale per identificare fattori critici e possibili modalità di miglioramento dell'esperienza web, pensando a modalità per ottimizzare la *user experience* e ridurre il *cognitive load*, e aumentando in questo modo l'accessibilità dei contenuti online.

Capitolo 3

La Dislessia Evolutiva

In questo capitolo viene descritta e dettagliata la Dislessia Evolutiva (DE), la sua relazione con i disturbi dell'apprendimento, come è inserita all'interno delle classificazioni diagnostiche internazionali e i criteri per la diagnosi di DE. In seguito, vengono descritti i due principali modelli per l'apprendimento della lettura e i meccanismi deficitari nella DE. In seguito sono riportate le variabili socio-emozionali che possono insorgere in persone con DE e i possibili trattamenti.

3.1 La definizione di Dislessia Evolutiva

Nel presente studio l'accessibilità del web è stata studiata per persone con diagnosi di dislessia evolutiva (DE). Risulta, dunque, importante dettagliare con precisione cos'è la DE e quali sono le sue componenti.

La DE, nota anche con il termine inglese *developmental dyslexia (DD)*, è un disturbo specifico dell'apprendimento che ha origini neurologiche (Lyon *et al.*, 2003; Snowling e Hulme, 2012; Bonacina *et al.*, 2015; Rauschenberger *et al.*, 2019) che portano ad interferire con l'acquisizione e i processi di linguaggio (Lorusso *et al.*, 2011; Rello e Baeza-Yates, 2013). Più precisamente, la DE è un disturbo neuropsicologico che colpisce lo sviluppo dell'alfabetizzazione e che influisce sulla capacità di lettura e le sue manifestazioni comportamentali includono principalmente una decifrazione imprecisa e lenta del linguaggio scritto, con conseguente lettura esitante e faticosa (Cornoldi, 1999, 2007; Rüsseler *et al.*, 2003; Rello *et al.*, 2013; Stella *et al.*, 2013; Rauschenberger *et al.*, 2019).

Per una corretta diagnosi di DE bisogna escludere che tali difficoltà siano da attribuire ad una conseguenza di un deficit intellettivo o cognitivo, o ad una disfunzione sensoriale, o ad uno svantaggio socioeconomico o una mancanza di opportunità educative (Snowling e Hulme, 2012; American Psychiatric Association, 2013; Cancer e Antonietti, 2018).

La DE, infatti, è indicata come una difficoltà di apprendimento di alfabetizzazione, nei bambini con sviluppo tipico, a causa di una perdita durevole di capacità di elaborazione fonologiche necessarie per imparare a leggere e scrivere, e non ad un ritardo cognitivo o ad uno svantaggio socioeconomici (Tunmer e Greaney, 2010; Bonacina *et al.*, 2015).

In accordo con la definizione del Manuale Diagnostico dei Disturbi Mentali DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013), le persone con DE hanno difficoltà a capire le parole scritte, poca accuratezza nella lettura, sia

per quanto riguarda la velocità che per quanto riguarda la fluenza, e nella comprensione del testo (Tunmer e Greaney, 2010; Smythe 2011; Handler *et al.*, 2011; Zorzi *et al.*, 2012; de Santana *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2015).

Anche se esistono diversi approcci che danno diversi punti di vista sulla DE e sul perché della sua origine neuropsicologica, tutti sono concordi nel riconoscerla come carenza di capacità di lettura, che è un elemento critico evidenziato nella maggior parte delle definizioni (Chen *et al.*, 2015).

3.2 Distinzione tra Difficoltà e Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA)

Molti bambini e ragazzi nella loro carriera scolastica incontrano momenti di particolare difficoltà negli apprendimenti della lettura, della scrittura o del calcolo. Queste difficoltà si possono manifestare con diversi gradi di severità, incidendo sulle singole discipline e sul rendimento scolastico in generale (Stella e Grandi, 2011; Fogarolo e Scapin, 2010; Vio *et al.*, 2012). Si tratta di una serie di problematiche che interessano una percentuale abbastanza elevata della popolazione scolastica e non tutti queste difficoltà sono ascrivibili ai DSA, in alcuni casi sono difficoltà e non disturbi dell'apprendimento e in altri casi sono disturbi non specifici dell'apprendimento (Stella *et al.*, 2013; Stella e Grandi, 2016).

I fattori che determinano l'insorgenza di difficoltà negli apprendimenti sono numerosi e comprendono variabili di natura biologica, sociale e/o psicologica che possono contribuire in modi diversi al verificarsi di problematiche in campo scolastico (Commodari, 2013; Stella *et al.*, 2013; Stella e Grandi, 2016). Considerata l'eterogeneità di fattori che possono incidere sulle difficoltà di apprendimento e i diversi modi in cui queste difficoltà si manifestano, è fondamentale chiarire la differenza tra il termine "difficoltà di apprendimento", che fa riferimento ad una qualsiasi generica

difficoltà incontrate dagli studenti in ambito scolastico, e il termine “disturbo specifico dell’apprendimento”, il quale sottende la presenza di un deficit più severo specifico che viene indagato e verificato attraverso un procedimento clinico diagnostico (Cornoldi, 1999, 2007; Stella *et al.*, 2013; Stella e Gandi 2016).

La tabella 3 illustra le principali caratteristiche distintive del disturbo di apprendimento rispetto alle difficoltà di apprendimento, in base alla loro definizione:

Disturbo	Difficoltà
Innato	Non innata
Resistente all’intervento	Modificabile con interventi mirati
Resistente all’automatizzazione	Automatizzabile, anche se in tempi dilatati

Tabella 3 Distinzione tra difficoltà e disturbo di apprendimento (tratto da Stella e Grandi, 2016)

3.2.1 Le classificazioni diagnostiche internazionali

All’interno dei disordini dello sviluppo troviamo i DSA che si distinguono sia dalle difficoltà di apprendimento che dai disturbi non specifici dell’apprendimento. Rispetto a quest’ultimi è proprio la caratteristica di non essere specifici che li distingue dai DSA, ovvero disturbi specifici, definendo una diagnosi differente. Per poter definire e categorizzare cosa sono o non sono i DSA e come si distinguono al loro interno, vengono utilizzati principalmente due strumenti di nomenclatura, ovvero l’ICD-10 (*International Classification of Diseases*, 10° versione, 2007) e il DSM-5 (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder*,

APA, 2013). Questi sono i due principali manuali che definiscono i DSA (Stella *et al.*, 2013; Stella e Grandi, 2016). Nel DSM-5 (APA, 2013) i DSA sono inquadrati come disturbi della lettura, della scrittura, e del calcolo. Nell'ICD-10 (OMS, 2010) vengono inseriti all'interno dei disturbi dello sviluppo psicologico con il termine di disturbi specifici delle abilità scolastiche (disturbi specifici di lettura, di compitazione, delle abilità aritmetiche e disturbi specifici misti).

Le difficoltà di apprendimento si riferiscono ad una difficoltà ad acquisire nuove conoscenze e competenze e non è limitata a uno o più settori specifici delle competenze scolastiche (Stella *et al.*, 2013). Nei DSA la caduta delle abilità scolastiche può essere spiegata da uno specifico disturbo di apprendimento mentre nelle difficoltà di apprendimento le basse prestazioni possono essere spiegate da altri fattori non specifici come una bassa competenza cognitiva, difficoltà emotive del ragazzo, problemi comportamentali, etc. Questo è il motivo per cui ragazzini che non hanno diagnosi di DSA ma hanno difficoltà si ritrovano con problematiche che vanno al di là dell'ambiente scolastico. Diversamente dai casi di DSA in cui i ragazzi con problematiche specifiche possono essere spesso molto abili in tante altre attività (Fogarolo e Scapin, 2010; Vio *et al.*, 2012; Commodari, 2013; Stella *et al.*, 2013).

Infine, è importante distinguere i DSA dalle categorie diagnostiche che causano o possono causare disturbi non specifici dell'apprendimento (Masi, 1999; Stella *et al.*, 2013), come il ritardo mentale (Borgatti e Mopretti, 1999), il livello cognitivo borderline, l'ADHD (Saccomani, 1999), i disturbi dello spettro autistico, i disturbi d'ansia e alcuni quadri distimici (Masi, 1999).

3.2.2 I I diversi tipi di DSA

La Consensus Conference dell'Istituto Superiore di Sanità (CC-ISS, 2011) definisce i DSA come disturbi che coinvolgono uno specifico dominio di abilità, lasciando intatto il funzionamento intellettuale generale. Essi infatti interessano le competenze strumentali degli apprendimenti scolastici. Sulla base del deficit funzionale vengono comunemente distinte le seguenti condizioni cliniche (Stella et al., 2013; Tressoldi e Vio, 2013):

- Dislessia: disturbo nella lettura (intesa come abilità di decodifica del testo);
- Disortografia: disturbo nella scrittura (intesa come abilità di codifica fonografica e competenza ortografica);
- Disgrafia: disturbo nella grafia (intesa come abilità grafo-motoria);
- Discalculia: disturbo nelle abilità di numero e di far di calcolo (intese come capacità di comprendere ed operare con i numeri).

Questa classificazione, riportata anche in tabella 4, ci permette di categorizzare i DSA a seconda delle caratteristiche specifiche che insorgono che possono essere tra loro complementari, ovvero un bambino può presentare uno o più DSA nella sua diagnosi (Stella e Grandi, 2011; Tressoldi e Vio, 2013).

DSA	Caratteristiche
Dislessia	Disturbo nella lettura
Disortografia	Disturbo nella scrittura
Disgrafia	Disturbo nella grafia
Discalculia	Disturbo nelle abilità di far di calcolo

Tabella 4 Classificazione dei Disturbi Specifici Dell'Apprendimento (Tratto da: Tressoldi e Vio, 2013)

3.2.3 Criteri base per la diagnosi di DSA

Per la diagnosi di tutti i disturbi evolutivi specifici delle abilità scolastiche devono essere soddisfatti alcuni criteri di base (Stella et al., 2013; Stella e Grandi, 2016). Il primo criterio riguarda il grado di compromissione delle abilità scolastiche che deve essere significativo. Questo viene giudicato in base alla gravità del disturbo, ai precedenti disturbi dello sviluppo (se sono state presenti), ai problemi associati (ad es.: distraibilità, iperattività, disturbi emotivi, disturbi della condotta), alle manifestazioni cliniche di anomalie che non sono parte del normale sviluppo tipico del bambino, alla risposta all'intervento (Stella et al., 2013; Stella e Grandi, 2016).

Il secondo criterio riguarda la specificità della compromissione, non attribuibile ad un ritardo mentale o a compromissioni minori del livello intellettuale generale. La misurazione del quoziente intellettuale (QI) viene fatta sulla base di test standardizzati e appropriati per la cultura e il sistema educativo di riferimento (Stella et al., 2013; Stella e Grandi, 2016).

Il terzo criterio stabilisce che la compromissione deve riguardare lo sviluppo, nel senso che deve essere stata presente nei primi anni di scolarizzazione e non acquisita più tardi nel corso del processo educativo (Stella et al., 2013; Stella e Grandi, 2016).

Il quarto criterio stabilisce che non vi siano presenti fattori esterni capaci di fornire una motivazione sufficiente per l'insuccesso scolastico (ad es.: condizione socioeconomica deficitante, non adeguate possibilità di apprendimento ed istruzione) (Stella et al., 2013; Stella e Grandi, 2016).

Il quinto criterio stabilisce che il disturbo non deve essere direttamente dovuto a difetti non corretti della vista e dell'udito (Snowling et al., 2000; Stella et al., 2013; Stella e Grandi, 2016).

Il rispetto di questi criteri porta ad una corretta diagnosi di DSA con specificato a quale categoria asserire le difficoltà.

3.2.4 La Dislessia e i DSA

Come visto, la dislessia rientra nella categoria dei disturbi specifici dell'apprendimento (DSA), noti con il termine inglese *learning disabilities*, ovvero un gruppo eterogeneo di disordini che si manifestano con significative difficoltà nell'acquisizione ed uso di abilità di comprensione del linguaggio orale, espressione linguistica, lettura, scrittura, ragionamento e abilità nel far di calcolo (Cornoldi, 1999; Vio et al., 2012). Vengono definiti come una categoria di disturbi legati alle capacità di apprendimento, che si manifesta innanzitutto in ambito scolastico, ma con forti ricadute anche nella realtà quotidiana. Questi insorgono in bambini che non presentano alcuna evidente problematica nella sfera cognitiva e/o comportamentale e che provengono da un ambiente sociale sufficientemente stimolante (Commodari, 2013). I disturbi e le difficoltà riguardano la lettura, la scrittura e il far di conto e sono imputabili a cause di origine neurobiologica che non permettono il raggiungimento di un livello di prestazione sufficientemente adeguato all'età cronologica e al livello di scolarità per queste tre aree. Secondo la *Consensus Conference* sui disturbi specifici dell'apprendimento del 2011, sono da ritenere tali la dislessia, ovvero il disturbo della lettura, la disgrafia e la disortografia, che riguardano le abilità di scrittura dal punto di vista costruttivo ed esecutivo, e la discalculia, che interessa l'acquisizione della capacità di calcolo. Come precedentemente detto, per poter parlare di DSA è necessario stabilire dei fattori di esclusione, quali: l'assenza di handicap sensoriali e motori, l'assenza di deficit cognitivo (il quoziente intellettivo è nella media),

l'assenza di svantaggio socio-culturale. Una volta accertati i fattori di esclusione, si può parlare di DSA.

Tra i disturbi specifici dell'apprendimento i più frequenti sono quelli che coinvolgono le abilità di lettura, ovvero la DE. Essa si caratterizza per la difficoltà ad effettuare una lettura accurata e fluente in termini di velocità e correttezza. Molte volte a questo disturbo si associano delle difficoltà a livello della comprensione del testo (Stella e Grandi, 2011). Come detto, la DE è una difficoltà o incapacità di leggere specifica, non dovuta ad altri fattori come handicap, legata ad un processo evolutivo che non è arrivato a compimento (Cornoldi, 1999). Per questo ultimo fattore è definita evolutiva, ovvero non acquisita, come avviene invece quando il disturbo insorge in un soggetto che possedeva la competenza e poi, in seguito a qualche evento traumatico, perde una specifica abilità (Cornoldi, 1999). Fin dalla nascita del bambino si nota: lentezza nell'acquisizione delle fasi dello sviluppo psico-motorio (ad es.: parlare e camminare), iperattività, difficoltà a concentrarsi, difficoltà di coordinazione motoria, uso indifferente delle mani, impaccio nei movimenti e scarsa coordinazione, confusione nella localizzazione spaziale e temporale (sopra-sotto, destra-sinistra, prima-dopo). Inoltre, nella dislessia si denotano difficoltà nella memoria a breve termine (MBT) ma eccellenze che riguardano la memoria a lungo termine (MLT) e la memoria visiva. Per questo motivo che l'elaborazione dei pensieri avviene soprattutto attraverso le immagini.

Le problematiche dei bambini con dislessia sono dovute a deficit neurobiologici che sovrintendono le abilità di acquisizione della lettura stessa come, per esempio la fatica ad analizzare la composizione fonologica delle parole e il passare da un codice fonetico ad uno grafemico. Ecco perché l'apprendimento della lettura per un bambino con disturbo specifico della lettura pone difficoltà non indifferenti.

3.3 L'apprendimento della lettura

La capacità di leggere implica la ricostruzione di un enunciato verbale sulla base di segni che corrispondono alle unità fonetiche del linguaggio scritto e nella comprensione del messaggio decifrato (Comerio, 2013). I segni scritti corrispondono a suoni della lingua parlata e gruppi di lettere corrispondono alle parole espresse in forma orale. Quindi, leggere implica due diverse attività cognitive: una relativa alla decifrazione del testo e l'altra relativa all'individuazione del significato del messaggio decifrato (Comerio, 2013). Un bambino per imparare a leggere e scrivere deve compiere un notevole sforzo che gli permetta di sviluppare una consapevolezza esplicita degli elementi strutturali del linguaggio (i fonemi) e apprendere il loro legame con una serie di simboli visivi definiti in modo arbitrario (i grafemi) (Cornoldi, 2007; Stella *et al.*, 2013).

Nelle lingue a maggior trasparenza ortografica, come l'italiano, i bambini di solito acquisiscono rapidamente buoni livelli di apprendimento nella lettura sia in termini di correttezza che di rapidità, ovvero i due indici che sottolineano gli esiti del processo di acquisizione (Stella *et al.*, 2013; Tressoldi e Vio, 2013). Per spiegare in maniera più approfondita il processo di apprendimento della lettura, quindi anche della scrittura, e delle difficoltà ad esso collegate, è necessario descrivere il modello di Uta Frith (1985) e il modello a due vie di Castel e Coltheart (1987), semplificato da Cornoldi e Tressoldi (2007), che sono i due modelli di riferimento per la descrizione dell'apprendimento della lettura (Stella e Grandi, 2016).

3.3.1 Il modello di Uta Frith

Il primo modello di riferimento per l'acquisizione della lettura e della scrittura è quello proposto da Uta Frith nel 1985 (Stella e Grandi, 2016).

Questo modello spiega il processo di apprendimento della lettura e scrittura e si sviluppa in quattro stadi cronologicamente disposti e rappresentati nella figura 1:

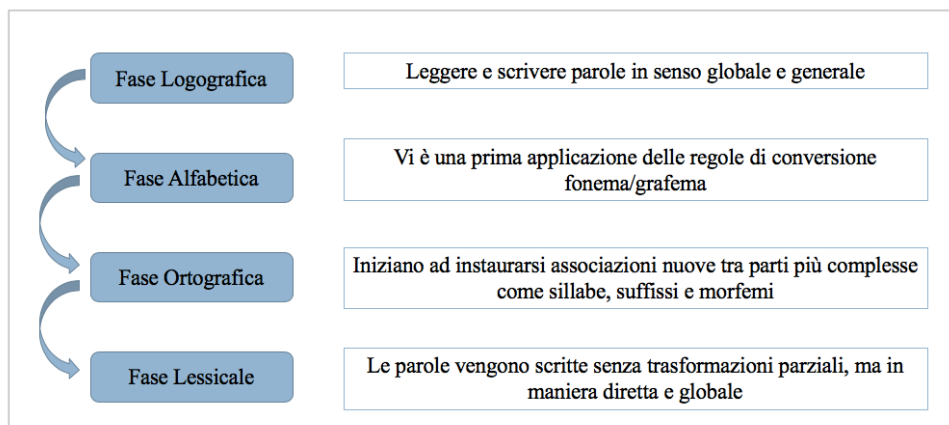


Figura 1: Fasi di sviluppo secondo il modello di Uta Frith (1985) (Tratto da: Stella e Grandi, 2016)

Nello stadio logografico il bambino scrive le parole come se fossero degli ideogrammi, dei disegni. All'interno di questo stadio comincia a svilupparsi l'abilità di consapevolezza fonologica (Savelli, 2008) che si manifesta dopo i 3-4 anni ed è un tipo di conoscenza metalinguistica che ha per oggetto la struttura fonologica del linguaggio (Morais, 1989). Si riferisce all'abilità del soggetto di manipolare i segmenti fonologici della parola.

Lo stadio alfabetico rappresenta la fase in cui il bambino mette insieme la consonante con la vocale e forma la sillaba per poi formare la parola: in questo modo si compie un'analisi segmentale dei singoli fonemi. È lo stadio iniziale della lettura e della scrittura.

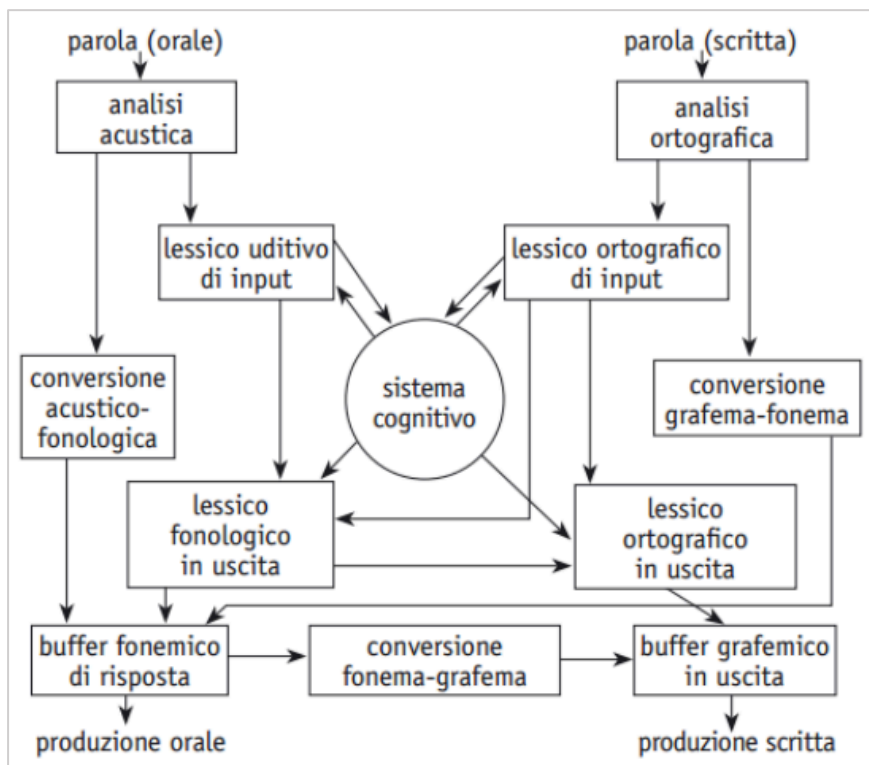
Si passa, successivamente, allo stadio ortografico. A questo punto il bambino riesce ad analizzare e unire sia gruppi consonantici (ad es.: per, cas, rem) che diagrammi (/ch/, /gl/, /ci/, /sc/ più vocali -e o -i, /gl/, /gn/) e trigrammi (/sci/, /gli/) per formare delle parole.

Nello stadio lessicale la parola viene scritta recuperando la sua forma ortografica dal lessico specifico nel quale è memorizzata. Questo stadio corrisponde alla via visiva (o diretta) di recupero della parola.

Il modello stadiale di Uta Frith, nonostante i limiti, rimane un punto di riferimento per lo studio dell'acquisizione del linguaggio

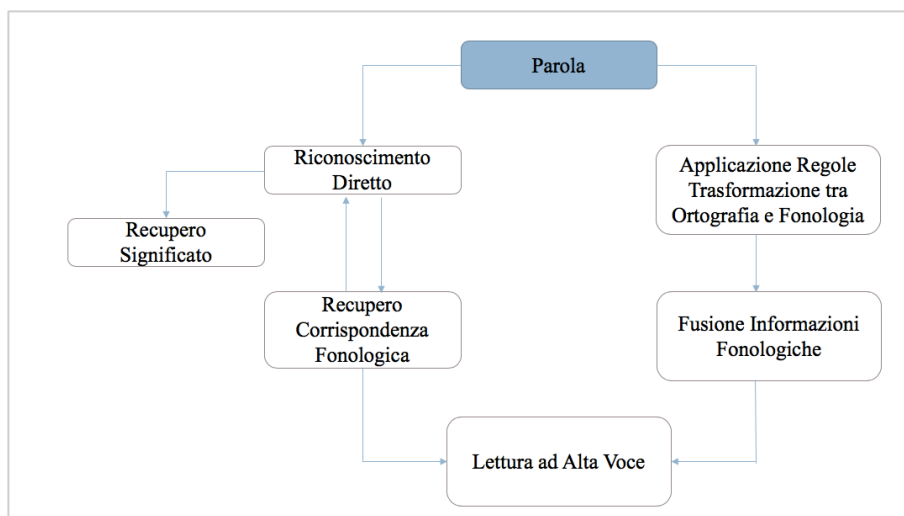
3.3.2 Il modello a due vie di Castel e Coltheart

Gli studi che riguardano le difficoltà di lettura e di scrittura assumono come riferimento teorico generale il modello a due vie, costituito in ambito neuropsicologico per adulti con dislessia acquisita di Castel e Coltheart (1887) (Stella et al., 2013), e rappresentato in figura 2.



**Figura 2: Modello a due vie di lettura e scrittura di Castel e Coltheart (1987)
(Tratto da: Stella e Grandi, 2016)**

Questo modello è stato efficacemente semplificato da Cornoldi e Tressoldi (2007). Esso prevede una via fonologica che passa attraverso l'applicazione delle regole di trasformazione tra ortografia e fonologia, ed una via lessicale, o diretta, data dal riconoscimento della parola come unità, che attiverebbe sia il significato che la rappresentazione fonologica tipica della lingua parlata. Questo modello potrebbe illustrare come l'accuratezza e la fluidità della lettura siano dipendenti da processi parzialmente diversi. Inoltre, permette di evidenziare che i processi di lettura partono dalla percezione della parola scritta che implica processi visivi e attentivi. Alcuni studi (Soinelli, 2002; Facoetti *et al.*, 2006) evidenziano che i bambini dislessici presentano difficoltà a questo livello. Una rappresentazione della semplificazione del modello è proposta nella figura 3.



**Figura 3: Semplificazione del modello a due vie (Cornoldi e Tressoldi, 2007)
(Tratto da: Stella e Grandi, 2016)**

3.3.3 Le aree coinvolte nell'apprendimento della lettura

La lettura sottopone le funzioni neurocognitive del nostro cervello a inusuali richieste quali: rispondere a un alto grado di discriminazione uditiva e visiva, un puntuale controllo oculomotorio, una rapida velocità di elaborazione e un istantaneo recupero delle informazioni contenute nella memoria (Comerio, 2013). Un bambino con DE, in realtà, può riscontrare difficoltà in ognuna di queste aree necessarie all'apprendimento della letto-scrittura rendendo così tutto il processo un'operazione che richiede uno sforzo cognitivo ingente non sempre ripagato dal successo.

Nonostante molte ricerche scientifiche riconoscano che la DE sia dovuta ad un'alterazione neurologica (Lyon *et al.*, 2003; Lorusso *et al.*, 2011; Baeza-Yates e Rello, 2011; Snowling e Hulme, 2012; Bonacina *et al.*, 2015), che trova la sua origine in un assetto genetico alterato, resta ancora da chiarire quale sia la specifica funzione neuropsicologica che danneggiata è in grado

di determinare una manifestazione così estesa ed eterogenea di difficoltà. Infatti, il bambino con DE può riscontrare problematiche in ciascuna di queste aree (Commodari, 2013):

- il *processing* linguistico: i bambini con DE hanno problemi di elaborazione linguistica e il processo di codifica di quanto ascoltato/letto è quasi raddoppiato. Infatti, se un bambino senza difficoltà ha la capacità di recuperare il significato lessicale mentre legge/ascolta, un bambino con DE si trova di fronte al difficile compito di elaborare ogni singola parola per arrivare a comprendere il senso più generale, compiendo di fatto una doppia elaborazione. Quindi, per esempio, se l'insegnante chiedesse alla classe «Chi fu il primo Presidente della Repubblica?», un bambino con DE penserebbe: «Chi = persona; fu = passato, quindi è morto; primo = quello che incomincia una serie; etc.», per poi procedere successivamente al recupero dell'informazione dalla memoria. È così mentre i suoi compagni stanno elaborando la risposta e sono già pronti per la domanda successiva, il bambino con DE è ancora fermo a elaborare la domanda senza rendersi neanche conto che una seconda domanda è già stata posta;
- la comprensione del testo, che nelle nostre scuole viene insegnata attraverso l'utilizzo del vocabolario lasciando intuire che conoscendo il significato di ogni singola parola si possa giungere a una piena comprensione del testo stesso. In realtà, la comprensione implica l'integrazione dell'informazione linguistica attuale sia con le informazioni testuali già elaborate, sia con le conoscenze del mondo, allo scopo di costruire una rappresentazione del significato. Questa costruzione avviene grazie a diverse componenti e risorse che operano nelle diverse fasi del processo di comprensione. La fase iniziale è la decodifica delle parole e individuazione delle strutture sintattiche per riconoscere il significato delle singole frasi che in una fase successiva più

complessa vengono integrate e organizzate con le conoscenze già possedute. Un bambino con DE potrebbe avere problematicità sia a carico del processo di decodifica sia a carico della comprensione linguistica;

- la percezione e la decodifica: per quanto riguarda la percezione, in alcuni bambini con DE è stato dimostrato un problema di spostamento rapido dell'attenzione spaziale, sia visiva che uditiva che non permette di isolare le parti sublessicali dello stimolo da leggere. In questi casi si può cercare di aiutare il bambino con attività dove sia previsto l'utilizzo di lettere ben distanziate o l'uso di mascherine visive che delimitino il campo visivo. Difficoltà di decodifica si manifestano anche nel cogliere il differente orientamento delle lettere e/o numeri che abbiano un carattere grafico simile (ad esempio, p/q, b/d – 2/5, 6/9);
- la coordinazione visuospatiale: i bambini con DSA si presentano per lo più come goffi e impacciati, con una scarsa lateralizzazione, che si manifesta, anche in un deficit nella percezione tattile bilaterale. Inoltre, vi è una scarsa memoria visuospatiale soprattutto in contesti nuovi, è per questo che vi è la tendenza ad adottare comportamenti meccanici, ripetitivi e inappropriati.

3.4 La DE e le variabili socio-emozionali conseguenti

Uno dei preconcetti più comuni sulla dislessia immagina che le difficoltà del bambino siano legate esclusivamente all'ambiente scolastico non considerando che, in realtà, ogni momento della giornata può essere problematico. La quotidianità, infatti, pone continui problemi a cui trovare una risposta in tempi rapidi. La lentezza con cui le informazioni vengono

analizzate e recuperate nella memoria non si sposa con la frenesia e la concitazione delle nostre giornate. Nel bambino viene, quindi, a crearsi un'immagine di sé come di un soggetto non capace e non all'altezza delle domande che gli vengono poste. Si genera un persistente senso di ansia, tensione e frustrazione che egli deve gestire e contenere. È così, per esempio, che di fronte a una domanda dell'insegnante posta a tutta la classe, il bambino abbasserà lo sguardo, con la convinzione che "Se io non guardo l'insegnante, lei non mi vedrà". Questa naturale risposta dell'individuo a un forte sentimento di ansia permette di controllare l'emotività anche se in modo non propriamente funzionale (Cornoldi, 1999; Tressoldi e Vio, 2013; Commodari, 2013).

La capacità di leggere e scrivere costituisce una competenza fondamentale, non solo per il successo in ambito scolastico ma in generale per un positivo adattamento sociale dato che la trasmissione di contenuti ed informazioni avviene in molteplici casi tramite messaggi scritti. Infatti, la scuola è il luogo privilegiato per l'acquisizione di abilità e competenze non solo cognitive e comportamentali ma anche socio-relazionali ed emozionali, che intervengono in maniera preponderante durante l'apprendimento (Commodari, 2013).

L'apprendimento può essere considerato come lo strumento che può aiutare ciascun individuo a liberare e realizzare il proprio potenziale (Knasel e al., 2002). Nel momento in cui vi sono delle difficoltà ad apprendere insorgono diverse conseguenze, dunque, anche a livello emotivo. In particolare, qualsiasi disturbo dell'apprendimento è una condizione di rischio notevole per l'insorgere di difficoltà emotivo-relazionali nel bambino (Tressoldi e Vio, 2013).

3.4.1 *Lo Stress e l'Ansia nella DE*

Nel momento in cui il bambino o il ragazzo con diagnosi di DE diventa consapevole delle differenze di risultati tra sé e i suoi pari nella capacità di lettura incomincia a provare un senso di inadeguatezza e frustrazione che, se non riconosciuto, lo accompagnerà sia nel suo percorso scolastico che nelle attività di vita quotidiana che implicano la lettura (Ryan, 2006; Haddadian *et al.*, 2012). Uno studio di Laghi e colleghi (2010) afferma che la sintomatologia ansioso-depressiva è frequente in bambini con DE in maniera significativamente maggiore rispetto al loro gruppo dei pari. L'ansia si manifesta di fronte all'anticipazione di un fallimento e porta, di conseguenza, a vivere le situazioni nuove con particolare tensione e forte stress (Prior *et al.*, 1999). La costante frustrazione che può provare un bambino con DE di fronte agli insuccessi scolastici lo porta a mostrare la sua sofferenza con gesti rabbiosi soprattutto verso i genitori oppure, dal versante opposto, il bambino può nascondere i sentimenti di tristezza e rabbia diventando più attivo e difficilmente gestibile (Ryan, 2006). Durante l'adolescenza questa rabbia spesso rischia di sfociare nell'abbandono scolastico e in problematiche di carattere sociale: gli adolescenti con dislessia mostrano spesso una sintomatologia ansioso-depressiva, basso senso di autoefficacia, somatizzazioni, difficoltà nell'integrazione sociale e conseguente isolamento (Gagliano *et al.*, 2007). Nell'adolescente la sofferenza che prova è legata molto di più all'immagine di sé come inferiore agli altri che è stata alimentata nell'infanzia vivendo il senso di frustrazione per la differenza di capacità con gli altri pari. La componente ansiosa e il conseguente stress che ne deriva permane anche in età adulta (Carroll *et al.*, 2006; Cerea *et al.*, 2015). Per questo motivo è importante osservare ed accorgersi dei segnali che il bambino con DE manifesta, in modo tale da riuscire a supportarlo adeguatamente, non solo a scuola e nello svolgimento

dei compiti a casa ma anche sugli aspetti emotivo-relazionali (Commodari, 2013).

3.4.2 *La Depressione nella DE*

Altra componente emotiva nella quale i bambini con DE incorrono è la sintomatologia depressiva, anche se in maniera inferiore rispetto all'ansia (Maughan *et al.*, 2003; Arnold *et al.*, 2005). In confronto ai loro compagni senza particolari difficoltà, hanno un concetto di sé più negativo (Tabassam e Grainger 2002), si sentono meno supportati emotivamente, provano emozioni più negative e hanno poca autostima (Hall *et al.*, 2002), tendono a sentirsi meno responsabili del proprio apprendimento (Anderson-Inman 1999) e abbandonano il compito alle prime difficoltà (Bouffard e Couture 2003). In alcuni casi ciò dipende dalla difficoltà nello sviluppare i processi di autoregolazione, in particolare un sistema interno di auto-ricompensa, per cui spesso vi è la presenza di una scarsa resistenza alla frustrazione e tendenza alla depressione (Olivier e Steenkamp 2004). I bambini con DE sperimentano un'elevata sensazione di sofferenza e rischiano di rimanere invischiati in circoli viziosi, in cui fallimenti, la scarsa consapevolezza metacognitiva, la demotivazione e il disinvestimento per i doveri scolastici si potenziano reciprocamente (Palladino *et al.*, 2000; Morgan e Fuschs, 2007). I bambini con questo tipo di problematiche, sono ad alto rischio di provare intensi sentimenti di dolore e sofferenza. Inoltre, il basso rendimento scolastico potrebbe predisporre i bambini a diventare più isolati, ripiegati su di sé e con problemi di emarginazione, rispetto ai bambini senza difficoltà di apprendimento (Willcutt e Pennington, 2000). Infine, è stato ampiamente dimostrato che studenti con disturbi di apprendimento

manifestano una più bassa percezione di valore di sé, un concetto di sé più negativo (Alesi *et al.*, 2012; Hall *et al.*, 2002).

3.4.3 Supportare le componenti socio-emotive

I bambini non scelgono di avere questo disturbo ma devono imparare a convivere e soprattutto devono essere messi nella condizione di trovare delle strategie efficaci che li aiutino a far fronte alla quotidianità. Oltre alle difficoltà poste in essere da questo disturbo, è la stessa attivazione emozionale a ridurre la prestazione e a favorire l'insuccesso. L'ostinato senso di frustrazione alimentato dai numerosi insuccessi porta il bambino a sviluppare un concetto di sé negativo in quanto si sente meno supportato emotivamente, ha una bassa autostima, tende a persistere poco e ad abbandonare il compito alle prime difficoltà. Non appare strano, quindi, che di fronte ai reiterati insuccessi scolastici il bambino possa perdere la motivazione allo studio, concentrando la sua attenzione su quelle attività che gli riescono facili e procurano soddisfazione. Nel nostro contesto educativo, dove l'attenzione è puntata sui risultati e sulle potenzialità espresse, il rischio è che l'adulto possa criticare eccessivamente il bambino perché non si applica o fallisce e non lo valorizzi per quello che effettivamente è in grado di fare, né gli trasmetta un senso di soddisfazione per i risultati positivi e i tentativi messi in atto per affrontare i compiti proposti. Per affiancare un bambino nel difficile compito di trovare delle strategie efficaci e adeguate alle sue specifiche difficoltà dovremmo fare molta attenzione alle frasi che usiamo e all'atteggiamento che assumiamo per incoraggiarlo o per spronarlo nell'attività. Infatti, in diverse occasioni capita di cadere in banalissimi errori utilizzando frasi, che se interpretate in maniera errata, porterebbero il bambino a rafforzare il suo vissuto emotivo

negativo e la sua bassa autostima (Brembati e Donini, 2011). Una buona conoscenza delle problematiche del bambino stesso e la reale volontà da parte dell'adulto di trovare i giusti mezzi per supportare il suo percorso di apprendimento aiuterà a scegliere l'atteggiamento più indicato per affiancarlo (Brembati e Donini, 2011). La frase, per esempio, "Ti devi impegnare di più" può avere delle ripercussioni negative se chi l'ascolta la interpreta come una conferma del fatto di non esser bravo e che la sua mancanza può essere colmata solo con un grosso sforzo. Infatti, è opinione comune che se una persona è brava e ha buone potenzialità non ha bisogno di impegnarsi a lungo su un'attività ma questa le riuscirà naturale o quasi da sé. Quindi il bambino DE è portato a pensare che se nonostante i suoi enormi sforzi non riesce a portare a termine correttamente un esercizio allora non è abbastanza intelligente. Non vedendo ripagati i suoi sforzi perde la motivazione a concentrare tutte le sue forze in questo tipo di attività. È un circolo vizioso di pensieri negativi che si autoalimenta e conferma al bambino la visione negativa di sé. A questo punto è decisamente più utile per il bambino sapere su quale concetto o nozione concentrare le sue risorse, quindi risulta più opportuno dire "Devi ripassare i concetti x e y" oppure "Devi fare maggiori esercizi, per esempio quelli a pag. 33". In questi casi, si invia lo stesso messaggio, ovvero di impegnarsi maggiormente, ma viene indicata e suggerita una metodologia e circoscritta la sua difficoltà.

Non sembra essere particolarmente efficace neanche la frase «Con me fa» perché nonostante sia detta con la benevola intenzione di sottolineare che il bambino è capace, vi è il risvolto negativo di rimandare alla convinzione che solo in alcuni casi e con specifiche persone il bambino è in grado di risolvere gli esercizi assegnati. In questo caso, viene rafforzata la motivazione esterna (compiacimento dell'insegnante o dell'operatore) anziché quella interna del bambino, non aiutando a cogliere il nesso tra i propri sforzi e i comportamenti con il risultato raggiunto. Concretamente il

bambino andrebbe incoraggiato a strutturare dei propri obiettivi e a perseguirli senza sostituirli con altri stabiliti a priori o con livelli di prestazioni prestabiliti dall'adulto. Naturalmente ciò richiede l'acquisizione di abilità metacognitive e di autoregolazione che devono strutturarsi lungo un percorso di affiancamento non necessariamente breve ma auspicabile

SECONDA PARTE

- Fase Sperimentale -

Capitolo 4

Esperimento 1

Nel presente capitolo viene descritto il primo esperimento del presente progetto. In questa prima parte vengono analizzate la differenza di carico cognitivo, la difficoltà percepita, l'usabilità e l'ansia percepita in un campione di soggetti normolettori, attraverso una metodologia multi-livello. I partecipanti dovranno compiere due task sul web: comprare un oggetto con delle caratteristiche indicate dallo sperimentatore (compito di *information-seeking*) e leggere un articolo di giornale su web (compito di comprensione). Metà del campione leggerà su personal computer mentre l'altra metà su *smartphone*. Verranno analizzate sia le differenze tra gruppi (PC vs *smartphone*) sia le differenze entro i gruppi.

4.1 Premessa Teorica

Il primo esperimento parte dal fatto che numerosi studi hanno indagato il carico cognitivo degli utenti durante la navigazione sul web, sia in riferimento ai diversi compiti che le persone compiono online (ad es.: cercare informazioni, leggere, fare acquisti, etc.) sia a come il design delle pagine ha un impatto (positivo o negativo) sull'esperienza degli utenti (ad es.: Thovtrup e Nielsen, 1991; Sweller, 1994; Lavie e Tractinsky 2004; Rosen e Purinton, 2004; Chen *et al.*, 2009; Kurt, 2012; Gerjets *et al.*, 2014; Ferretti *et al.*, 2016).

Fra le attività maggiormente indagate c'è quella di *information seeking* (o *web-searching*), attività che impone un alto carico cognitivo, più elevato quando le pagine diventano difficili da usare o da capire (Iqbal *et al.*, 2004; Chevalier e Kicka, 2006; Tombros *et al.*, 2005; Tan e Wei, 2007; Gwizdka, 2010; Di Stasi *et al.*, 2011; Rigutti *et al.*, 2014; Shovon *et al.*, 2015).

Un'altra delle attività compiute con più frequenza online è quella di lettura e comprensione dei testi; è stato osservato che quando le informazioni sono presentate in maniera ridondante (ad es.: foto, testo, voce esterna, etc.) e sono presenti nel testo collegamenti ipertestuali, il carico cognitivo degli utenti aumenta (Iqbae *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2011).

Nonostante queste conoscenze e la rilevanza potenziale del tema, sono numerosi i limiti attualmente presenti in letteratura riguardo lo studio del carico cognitivo mentre le persone compiono attività online. In primo luogo la metodologia per la valutazione del carico cognitivo durante la navigazione sul web è stata principalmente di tipo soggettivo (ad es.: questionari self-report, interviste, protocolli *think aloud*, etc.). Inoltre, nonostante il fatto le persone accedano al web da diversi dispositivi, in particolar modo cellulari e tablet, le ricerche si sono sinora concentrate sul comportamento dell'utente e sul suo carico cognitivo durante la navigazione quasi esclusivamente da PC.

Comprendere meglio questi fenomeni è lo scopo principale di questo primo esperimento, per cercare di implementare le conoscenze sui fattori critici e le possibili modalità di miglioramento dell'esperienza web, pensando a sistemi per ottimizzare la *user experience* e ridurre il *cognitive load*, e aumentando in questo modo l'accessibilità dei contenuti online.

4.2 Obiettivi ed Ipotesi Sperimentali

4.2.1 Obiettivo

L'obiettivo generale del presente studio è indagare le differenze in termini di carico cognitivo e *user experience* nel compiere due diverse attività online (ovvero comprensione di un brano, CO, e *information seeking*, IS) a seconda del tipo di *device* utilizzato per accedere al web (ovvero PC e *smartphone*).

In particolare, l'obiettivo generale si articola in due sotto obiettivi:

- indagare le differenze in termini di carico cognitivo e *user experience* nei due compiti (CO e IS) in utenti normolettori quando utilizzano un personal computer;
- indagare le differenze in termini di carico cognitivo e *user experience* nei due compiti (CO e IS) in utenti normolettori quando utilizzano uno *smartphone*.

4.2.2. Ipotesi

Sulla base degli obiettivi formulati si prevedono le seguenti ipotesi:

- H1: si ipotizza di trovare una differenza nel carico cognitivo, nella difficoltà percepita del compito, nell'usabilità e nell'ansia percepita nei due compiti (CO o IS) quando i partecipanti utilizzano un personal computer.
- H2: si ipotizza di trovare una differenza nel carico cognitivo, nella difficoltà percepita del compito, nell'usabilità e nell'ansia percepita nei due compiti (CO o IS) quando i partecipanti utilizzano uno *smartphone*.

4.3 Metodologia

4.3.1 Partecipanti

Nella sperimentazione sono stati coinvolti 41 partecipanti divisi in maniera equa per ogni gruppo, reclutati presso gli studenti e il personale dell'Università di Milano – Bicocca e altre Università e centri universitari milanesi. Non sono previsti crediti universitari o incentivi economici per la partecipazione agli studi.

Il numero di partecipanti (sample size) è stato calcolato in modo da avere un effect size sufficiente a ridurre gli errori statistici di tipo II (falsi negativi). Al fine di ridurre gli errori di tipo I (falsi positivi), verrà utilizzata una soglia di prova (test threshold) di 0,05 (Lee and Gilmore 2006; Bakker e Wicherts, 2011).

4.3.2 Criteri di inclusione

I criteri di inclusione dello studio sono stati: (1) età compresa tra 18 e 35 anni; (2) assenza di disturbi medici (malattie cardiache o ipertensione pressoria, disturbi neurologici, epilessia); (3) nessuna presenza di farmacoterapia che potrebbe interferire con i dati misurati (psicofarmaci, anti-ipertensivi, anti-depressivi); (4) nessun danno visivo significativo (tutti con normale acuità visiva o corretta alla normalità); (5) mano destra dominante.

L' idoneità dei partecipanti è stata verificata attraverso un questionario self-report sulla storia medica. Prima di partecipare allo studio, ogni partecipante è stato informato dallo sperimentatore sulle caratteristiche della ricerca, sia verbalmente che attraverso un foglio informativo. È stata richiesta al paziente la firma per il consenso informato. La partecipazione alla sperimentazione è avvenuta in seguito all'adesione volontaria dei soggetti.

4. 4 Misure

Allo scopo di studiare l'esperienza Web degli utenti, nello studio è stato utilizzato un approccio multilivello (basato sull'utilizzo di misurazioni differenti e diversi task sul web).

Nello specifico sono stati raccolti dati anamnestici e di conoscenza del web; dati neuropsicologici, dati psicometrici, dati psicofisiologici. Di seguito sono elencate le strumentazioni per ogni sottocategoria indagata. Va specificato che parte delle misurazioni sono ancora in fase di analisi.

4.4.1 Dati anamnestici e di conoscenza del web

Queste informazioni sono state raccolte tramite appositi questionari costruiti ad hoc per l'esperimento e sono stati trattati come dati di carattere conoscitivo dei soggetti partecipanti.

4.4.2. Assessment neuropsicologico

Per misurare l'attenzione dei partecipanti e verificare che non vi erano problemi significativi a livello neuropsicologico, sono stati utilizzati i seguenti test, selezionati dall' esame neuropsicologico breve (ENB, Mondini et al., 2003):

- Digit Span, per valutare la memoria a breve termine (ENB; Mondini et al., 2003);
- Trial making test A, per misurare la memoria visuospaziale, l'attenzione selettiva e la velocità psicomotoria (ENB; Mondini et al., 2003);
- Trial making test B, per misurare l'attenzione selettiva divisa e alternate (ENB; Mondini et al., 2003).

4.4.3 Assessment psicometrico

Al fine di misurare indici soggettivi circa l'esperienza Web e il coinvolgimento emotivo dei partecipanti, saranno somministrati i seguenti questionari self-report:

- **Ansia Percepita**
 - *State-Trait Anxiety Inventory Form (STAI-Y)*: per misurare l'ansia, sia di stato che di tratto. In particolare, l'ansia di stato è concepita come esperienza particolare in un determinato momento di fronte ad un determinato evento; l'ansia di tratto consiste nella tendenza a percepire le situazioni stressanti come pericolose e minacciose (Spielberger et al., 1970);
 - *Visual Analogue Scale for Anxiety (VAS-A)*: utilizzata per misurare l'intensità delle emozioni di disgusto, felicità, rabbia, paura, sorpresa, tristezza (Hornblow e Kidson, 1976).

- **Web Experience**
 - *Net Promoter Score (NPS)*: misura la soddisfazione degli utenti per un determinato servizio e la loro fedeltà chiedendo quanto consigliano di provare il prodotto ad un amico o collega (nel nostro caso il sito) (Reichheld, 2006);
 - *System Usability Scale (SUS)*: valuta la *user experience* di prodotti interattivi. Il formato del questionario aiuta gli utenti a esprimere immediatamente sentimenti, impressioni e atteggiamenti che emergono durante un'interazione. Le scale del questionario misurano sia gli aspetti di usabilità (efficienza, chiarezza, affidabilità) che di user experience (originalità, stimolazione) (Sauro, 2011).
 - *Web Design Questionnaire*: questionario costruito *ad hoc* per analizzare le opinioni degli utenti in relazione al design del sito Web visitato.

- **Cognitive Load**
 - *Subjective Difficulty Measure (SDM)*: questionario *ad hoc* per la difficoltà percepita, costruito sulla base delle scale VAS;

- Questionario per verificare la comprensione del testo nel compito di comprensione del brano;
- Tempo Impiegato per la lettura del brano;
- Tempo Impiegato per ricerca di informazioni.

4.4.4 Assessment Psicofisiologico

I seguenti dati sono stati registrati all'inizio e durante le sessioni sperimentali:

- Attività cerebrale, misurata con elettroencefalogramma (EEG) tramite Emotive Epoc + (figura 4): per valutare il *cognitive load* in *real time* durante i task, con particolare riferimento alle onde alpha α , che sono caratterizzate da una frequenza che va dagli 8 ai 13.9 hertz (Roy *et al.*, 2013; Gerjets *et al.*, 2014) e strettamente connesse al *cognitive load* (DeVaul *et al.*, 2005; DeStefano e LeFevre, 2007; Roy *et al.*, 2013; Gerjets *et al.*, 2014; Scharinger *et al.*, 2015).



Figura 4: Emotive Epoc + utilizzato per registrare i segnali EEG

- Frequenza cardiaca (Heart Rate, HR)
- Conduttanza Cutanea (skin conductance response, SCR)

I parametri di frequenza cardiaca e conduttanza cutanea sono stati rilevati tramite apposita apparecchiatura di rilevazione di segnali fisiologici e programma di conversione degli stessi Biograph Infinity (figura 5). I dati fisiologici sono ancora in fase di elaborazione.

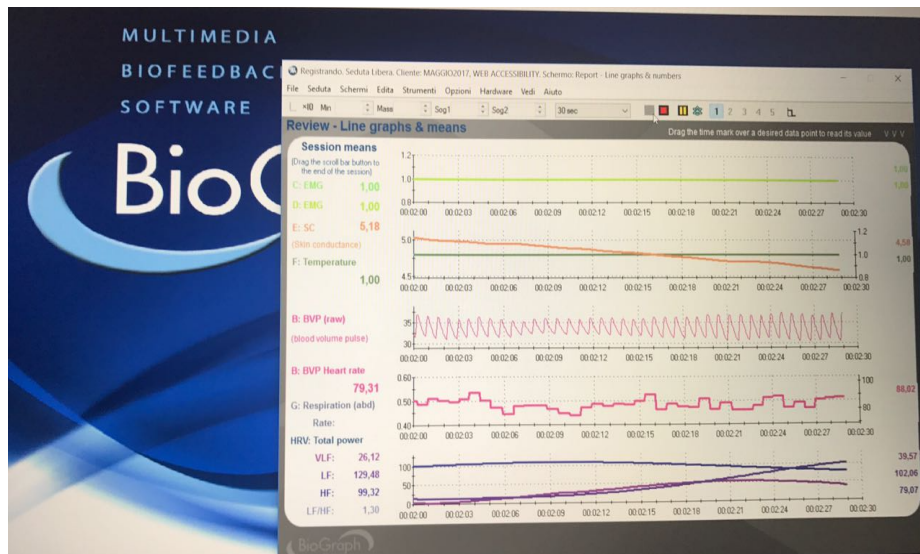


Figura 5: Rilevatore di segnali fisiologici Infinity

4.5 Stimoli e Compiti

Gli stimoli sono stati scelti sulla base di (1) tipologia di task (2) diffusione:

1. Comprensione di un brano: ai partecipanti sarà chiesto di leggere un articolo selezionato da un quotidiano online tra i più diffusi in Italia (lanazione.it) e in seguito di rispondere ad alcune domande circa la comprensione del contenuto;
2. *Info-seeking*: a partecipanti sarà richiesto di fare una ricerca sul sito Amazon.it nella quale comprare un computer sulla base di alcune

caratteristiche elencate dal ricercatore; alla fine dovrà rispondere ad un breve questionario con il risultato della sua ricerca.

Il primo compito, Comprensione (CO), è composto dalla lettura di un articolo di giornale on-line selezionato nel sito lanazione.it. L'articolo parla dell'alluvione a Firenze nel 1966. È stato scelto un articolo su un evento storico in quanto non è influenzato dal passare del tempo e può essere considerato ancora rilevante, in linea con quanto è stato detto in altri test di lettura e comprensione (Judica, 2005; Cornoldi *et al.*, 2010). La scelta di proporre un brano di lettura all'interno di un sito web si basa sulla letteratura esistente che utilizza le prove di lettura e comprensione su web, accompagnate sempre da un questionario per la verifica della comprensione del testo letto, come task per valutare il *cognitive load* degli utenti (Iqbal *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2011; Scharinger *et al.*, 2015). In seguito alla lettura del brano che era stato indicato dallo sperimentatore, i partecipanti hanno risposto al questionario di 5 domande, costruito sulla base della classificazione di altri test di lettura e comprensione e di guide per la comprensione (De Beni *et al.*, 2003; Judica, 2005; Cornoldi *et al.*, 2010).

Il secondo compito, *Information Seeking* (IS), consiste nel visitare il sito di Amazon.it nel quale i partecipanti esploravano il sito cercando il prodotto adatto a raggiungere il loro obiettivo: cercare un computer che risponda alle caratteristiche elencate. Il compito di ricerca di informazioni è stato scelto sulla base della letteratura esistente che riguarda quali task possono, anche in questo caso, misurare il *cognitive load* su web dei partecipanti (Iqbal *et al.*, 2004; Tombros *et al.*, 2005; Chevalier e Kicka 2006; Tan e Wei, 2006; Gwizdka, 2010; Di Stasi *et al.*, 2011; Shovon *et al.*, 2015). Al termine del compito, i partecipanti hanno risposto ad un questionario nel quale hanno indicato il risultato della loro ricerca; questo serve per verificare se i partecipanti esplorano effettivamente le pagine web alla ricerca delle

informazioni richieste (Tombros et al., 2005; Chevalier e Kicka 2006; Gwizdka, 2010).

4.6 Disegno dello studio

Il disegno dello studio è un disegno misto 2X2:

- Device (*Smartphone* vs. PC) come fattore 1 fra soggetti;
- Task (*Info seeking* vs. Comprensione) come fattore 1 entro soggetti.

4.7 Procedura

L'ordine di presentazione di ogni condizione sperimentale è stato controbilanciato per ogni partecipante seguendo uno schema di randomizzazione stabilito da <http://www.randomizer.org/>.

Prima di iniziare l'esperimento, a ciascun partecipante è stata fornita una spiegazione dettagliata sullo studio ed è stato invitato a dare il consenso scritto per la sua partecipazione allo studio. In seguito, è stata somministrata la batteria neuropsicologica, per verificare i livelli di attenzione di ogni soggetto.

All'inizio della sessione sperimentale, i partecipanti sono stati fatti accomodare davanti ad un monitor di un computer, la distanza era di circa 0,75 metri. In seguito, i partecipanti sono stati collegati con l'elettroencefalogramma (EEG) e il rilevatore di segnali fisiologici, per registrare i loro segnali psicofisiologici. È stata registrata una baseline per ciascun partecipante di 3 minuti in condizione di riposo, con gli occhi aperti.

Una volta registrata la baseline, la sessione sperimentale ha avuto inizio; i segnali psicofisiologici sono stati registrati per tutti i compiti.

Inizialmente è stata somministrata anche la STAI-Y1, questionario di ansia di tratto come riferimento per la STAI-Y2, ovvero il questionario di ansia di stato che è stato somministrato per ogni task. Quindi, al fine di misurare le variazioni psicologiche che si verificano durante le diverse condizioni, i partecipanti hanno risposto ai seguenti questionari self-report: STAI-Y2 e VAS-A, immediatamente prima e dopo ogni condizione sperimentale. I partecipanti hanno compilato anche il questionario SUS, il Net Promoter Score e il questionario ah-hoc sul web design, per valutare il livello di presenza, l'usabilità percepita e la *web experience*.

Al termine di ogni compito, i partecipanti hanno risposto al questionario sulla comprensione o al questionario sulla ricerca di informazioni a seconda del task che hanno svolto, e sono stati calcolati i tempi di esecuzione del compito, come dati per la misura del *cognitive load*.

Durante l'esecuzione dei compiti, i dati dell'attività elettrocorticale e fisiologica sono stati registrati, come ulteriore dato per valutare il *cognitive load* dell'utente.

4.8 Analisi dei dati

Per quanto riguarda i dati psicometrici, sono state condotte analisi statistiche attraverso l'utilizzo del *software IBM SPSS Statistics 25* per test parametrici, scelti in base al campione di riferimento.

Per quanto riguarda, invece, i dati fisiologici ed elettrofisiologici, le analisi sono ancora in corso. Questo dipende dal fatto che sui segnali si sta eseguendo una pulizia manuale, attraverso la collaborazione con il

dipartimento di Informatica, Sistemi e Comunicazione dell'Università degli Studi Milano-Bicocca, per poterli poi analizzare in maniera esaustiva.

Vengono riportati, di seguito, i risultati preliminari degli indici EEG su un campione ristretto di partecipanti, per i quali i segnali sono già stati filtrati e puliti.

4.8.1 Analisi dei dati Psicometrici

Le prime analisi statistiche sul campione riguardano i dati psicometrici. In particolare, i confronti sono avvenuti tra i due gruppi di soggetti per verificare se tra la condizione smartphone e PC ci sono delle differenze statisticamente significative nel *cognitive load*, nella *web experience* e nell'ansia percepita.

In particolare, le variabili sono state analizzate come riportato in tabella 5:

VARIABILE DIPENDENTE	VARIABILI DIPENDENTI	MISURE
<i>CONDIZIONE</i> (Gruppo 1: PC; Gruppo 2: Smartphone)	<i>Cognitive Load</i>	- Subjective Difficulty Measure (SDM) - Questionario di Comprensione del Testo - Tempo Impiegato per il task CO - Tempo Impiegato per il task IS
	<i>Web Experience</i>	- Net Promoter Score (NPS) - Sistem Usability Scale

		(SUS) - Web Design Questionnaire
	Asia Percepita	- STAI-Y Stato - VAS-Ansia

Tabella 5: Rappresentazione delle Variabili analizzate con i relativi test corrispondenti per l'esperimento 1

Le analisi statistiche sulla variabile *Cognitive Load* riporta una significatività nelle risposte al questionario di comprensione del task CO (F: 4,463; sig.: .041). La media delle risposte date nella condizione PC è 4,75; la media della condizione Smartphone è 4,57. Quindi nella condizione PC i partecipanti danno più risposte corrette rispetto alla condizione smartphone.

Le analisi statistiche per la variabile *Web Experience* che sono risultate significative riguardano il questionario SUS e il *Web Design Questionnaire*. In particolare, nel *Web Design Questionnaire* risulta significativa la domanda 2 ("Ho trovato i colori piacevoli") nel task CO (F: 5,678; sig.: .022); la media delle risposte per la condizione PC è 4,55 e la media per la condizione smartphone è 5,14. Quindi i colori dello schermo risultano più piacevoli nella condizione smartphone, durante la lettura di un brano.

Per il SUS risulta una significatività nella domanda 10 ("Ho avuto bisogno di imparare molti processi prima di riuscire") nel task IS (F: 5,903; sign.: .020) e la media delle risposte nella condizione PC è 1,38 mentre nella condizione smartphone è 1,80. Quindi, ricercare le informazioni richieste può essere più complicato nella condizione smartphone che in quella PC.

Non ci sono dati statisticamente significativi per quanto riguarda la variabile ansia percepita.

Ulteriori analisi statistiche su dati psicometrici sono attualmente in corso per verificare se ci sono differenze significative tra i due task (CO-IS) nelle variabili prese in considerazione.

4.8.2 Analisi dei dati elettrofisiologici

Come detto, in questo primo studio sono state condotte anche delle analisi statistiche sui dati elettroencefalografici (EEG), su una parte del campione selezionata in base alla chiarezza del segnale.

I segnali di elettroencefalografia di ciascun partecipante sono stati registrati sia in condizioni di riposo (linea di base) che durante la fase sperimentale. I dati EEG sono stati registrati utilizzando l'Emotiv EPOC + 16 canali (Emotiv Systems Inc., San Francisco, CA, USA). Lo schema degli elettrodi di questo dispositivo sono organizzati secondo il Sistema internazionale 10-20 e include 14 elettrodi attivi disposti su AF3,F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 e AF4 e due elettrodi usati come riferimento (CMS e DRL), corrispondente alla posizione dei mastoidi (come riportato nella figura 6).

I dati EEG sono stati acquisiti con una frequenza di campionamento interna di 2048 Hz. Questi dati sono stati filtrati usando filtri hardware e sotto campionato a 128 Hz con una precisione di 16 bit.

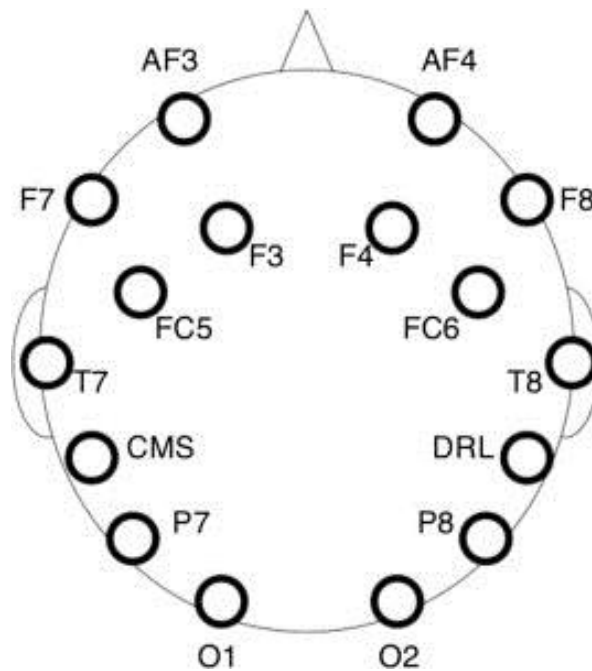


Figura 6: Disposizione degli elettrodi secondo il Sistema Internazionale 10-20

Dati EEG grezzi, registrati direttamente da un dispositivo EEG sono significativamente contaminati da diversi artefatti sia fisiologici (battiti di ciglia, movimenti oculari e qualsiasi attività muscolare, battito cardiaco, etc.) che non biologici (impedenza di elettrodi, rumore e interferenze dalla linea elettrica e altri dispositivi elettrici, etc.). Questa contaminazione è ancora più grave nel caso delle cuffie Emotiv Epoc, EEG che è stato adottato. Quindi è stata necessaria una pre-elaborazione dei dati EEG prima di eseguire qualsiasi tipo di analisi. I dati sono stati filtrati e puliti tramite appositi programmi. Inoltre, i tracciati EEG sono stati puliti anche a mano tramite programma Mat-Lab. La figura 7 riporta un esempio di tracciato pulito corrispondente ad una registrazione nella condizione PC e compito IS di uno dei partecipanti coinvolti.

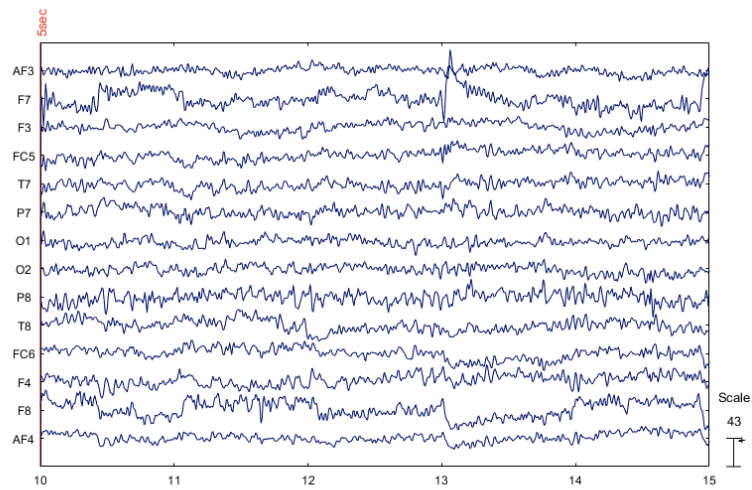


Figura 7: Tracciato Ripulito di un Partecipante all'esperimento

È stata eseguita un'analisi spettrale dei dati EEG per correlare le variazioni nella potenza della banda di frequenza in base ai due compiti che i partecipanti dovevano svolgere. Lavori precedenti (Klimesch, 2012; Kumar e Kumar, 2016) suggeriscono che sono associate diverse frequenze delle onde cerebrali con diverse classi di processi cognitivi.

Le analisi del segnale sono state eseguite su un set di dati pulito composto da segnali EEG a 14 canali, per ogni condizione sperimentale, ovvero task eseguiti su *smartphone* o su personal computer, per la baseline e i due compiti, ovvero CO e IS. La registrazione EEG varia tra 2 e 5 minuti.

Questo procedimento è stato eseguito su 11 soggetti del campione di riferimento, in quanto la pulizia manuale dei dati è ancora in corso e ha già portato a scartare diversi soggetti. Vista la bassa affidabilità dello strumento, si è deciso di non utilizzarlo per gli studi successivi.

Sugli 11 soggetti puliti, sono stati confrontati i dati della baseline (BL) con i dati dei due compiti, comprensione (CO) e *information seeking* (IS); inoltre, sono stati paragonati anche CO e IS tra loro. I risultati sono riportati nella figura 8. La prima colonna delle tabelle riporta l'analisi per ciascuno dei 14

canali per la condizione *smartphone*, mentre la seconda colonna di tabelle riporta la stessa analisi in caso di utilizzo del PC. Questi confronti sono riportati come numero di soggetti e mostrano una differenza di potenza positiva (pos) o negativa (neg) all'interno di ciascuna banda, che è statisticamente significativa ($p < 0,05$).

MOBILE	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	6	4	4	6	3	5
'F7'	1	6	1	6	3	1
'F3'	6	4	2	5	3	4
'Fc5'	3	5	2	6	5	3
'T7'	3	6	4	6	6	1
'P7'	2	6	4	5	5	5
'O1'	3	6	3	7	4	6
'O2'	4	4	5	5	5	4
'P8'	3	6	7	2	5	3
'T8'	3	6	4	5	5	3
'Fc6'	2	7	3	7	7	2
'F4'	5	4	5	2	5	4
'F8'	3	7	2	5	6	2
'AF4'	5	4	6	4	5	4

PC	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	6	4	3	6	4	6
'F7'	7	3	5	3	2	8
'F3'	1	6	2	8	4	4
'Fc5'	5	4	3	5	0	6
'T7'	4	6	1	6	1	8
'P7'	3	3	1	6	0	5
'O1'	4	2	4	5	3	2
'O2'	4	5	1	6	2	7
'P8'	4	4	2	8	3	7
'T8'	3	4	1	7	1	5
'Fc6'	1	6	1	6	4	5
'F4'	4	6	2	5	2	7
'F8'	3	6	2	7	4	5
'AF4'	4	2	3	3	2	7

MOBILE	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	8	3	6	1	6	3
'F7'	6	4	5	3	5	2
'F3'	7	4	7	3	6	3
'Fc5'	6	4	6	4	6	3
'T7'	6	5	6	2	6	2
'P7'	6	5	7	3	6	1
'O1'	5	2	7	4	6	4
'O2'	7	3	8	2	9	2
'P8'	6	4	6	3	9	1
'T8'	5	4	4	2	6	2
'Fc6'	4	3	6	2	9	2
'F4'	7	3	9	1	6	3
'F8'	6	4	5	4	7	1
'AF4'	6	3	6	3	6	3

PC	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	6	3	4	5	5	5
'F7'	7	3	5	4	2	7
'F3'	5	5	4	4	5	3
'Fc5'	5	3	6	3	3	3
'T7'	6	3	5	3	2	7
'P7'	4	1	5	1	4	3
'O1'	6	2	8	2	5	2
'O2'	5	2	4	4	2	3
'P8'	5	1	4	5	3	6
'T8'	6	5	4	5	2	4
'Fc6'	2	5	3	4	4	3
'F4'	5	5	5	4	4	4
'F8'	4	5	4	4	4	4
'AF4'	5	3	6	4	3	5

MOBILE	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	6	3	4	6	4	7
'F7'	3	6	4	7	6	3
'F3'	5	6	6	5	3	3
'Fc5'	4	5	4	6	4	3
'T7'	1	9	2	7	5	4
'P7'	1	9	0	9	4	6
'O1'	3	7	3	6	5	5
'O2'	3	7	1	6	3	5
'P8'	2	8	3	8	4	6
'T8'	2	8	1	9	2	6
'Fc6'	2	8	3	4	5	1
'F4'	4	6	8	3	6	4
'F8'	2	9	3	7	5	2
'AF4'	5	6	4	7	6	4

PC	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	5	5	5	5	3	8
'F7'	9	2	5	5	2	8
'F3'	5	5	4	5	2	6
'Fc5'	5	4	4	5	2	7
'T7'	6	2	2	7	1	7
'P7'	3	6	1	9	0	7
'O1'	3	4	5	5	3	5
'O2'	5	4	3	7	2	9
'P8'	4	5	3	7	2	7
'T8'	5	4	3	7	3	8
'Fc6'	3	6	1	7	4	7
'F4'	7	4	4	6	4	7
'F8'	4	6	5	5	3	8
'AF4'	4	6	6	5	2	7

MOBILE	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	3	6	3	8	3	7
'F7'	3	7	4	6	6	3
'F3'	2	6	3	7	3	7
'Fc5'	2	7	3	8	4	3
'T7'	0	11	0	9	6	3
'P7'	0	11	0	11	4	6
'O1'	0	11	1	10	3	4
'O2'	1	10	0	9	2	7
'P8'	1	9	3	8	4	7
'T8'	2	7	1	9	2	7
'Fc6'	0	6	4	5	3	3
'F4'	3	7	3	6	5	6
'F8'	2	6	2	7	4	3
'AF4'	3	7	4	7	6	5

PC	BL-RD		BL-IS		RD-IS	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg
'AF3'	5	4	5	5	3	8
'F7'	7	3	4	6	1	10
'F3'	3	5	1	9	2	9
'Fc5'	5	4	4	6	1	10
'T7'	5	2	1	9	1	10
'P7'	2	7	0	9	0	10
'O1'	5	5	3	8	3	6
'O2'	3	6	1	9	0	11
'P8'	3	7	2	9	1	10
'T8'	5	6	2	7	2	8
'Fc6'	4	6	1	9	2	8
'F4'	4	5	3	6	4	7
'F8'	4	5	4	6	3	8
'AF4'	5	4	3	8	0	9

Figura 8: Confronto del potere medio della banda delle quattro onde cerebrali alfa, theta, beta e gamma (ciascuna delle quattro file di tabelle). Questi confronti sono riportati confrontando rispettivamente baseline (BL) con i due compiti

4.9 Discussione dei Risultati

Dall'analisi dei dati psicometrici si osserva come le differenze significative a livello statistico sono poco numerose. Si evidenziano due aspetti: nel compito di comprensione, se si utilizza un PC si ottengono prestazioni migliori nel compito di comprensione ed è più facile trovare le informazioni richieste nel compito di *info seeking*. Invece, lo smartphone risulta essere più piacevole per quanto riguarda i colori della pagina web.

Per quanto riguarda i dati EEG, sono state eseguite analisi sia a riguardo della differenza tra l'utilizzo di smartphone e PC sia per il confronto tra i due task (CO-IS). Dall'analisi della figura 8, osserviamo che: ci sono variazioni significative in tutte le bande e per entrambi i dispositivi (*smartphone* e PC) e confrontando ciascuna delle due attività rispetto alla baseline (BL-CO e BL-IS). In particolare queste variazioni sono più evidenti nella condizione *smartphone*. Il potere generalmente aumenta durante i compiti per tutte le bande eccetto per l'*alpha*. Variazioni statisticamente significative si trovano confrontando le due attività (CO-IS) per la condizione PC. Le differenze tra i due compiti sono visibili in tutte le bande, come detto tranne per le onde *alpha*. C'è un aumento di potenza su tutti i canali per le bande *beta* e *gamma*, che denota una maggiore complessità associata all'attività IS rispetto a quella CO.

I due compiti (CO-IS) per la condizione *smartphone* sembrano essere simili in termini di potenza *gamma* e *beta*.

Queste analisi sono in accordo con studi di ricerca simili in letteratura (Aricò et al., 2016). Anche il dato delle onde *alpha* è in accordo con la letteratura. Infatti, le onde *alpha* sono principalmente legate allo stato rilassato e meditazione. La letteratura pubblicata sottolinea la correlazione inversa tra la potenza EEG nella banda di frequenza alfa e il carico di lavoro di un compito, ovvero il *cognitive load* (Klimesch, 1999). Le onde *beta* sono associate a vigilanza, impegno e stato di lavoro. In particolare, sono

stati segnalati cambiamenti nella complessità e nel *cognitive load* che causano un aumento dei poteri della banda *beta* (Klimesch, 1999; Freeman, 2002). Infine le onde *gamma* sono associate ad alta attività mentale (Kumar e Kumar, 2016).

4.10 Conclusione

Dai risultati preliminari sui dati EEG si evince come il *cognitive load* dell'utente vari a seconda della percezione che egli ha del compito. Come visto, i dati EEG sono una misura della variabile *cognitive load*, basando le analisi sulla misurazione delle varie bande, *alpha*, *beta* e *gamma* (Klimesch, 1999; Freeman, 2002; Aricò et al., 2016; Kumar e Kumar, 2016). Questo conferma in parte l'ipotesi iniziale, ovvero che vi sia una differenza nel carico cognitivo nei partecipanti all'esperimento e che questo dipende però dalla percezione soggettiva della difficoltà nel compito o nell'utilizzo del *device* e dalla *user experience* (Rosen e Purinton, 2004; Chen et al., 2009; Kurt, 2012; Gerjets et al., 2014; Ferretti et al., 2016).

È, dunque, interessante notare come la percezione delle difficoltà da parte degli utenti al web varia a seconda dei compiti eseguiti ma che non vi sia una netta distinzione tra il compito di CO e il compito di IS. Questo dipende da ogni utente e dall'esperienza che egli vive a contatto con il web.

Dai risultati dei dati psicometrici possiamo affermare che l'utilizzo del PC agevola la comprensione del testo e aiuta maggiormente nella ricerca delle informazioni e che lo smartphone, invece, è più piacevole a livello di colori sullo schermo. Per il resto dei dati, invece, si conferma quanto ottenuto dai dati EEG, ovvero che per ogni utente il carico cognitivo e l'esperienza sul web dipendono dalla percezione soggettiva.

Questo primo studio presenta degli aspetti interessanti che possono essere approfonditi, come il confronto tra task, tema poco trattato in letteratura al

momento attuale, e il confronto tra le varie misurazioni per stabilire l'andamento delle variabili.

I limiti presenti riguardano, invece, alcune componenti strutturali.

Partendo dalla strumentazione, per poter analizzare in maniera adeguata gli indici EEG è necessario utilizzare una strumentazione elettroencefalografica più specifica. Lo strumento EMOTIV Epoc + svolge diverse funzioni e questo penalizza l'acquisizione del segnale; è uno strumento maggiormente utile per il potenziamento e la riabilitazione delle attività cognitive in quanto è un ottima apparecchiatura BCI, ovvero *brain computer interface*, che permette di interagire direttamente con il computer tramite le onde cerebrali. In secondo luogo, sarà utile strutturare i task in modo tale da stabilire un tempo di esecuzione del compito per poter paragonare meglio i risultati ottenuti. Questo permette anche di evitare la frustrazione in alcuni partecipanti che hanno trovato particolarmente difficile il compito di *information seeking*.

Infine, è utile implementare il campione di riferimento per poter estendere i dati ottenuti ad una popolazione più ampia.

Pensando ad una prospettiva futura, è utile considerare i dati raccolti per lavorare sul layout e sulla struttura del web aumentando in questo modo l'accessibilità dei contenuti online, diminuendo il carico cognitivo per gli utenti e fornire dati utili per rendere l'esperienza utente maggiormente positiva e, soprattutto, soggettiva attraverso la possibilità di modificare il web a proprio piacimento.

Capitolo 5

Esperimento 2

In questo capitolo viene descritto il secondo esperimento del presente progetto. In questa parte si prende in considerazione l'accessibilità del web per persone con DE, in termini di carico cognitivo, difficoltà percepita, usabilità e ansia percepita. Per questo scopo, verrà utilizzando un task di comprensione del testo, i partecipanti saranno divisi in due gruppi: un gruppo leggerà la versione standard ed un gruppo la versione *enhanced*, ovvero con delle modifiche di layout effettuate in base alla letteratura di riferimento. Verranno poi confrontati i risultati emersi nelle due condizioni sperimentali all'interno del campione con DE.

5.1 Premessa Teorica

Come delineato nel background teorico, le persone con DE presentano diverse difficoltà nell'accedere a contenuti web, in particolare modo a causa delle loro difficoltà di lettura (Freire *et al.*, 2011; Good, 2011; Kanvinde *et al.*, 2012; Rello *et al.*, 2012; Zorzi *et al.*, 2012; De Santana *et al.*, 2013; Rello e Barbosa, 2013; Chen *et al.*, 2015; De Avelar *et al.*, 2015; Berget *et al.*, 2016; Fourney *et al.*, 2018; Damiano *et al.*, 2019; Kous, 2019; Rauschenberger *et al.*, 2019).

Aumentare l'accessibilità del web in persone con DE significa, tra le altre componenti, aumentare la percezione positiva della *user experience* e diminuire il carico cognitivo richiesto dalla pagina web. Questo può avvenire attraverso la diminuzione dell'effetto affollamento (o effetto *crowding*), un fenomeno percettivo con effetti negativi sul riconoscimento delle lettere che viene modulato dalla spaziatura tra le lettere stesse (Martelli *et al.*, 2009; Zorzi *et al.*, 2012).

Diversi studi scientifici hanno dimostrato come la capacità cognitiva umana sia limitata, in quanto permette di elaborare solo pochi elementi alla volta riguardo un'informazione. Le risorse cognitive disponibili durante l'esecuzione di un compito sono infatti limitate e vengono utilizzate in modo selettivo per il raggiungimento di uno scopo o un obiettivo specifico (Chandler e Sweller, 1991; Kayluga *et al.*, 1999; Moreno e Mayer, 2000).

La teoria del *cognitive load* parte dal principio che durante il processamento di un'informazione o l'esecuzione di un compito intervengono processi cognitivi strettamente collegati alla memoria (Chandler e Sweller, 1991; Kayluga, Chandler, e Sweller, 1999; Moreno e Mayer, 2000). Il *cognitive load* è un processo fortemente connesso soprattutto con la memoria di lavoro (WM), in quanto descrive la relazione tra la capacità della memoria di lavoro (*working memory*, WM) e le esigenze del carico cognitivo

richieste da una particolare attività (Anderson *et al.*, 2011; van Merriënboer e Sweller, 2005). La WM è definita come il processo ritenuto responsabile per il recupero, la manipolazione e l'elaborazione di informazioni che ha importanza funzionale ad una varietà di attività cognitive compreso l'apprendimento, il ragionamento, e la comprensione.

Dunque, un carico cognitivo elevato può ostacolare l'elaborazione delle informazioni, la percezione di stimoli e la memorizzazione, in particolare durante le attività complesse che richiedono di elaborare numerose di informazioni, come navigare sul web, in particolare modo in persone con DE (Al-Wabil *et al.*, 2007; Menghini *et al.*, 2011)

5.2 Obiettivi ed Ipotesi Sperimentali

5.2.1 Obiettivo

L'obiettivo generale del presente studio è indagare la differenza nell'esperienza cognitiva ed emotiva di accessibilità del web di persone con DE in un compito di comprensione da svolgere sul web in un brano presentato attraverso due modalità.

In particolare, l'obiettivo generale si articola in due sotto obiettivi:

- Indagare le differenze in termini di carico cognitivo nella lettura di un testo con carattere standard, preimpostato dalla pagina web, e un testo modificato (*enhanced*), che elimini l'effetto *crowding*;
- Indagare le differenze in termini di *user experience* nella lettura di un testo con carattere standard, preimpostato dalla pagina web, e un testo modificato (*enhanced*), che elimini l'effetto *crowding*.

5.2.2. *Ipotesi*

Sulla base degli obiettivi formulati si prevedono le seguenti ipotesi:

- H1: si ipotizza di trovare una differenza nel carico cognitivo tra i partecipanti che hanno letto la versione standard del testo e i partecipanti che hanno letto la versione *enhanced*;
- H2: si ipotizza di trovare nella *user experience* tra i partecipanti che hanno letto la versione standard del testo e i partecipanti che hanno letto la versione *enhanced*.

5.3 Metodologia

5.3.1 *Partecipanti*

Hanno preso parte all'esperimento 30 partecipanti con diagnosi di dislessia evolutiva; la diagnosi di dislessia dovrà essere rilasciata da specialisti esperti in linea con le indicazioni della Consensus Conference, del Panel di Aggiornamento e Revisione della Consensus Conference e dell'Istituto Superiore di Sanità.

Il campione è stato diviso in due gruppi omogenei per le due condizioni sperimentali proposte.

5.3.2 *Criteri di inclusione*

I criteri di inclusione dello studio sono stati: (1) età compresa tra 18 e 35 anni; (2) assenza di disturbi medici (malattie cardiache o ipertensione

pressoria, disturbi neurologici, epilessia); (3) nessuna presenza di farmacoterapia che potrebbe interferire con i dati misurati (psicofarmaci, anti-ipertensivi, anti-depressivi); (4) nessun danno visivo significativo (tutti con normale acuità visiva o corretta alla normalità); (5) mano destra dominante; (6) certificazione di Dislessia Evolutiva.

L' idoneità dei partecipanti è stata verificata attraverso un questionario self-report sulla storia medica. Prima di partecipare allo studio, ogni partecipante è stato informato dallo sperimentatore sulle caratteristiche della ricerca, sia verbalmente che attraverso un foglio informativo. È stata richiesta al paziente la firma per il consenso informato. La partecipazione alla sperimentazione è avvenuta in seguito all'adesione volontaria dei soggetti.

5. 4 Misure

Allo scopo di studiare l'esperienza Web degli utenti, nello studio è stato utilizzato un approccio multilivello (basato sull'utilizzo di misurazioni differenti e diversi task sul web).

Nello specifico sono stati raccolti dati anamnestici e di conoscenza del web; dati neuropsicologici, dati psicometrici, dati psicofisiologici. Di seguito sono elencate le strumentazioni per ogni sottocategoria indagata.

5.4.1 Dati anamnestici e di conoscenza del web

Queste informazioni sono state raccolte tramite appositi questionari costruiti ad hoc per l'esperimento e sono stati trattati come dati di carattere conoscitivo dei soggetti partecipanti.

5.4.2. Assessment neuropsicologico

Per misurare l'attenzione dei partecipanti e verificare che non vi erano problemi significativi a livello neuropsicologico, sono stati utilizzati i seguenti test, selezionati dall' esame neuropsicologico breve (ENB, Mondini et al., 2003):

- Digit Span, per valutare la memoria a breve termine (ENB; Mondini et al., 2003);
- Trial making test A, per misurare la memoria visuospatiale, l'attenzione selettiva e la velocità psicomotoria (ENB; Mondini et al., 2003);
- Trial making test B, per misurare l'attenzione selettiva divisa e alternate (ENB; Mondini et al., 2003).

5.4.3 Assessment psicometrico

Al fine di misurare indici soggettivi circa l'esperienza Web e il coinvolgimento emotivo dei partecipanti, saranno somministrati i seguenti questionari self-report:

- Ansia Percepita
 - State-Trait Anxiety Inventory Form (STAI-Y): per misurare l'ansia, sia di stato che di tratto. In particolare, l'ansia di stato è concepita come esperienza particolare in un determinate momento di fronte ad un determinate evento; l'ansia di tratto consiste nella tendenza a percepire le situazioni stressanti come pericolose e minacciose (Spielberger et al., 1970);

- *Visual Analogue Scale for Anxiety (VAS-A)*: utilizzata per misurare l'intensità delle emozioni di disgusto, felicità, rabbia, paura, sorpresa, tristezza (Hornblow e Kidson, 1976).

- *Web Experience*
 - *Net Promoter Score (NPS)*: misura la soddisfazione degli utenti per un determinato servizio e la loro fedeltà chiedendo quanto consigliano di provare il prodotto ad un amico o collega (nel nostro caso il sito) (Reichheld, 2006);
 - *System Usability Scale (SUS)*: valuta la *user experience* di prodotti interattivi. Il formato del questionario aiuta gli utenti a esprimere immediatamente sentimenti, impressioni e atteggiamenti che emergono durante un'interazione. Le scale del questionario misurano sia gli aspetti di usabilità (efficienza, chiarezza, affidabilità) che di user experience (originalità, stimolazione) (Sauro, 2011).
 - *Web Design Questionnaire*: questionario costruito *ad hoc* per analizzare le opinioni degli utenti in relazione al design del sito Web visitato.

- *Cognitive Load*
 - *Subjective Difficulty Measure (SDM)*: questionario *ad hoc* per la difficoltà percepita, costruito sulla base delle scale VAS;
 - Questionario per verificare la comprensione del testo nel compito di comprensione del brano;
 - Tempo Impiegato per la lettura del brano.

5.4.4 Assessment Psicofisiologico

I seguenti dati sono stati registrati all'inizio e durante le sessioni sperimentali, tramite apposita apparecchiatura di rilevazione di segnali fisiologici Biograph Infinity (figura 9):

- Frequenza cardiaca (Heart Rate, HR)
- Conduttanza Cutanea (skin conductance response, SCR)

I dati fisiologici sono in fase di elaborazione ed analisi.



Figura 9: Rilevatore di segnali fisiologici Infinity

5.5 Stimoli e Compiti

Lo stimolo principale è *un brano*: ai partecipanti sarà chiesto di leggere un articolo selezionato da un quotidiano online tra i più diffusi in Italia (lanazione.it) e in seguito di rispondere ad alcune domande circa la comprensione del contenuto;

Lo stimolo è composto da un articolo di giornale on-line selezionato nel sito lanazione.it. L'articolo parla dell'alluvione a Firenze nel 1966. È stato scelto un articolo su un evento storico in quanto non è influenzato dal passare del tempo e può essere considerato ancora rilevante, in linea con quanto è stato detto in altri test di lettura e comprensione (Judica, 2005; Cornoldi et al., 2010). La scelta di proporre un brano di lettura all'interno di un sito web si basa sulla letteratura esistente che utilizza le prove di lettura e comprensione su web, accompagnate sempre da un questionario per la verifica della comprensione del testo letto, come task per valutare il *cognitive load* degli utenti (Iqbal et al., 2004; Liu et al. 2011; Scharinger et al., 2015). In seguito alla lettura del brano che verrà indicato dallo sperimentatore, i partecipanti risponderanno al questionario di 5 domande, costruito sulla base della classificazione di altri test di lettura e comprensione e di guide per la comprensione (De Beni et al., 2003; Judica, 2005; Cornoldi et al., 2010).

L'articolo verrà proposto in due forme:

- versione Standard, così come è presentato dal sito;
- versione *Enhanced*, ovvero modificata affinché venga annullato l'effetto crowding.

Il compito consiste nella lettura e nella comprensione del brano proposto.

5.6 Disegno dello studio

Il disegno dello studio è un disegno entro i soggetti 1X2 (gruppo x pre-test x post-test):

- Task (testo standard vs. testo *enhanced*) come fattore1 entro soggetti.

5.7 Procedura

L'ordine di presentazione di ogni condizione sperimentale è stato controbilanciato per ogni partecipante seguendo uno schema di randomizzazione stabilito da <http://www.randomizer.org/>.

Prima di iniziare l'esperimento, a ciascun partecipante è stata fornita una spiegazione dettagliata sullo studio ed è stato invitato a dare il consenso scritto per la sua partecipazione allo studio. In seguito, è stata somministrata la batteria neuropsicologica, per verificare i livelli di attenzione di ogni singolo partecipante.

All'inizio della sessione sperimentale, i soggetti sono stati fatti accomodare davanti ad un monitor di un computer, la distanza era di circa 0,75 metri.

I segnali psicofisiologici sono stati registrati per tutti i compiti, compresa una fase iniziale di tre minuti registrata come baseline per il confronto pre-post compito.

Inizialmente è stata somministrata anche la STAI-Y1, questionario di ansia di tratto come riferimento per la STAI-Y2, ovvero il questionario di ansia di stato che è stato somministrato per ogni task.

Al fine di misurare le variazioni psicologiche che si verificano durante le diverse condizioni, i partecipanti hanno risposto ai seguenti questionari self-report: STAI-Y2 e VAS-A, immediatamente prima e dopo ogni condizione sperimentale. I partecipanti hanno compilato anche i questionari self-report: Sistem Usability Scalle (SUS), Net Promoter Score (NPS) e il questionario *ad hoc* sul web design, per valutare il livello di presenza, la difficoltà percepita e la *web experience*.

Al termine di ogni compito, i partecipanti hanno risposto al questionario sulla comprensione del testo letto ed è stato calcolato il tempo impiegato per la lettura del brano, come misure di riferimento del *cognitive load*.

5.8 Analisi dei dati

Sono state condotte analisi statistiche attraverso l'utilizzo del software *IBM SPSS Statistics 25* per test parametrici, scelti in base al campione di riferimento.

Le prime analisi statistiche sul campione riguardano i dati psicometrici, mentre i dati fisiologici sono ancora in fase di elaborazione.

I confronti sono avvenuti tra i due gruppi di soggetti per verificare se tra la lettura del testo standard e del testo enhanced ci sono delle differenze statisticamente significative nel *cognitive load*, nella *web experience* e nell'ansia percepita. Dalle prime analisi sono emerse diverse significatività.

In particolare, le variabili sono state analizzate come riportato in tabella 6:

VARIABILE DIPENDENTE	VARIABILI DIPENDENTI	MISURE
<i>CONDIZIONE</i> (Gruppo 1: testo standard; Gruppo 2: testo enhanced)	<i>Cognitive Load</i>	- Subjective Difficulty Measure (SDM) - Questionario di Comprensione del Testo - Tempo Impiegato per leggere il testo
	<i>Web Experience</i>	- Net Promoter Score (NPS) - Sistem Usability Scale (SUS) - Web Design Questionnaire

	Asia Percepita	- STAI-Y Stato - VAS-Ansia
--	----------------	-------------------------------

Tabella 6: Rappresentazione delle Variabili analizzate con i relativi test corrispondenti per l'esperimento 2

Le analisi statistiche sulla variabile *Cognitive Load* presentano diverse significatività. Nello specifico, riporta una significatività nelle risposte al questionario di comprensione del task CO (F: 4,463; sig.: .041). La media delle risposte date nella condizione PC è 4,75; la media della condizione Smartphone è 4,57. Quindi nella condizione PC i partecipanti danno più risposte corrette rispetto alla condizione smartphone.

Le analisi statistiche per la variabile *Web Experience* che sono risultate significative riguardano il questionario SUS e il *Web Design Questionnaire*. In particolare, nel *Web Design Questionnaire* risulta significativa la domanda 2 (“Ho trovato i colori piacevoli”) nel task CO (F: 5,678; sig.: .022); la media delle risposte per la condizione PC è 4,55 e la media per la condizione smartphone è 5,14. Quindi i colori dello schermo risultano più piacevoli nella condizione smartphone, durante la lettura di un brano.

Per il SUS risulta una significatività nella domanda 10 (“Ho avuto bisogno di imparare molti processi prima di riuscire”) nel task IS (F: 5,903; sign.: .020) e la media delle risposte nella condizione PC è 1,38 mentre nella condizione smartphone è 1,80. Quindi, ricercare le informazioni richieste può essere più complicato nella condizione smartphone che in quella PC.

Non ci sono dati statisticamente significativi per quanto riguarda la variabile ansia percepita.

Ulteriori analisi statistiche su dati psicometrici sono attualmente in corso per verificare se ci sono differenze significative tra i due task (CO-IS) nelle variabili prese in considerazione.

5.9 Discussione dei risultati

Come si evince dalle analisi, i partecipanti con DE non presentano risultati statisticamente significativi nei test. Questo è in linea con la letteratura in quanto le persone con diagnosi di DE hanno livelli di stress e ansia percepita sin dall'inizio di un compito (Carroll et al., 2006; Ryan, 2006; Haddadian et al., 2012; Cerea et al., 2015). Dalle analisi statistiche, ad una prima osservazione, i risultati presentano punteggi elevati. Si può però notare che il compito IS ha un punteggio superiore (STAI-Y = 36,40; SDM = 47,870) rispetto sia alla baseline (STAI-Y = 32,00) che al compito CO (STAI-Y = 33,20; SDM = 24,766). Il fatto che il dato non sia significativo a livello statistico può dipendere dalla bassa numerosità del campione. Questo dato va verificato, successivamente, con un ampliamento della popolazione campionaria di riferimento.

Infatti, sapendo che nel bambino o nel ragazzo con DE è consapevole delle differenze di risultati tra sé e i suoi pari nella capacità di lettura, egli incomincia a provare un senso di inadeguatezza e frustrazione che, se non riconosciuto, lo accompagnerà sia nel suo percorso scolastico che nelle attività di vita quotidiana che implicano la lettura (Ryan, 2006; Haddadian et al., 2012). Questo dato di letteratura si allinea con la riferita percezione delle difficoltà e l'ansia elevata misurata dai punteggi ottenuti ai test in tutti i task (baseline: STAI-Y = 32,00; task IS: STAI-Y = 36,40, SDM = 47,870; task CO STAI-Y = 33,20, SDM = 24,766).

5.10 Conclusion

Le analisi eseguite riguardano solo una parte dei dati raccolti. Sono in fase di elaborazione i dati che riguardano le componenti fisiologiche ed elettrofisiologiche. Inoltre, ulteriori analisi sono in fase di elaborazione per quanto riguarda i test psicometrici. Questi dati serviranno a capire ulteriormente l'influenza del carico cognitivo sull'accessibilità del web da parte di persone con DE. Da queste analisi preliminari risulta come in persone con DE non vi sia una percezione differente dei due compiti da svolgere sul web, presentando punteggi elevati sia nella condizione CO che nella condizione IS. Inoltre, si osserva come già nella baseline i partecipanti abbiano un elevato punteggio al test STAI-Y che, come riportato, misura l'ansia di stato, che è concepita come un'esperienza particolare in un determinato momento di fronte ad un determinato evento, in questo caso l'esperienza sul web degli utenti di fronte a compiti da svolgere.

In prospettiva ad un proseguimento del lavoro più completo e che possa portare a delle analisi statistiche su test parametrici, è necessario ampliare la popolazione di riferimento e creare un gruppo di controllo che si confronti con i partecipanti con diagnosi di DE.

Questo permetterebbe un'analisi della differenza del *cognitive load*, sia registrato tramite dati fisiologici ed elettrofisiologici sia come dati riportati dai soggetti, e quindi la loro percezione dei compiti sul web.

Infatti, è importante riuscire a verificare se e come le persone con DE percepiscano la loro esperienza web nei confronti di una popolazione di riferimento normolettrice. Questo è in linea con le caratteristiche descritte nell'introduzione sulla DE e le abilità che sottendono l'acquisizione dei processi di lettura, che sono fondamentali per mettere in relazione la working memory con il *cognitive load*.

Capitolo 6

Esperimento 3

In questo capitolo viene descritto il terzo esperimento del presente progetto. In questa parte vengono analizzate la differenza tra *cognitive load* e *user experience* tra soggetti normolettori e con dislessia evolutiva (DE). Per questo scopo, verrà utilizzando un task di comprensione del testo. I partecipanti, divisi nei due gruppi, leggeranno la versione standard ed un gruppo la versione *enhanced*, ovvero con delle modifiche di layout effettuate in base alla letteratura di riferimento. Verranno poi confrontati i risultati emersi nelle due condizioni sperimentali.

6.1 Premessa Teorica

Avendo stabilito che la versione *enhanced* del testo posta ad una differenza significativa sia nella *user experience* che nel *cognitive load*, è interessante capire se tale differenza è significativa anche tra soggetti normolettori e con DE.

Come stabilito dalla Interagency Commission on Learning Disabilities, dal 10 al 17% della popolazione Americana soffre di dislessia, e la percentuale è la medesima nei Paesi dove la lingua principale è l'inglese (Rello and Barbosa, 2012; Bonacina et al., 2015; Cancer et al., 2015).

In Italia, la percentuale è del 3-5%, quindi leggermente inferiore essendo l'italiano una lingua definita "trasparente" (Stella, 1999; Lorusso et al., 2006; Cornoldi e Tressoldi, 2007; Cancer et al., 2015). Ad ogni modo, il dato più significativo riguarda la percentuale stabilita dall'International Dyslexia Association (IDA, 2011), ovvero il fatto che dal 15 al 20% della popolazione che utilizza il web presenta dei sintomi e dei tratti caratteristici della dislessia come la lettura lenta, imprecisione nella lettura, difficoltà nella scrittura, utilizzo di lettere scritte in maniera simile (ad es. "p" e "d"), confusione tra parole simili sia nella scrittura che nella lettura (Shaywitz et al., 2001; Craven et al., 2006; McCarthy e Swierenga, 2010; de Santana et al., 2012).

L'interesse di questo lavoro parte dal fatto che in Internet un gran numero di informazioni in Internet è presentato come testo scritto e questo rende difficile per le persone con dislessia usare in maniera ottimale le informazioni scritte in maniera standard (Rello e Barbosa, 2013) e, come appena detto, le stesse difficoltà possono essere presenti in persone normoletttrici con tratti di dislessia (IDA, 2011).

6.2 Obiettivi ed Ipotesi Sperimentali

6.2.1 Obiettivo

L'obiettivo generale del presente studio è indagare la differenza nell'esperienza cognitiva ed emotiva di accessibilità del web di persone con DE e normolettrici in un compito di comprensione da svolgere sul web in un brano presentato attraverso una modalità *enhanced*.

In particolare, l'obiettivo generale si articola in due sotto obiettivi:

- Indagare le differenze in termini di carico cognitivo nella lettura di un testo con carattere modificato (*enhanced*), che elimini l'effetto crowding, in persone con DE e normolettrici;
- Indagare le differenze in termini di *user experience* nella lettura di un testo con carattere modificato (*enhanced*), che elimini l'effetto crowding, in persone con DE e normolettrici.

6.2.2. Ipotesi

Sulla base degli obiettivi formulati si prevedono le seguenti ipotesi:

- H1: si ipotizza di trovare una differenza nel carico cognitivo tra i partecipanti normolettori e con DE, che hanno letto la versione standard del testo e i partecipanti che hanno letto la versione *enhanced*;
- H2: si ipotizza di trovare nella *user experience* tra i partecipanti normolettori e con DE, che hanno letto la versione standard del testo e i partecipanti che hanno letto la versione *enhanced*.

6.3 Metodologia

6.3.1 Partecipanti

Il campione è composto da un gruppo di partecipanti con diagnosi di dislessia evolutiva; la diagnosi di dislessia dovrà essere rilasciata da specialisti esperti in linea con le indicazioni della Consensus Conference, del Panel di Aggiornamento e Revisione della Consensus Conference e dell'Istituto Superiore di Sanità.

6.3.2 Criteri di inclusione

I criteri di inclusione dello studio sono stati: (1) età compresa tra 18 e 35 anni; (2) assenza di disturbi medici (malattie cardiache o ipertensione pressoria, disturbi neurologici, epilessia); (3) nessuna presenza di farmacoterapia che potrebbe interferire con i dati misurati (psicofarmaci, anti-ipertensivi, anti-depressivi); (4) nessun danno visivo significativo (tutti con normale acuità visiva o corretta alla normalità); (5) mano destra dominante; (6) certificazione di dislessia evolutiva, per metà del campione. L' idoneità dei partecipanti è stata verificata attraverso un questionario self-report sulla storia medica. Prima di partecipare allo studio, ogni partecipante è stato informato dallo sperimentatore sulle caratteristiche della ricerca, sia verbalmente che attraverso un foglio informativo. È stata richiesta al paziente la firma per il consenso informato. La partecipazione alla sperimentazione è avvenuta in seguito all'adesione volontaria dei soggetti.

6.4 Misure

Allo scopo di studiare l'esperienza Web degli utenti, nello studio è stato utilizzato un approccio multilivello (basato sull'utilizzo di misurazioni differenti e diversi task sul web).

Nello specifico sono stati raccolti dati anamnestici e di conoscenza del web; dati neuropsicologici, dati psicometrici, dati psicofisiologici. Di seguito sono elencate le strumentazioni per ogni sottocategoria indagata.

6.4.1 *Dati anamnestici e di conoscenza del web*

Queste informazioni sono state raccolte tramite appositi questionari costruiti ad hoc per l'esperimento e sono stati trattati come dati di carattere conoscitivo dei soggetti partecipanti.

6.4.2 *Assessment neuropsicologico*

Per misurare l'attenzione dei partecipanti e verificare che non vi erano problemi significativi a livello neuropsicologico, sono stati utilizzati i seguenti test, selezionati dall'esame neuropsicologico breve (ENB, Mondini et al., 2003):

- Digit Span, per valutare la memoria a breve termine (ENB; Mondini et al., 2003);
- Trial making test A, per misurare la memoria visuospatiale, l'attenzione selettiva e la velocità psicomotoria (ENB; Mondini et al., 2003);
- Trial making test B, per misurare l'attenzione selettiva divisa e alternate (ENB; Mondini et al., 2003).

6.4.3 *Assessment psicometrico*

Al fine di misurare indici soggettivi circa l'esperienza Web e il coinvolgimento emotivo dei partecipanti, saranno somministrati i seguenti questionari self-report:

- *Ansia Percepita*
 - *State-Trait Anxiety Inventory Form (STAI-Y)*: per misurare l'ansia, sia di stato che di tratto. In particolare, l'ansia di stato è concepita come esperienza particolare in un determinato momento di fronte ad un determinato evento; l'ansia di tratto consiste nella tendenza a percepire le situazioni stressanti come pericolose e minacciose (Spielberger et al., 1970);
 - *Visual Analogue Scale for Anxiety (VAS-A)*: utilizzata per misurare l'intensità delle emozioni di disgusto, felicità, rabbia, paura, sorpresa, tristezza (Hornblow e Kidson, 1976).

- *Web Experience*
 - *Net Promoter Score (NPS)*: misura la soddisfazione degli utenti per un determinato servizio e la loro fedeltà chiedendo quanto consigliano di provare il prodotto ad un amico o collega (nel nostro caso il sito) (Reichheld, 2006);
 - *System Usability Scale (SUS)*: valuta la *user experience* di prodotti interattivi. Il formato del questionario aiuta gli utenti a esprimere immediatamente sentimenti, impressioni e atteggiamenti che emergono durante un'interazione. Le scale del questionario misurano sia gli aspetti di usabilità (efficienza, chiarezza, affidabilità) che di user experience (originalità, stimolazione) (Sauro, 2011).

- *Web Design Questionnaire*: questionario costruito *ad hoc* per analizzare le opinioni degli utenti in relazione al design del sito Web visitato.
- *Cognitive Load*
 - *Subjective Difficulty Measure* (SDM): questionario *ad hoc* per la difficoltà percepita, costruito sulla base delle scale VAS;
 - Questionario per verificare la comprensione del testo nel compito di comprensione del brano;
 - Tempo Impiegato per la lettura del brano.

6.4.4 *Assessment Psicofisiologico*

I seguenti dati sono stati registrati all'inizio e durante le sessioni sperimentali:

- Frequenza cardiaca (Heart Rate, HR)
- Conduttanza Cutanea (skin conductance response, SCR)

Questi parametri sono stati rilevati tramite apposita apparecchiatura di rilevazione di segnali fisiologici e programma di conversione degli stessi Biograph Infinity. I dati raccolti sono ancora in fase di analisi.

6.5 Stimoli e Compiti

Lo stimolo principale è *un brano*: ai partecipanti sarà chiesto di leggere un articolo selezionato da un quotidiano online tra i più diffusi in

Italia (lanazione.it) e in seguito di rispondere ad alcune domande circa la comprensione del contenuto;

Lo stimolo è composto da un articolo di giornale on-line selezionato nel sito lanazione.it. L'articolo parla dell'alluvione a Firenze nel 1966.

È stato scelto un articolo su un evento storico in quanto non è influenzato dal passare del tempo e può essere considerato ancora rilevante, in linea con quanto è stato detto in altri test di lettura e comprensione (Judica, 2005; Cornoldi et al., 2010). La scelta di proporre un brano di lettura all'interno di un sito web si basa sulla letteratura esistente che utilizza le prove di lettura e comprensione su web, accompagnate sempre da un questionario per la verifica della comprensione del testo letto, come task per valutare il *cognitive load* degli utenti (Iqbal et al., 2004; Liu et al. 2011; Scharinger et al., 2015). In seguito alla lettura del brano che verrà indicato dallo sperimentatore, i partecipanti risponderanno al questionario di 5 domande, costruito sulla base della classificazione di altri test di lettura e comprensione e di guide per la comprensione (De Beni et al., 2003; Judica, 2005; Cornoldi et al., 2010).

L'articolo verrà proposto in versione *enhanced*, ovvero modificata affinché venga annullato l'effetto crowding.

Il compito consiste nella lettura e nella comprensione del brano proposto.

6.6 Disegno dello studio

Il disegno dello studio è un disegno entro i soggetti 1X2 (gruppo x pre-test x post-test):

- Task (testo standard vs. testo *enhanced*) come fattore1 entro soggetti.

6.7 Procedura

Prima di iniziare l'esperimento, a ciascun partecipante è stata fornita una spiegazione dettagliata sullo studio ed è stato invitato a dare il consenso scritto per la sua partecipazione allo studio. In seguito, è stata somministrata la batteria neuropsicologica, per verificare i livelli di attenzione di ogni singolo partecipante.

All'inizio della sessione sperimentale, i partecipanti sono stati fatti accomodare davanti ad un monitor di un computer, la distanza era di circa 0,75 metri.

I segnali psicofisiologici sono stati registrati per tutti i compiti, compresa una fase iniziale di tre minuti registrata come baseline per il confronto pre-post compito.

Inizialmente è stata somministrata anche la STAI-Y1, questionario di ansia di tratto come riferimento per la STAI-Y2, ovvero il questionario di ansia di stato che è stato somministrato per ogni task.

Al fine di misurare le variazioni psicologiche che si verificano durante le diverse condizioni, i partecipanti hanno risposto ai seguenti questionari self-report: STAI-Y2 e VAS-A, immediatamente prima e dopo ogni condizione sperimentale. I partecipanti hanno compilato anche i questionari self-report: Sistem Usability Scalle (SUS), Net Promoter Score (NPS) e il questionario *ad hoc* sul web design, per valutare il livello di presenza, la difficoltà percepita e la *web experience*.

Al termine di ogni compito, i partecipanti hanno risposto al questionario sulla comprensione del testo letto ed è stato calcolato il tempo impiegato per la lettura del brano, come misure di riferimento del *cognitive load*.

6.8 Analisi dei dati

Sono state condotte analisi statistiche attraverso l'utilizzo del *software IBM SPSS Statistics 25* per test parametrici, scelti in base al campione di riferimento.

Le prime analisi statistiche sul campione riguardano i dati psicometrici, mentre i dati fisiologici sono ancora in fase di elaborazione.

I confronti sono avvenuti tra i due gruppi di soggetti per verificare se tra la lettura del testo standard e del testo enhanced ci sono delle differenze statisticamente significative nel *cognitive load*, nella *web experience* e nell'ansia percepita. Dalle prime analisi sono emerse diverse significatività.

In particolare, le variabili sono state analizzate come riportato in tabella 6:

VARIABILE DIPENDENTE	VARIABILI DIPENDENTI	MISURE
<i>CONDIZIONE</i> (Gruppo 1: Normolettori; Gruppo 2: lettori con DE)	<i>Cognitive Load</i>	- Subjective Difficulty Measure (SDM) - Questionario di Comprensione del Testo - Tempo Impiegato per leggere il testo
	<i>Web Experience</i>	- Net Promoter Score (NPS) - Sistem Usability Scale (SUS) - Web Design Questionnaire

	Asia Percepita	- STAI-Y Stato - VAS-Ansia
--	----------------	-------------------------------

Tabella 7: Rappresentazione delle Variabili analizzate con i relativi test corrispondenti per l'esperimento 2

Le analisi statistiche sulla variabile *Cognitive Load* presentano diverse significatività. Nello specifico, riporta una significatività nelle risposte al questionario di comprensione del task CO (F: 4,463; sig.: .041). La media delle risposte date nella condizione PC è 4,75; la media della condizione Smartphone è 4,57. Quindi nella condizione PC i partecipanti danno più risposte corrette rispetto alla condizione smartphone.

Le analisi statistiche per la variabile *Web Experience* che sono risultate significative riguardano il questionario SUS e il *Web Design Questionnaire*. In particolare, nel *Web Design Questionnaire* risulta significativa la domanda 2 (“Ho trovato i colori piacevoli”) nel task CO (F: 5,678; sig.: .022); la media delle risposte per la condizione PC è 4,55 e la media per la condizione smartphone è 5,14. Quindi i colori dello schermo risultano più piacevoli nella condizione smartphone, durante la lettura di un brano.

Per il SUS risulta una significatività nella domanda 10 (“Ho avuto bisogno di imparare molti processi prima di riuscire”) nel task IS (F: 5,903; sign.: .020) e la media delle risposte nella condizione PC è 1,38 mentre nella condizione smartphone è 1,80. Quindi, ricercare le informazioni richieste può essere più complicato nella condizione smartphone che in quella PC.

Non ci sono dati statisticamente significativi per quanto riguarda la variabile ansia percepita.

Ulteriori analisi statistiche su dati psicometrici sono attualmente in corso per verificare se ci sono differenze significative tra i due task (CO-IS) nelle variabili prese in considerazione.

6.9 Discussione dei risultati

Come si evince dalle analisi, i partecipanti con DE non presentano risultati statisticamente significativi nei test. Questo è in linea con la letteratura in quanto le persone con diagnosi di DE hanno livelli di stress e ansia percepita sin dall'inizio di un compito (Carroll et al., 2006; Ryan, 2006; Haddadian et al., 2012; Cerea et al., 2015). Dalle analisi statistiche, ad una prima osservazione, i risultati presentano punteggi elevati. Si può però notare che il compito IS ha un punteggio superiore (STAI-Y = 36,40; SDM = 47,870) rispetto sia alla baseline (STAI-Y = 32,00) che al compito CO (STAI-Y = 33,20; SDM = 24,766). Il fatto che il dato non sia significativo a livello statistico può dipendere dalla bassa numerosità del campione. Questo dato va verificato, successivamente, con un ampliamento della popolazione campionaria di riferimento.

Infatti, sapendo che nel bambino o nel ragazzo con DE è consapevole delle differenze di risultati tra sé e i suoi pari nella capacità di lettura, egli incomincia a provare un senso di inadeguatezza e frustrazione che, se non riconosciuto, lo accompagnerà sia nel suo percorso scolastico che nelle attività di vita quotidiana che implicano la lettura (Ryan, 2006; Haddadian et al., 2012). Questo dato di letteratura si allinea con la riferita percezione delle difficoltà e l'ansia elevata misurata dai punteggi ottenuti ai test in tutti i task (baseline: STAI-Y = 32,00; task IS: STAI-Y = 36,40, SDM = 47,870; task CO STAI-Y = 33,20, SDM = 24,766).

6.10 Conclusion

Le analisi eseguite riguardano solo una parte dei dati raccolti. Sono in fase di elaborazione i dati che riguardano le componenti fisiologiche ed elettrofisiologiche. Inoltre, ulteriori analisi sono in fase di elaborazione per quanto riguarda i test psicometrici. Questi dati serviranno a capire ulteriormente l'influenza del carico cognitivo sull'accessibilità del web da parte di persone con DE. Da queste analisi preliminari risulta come in persone con DE non vi sia una percezione differente dei due compiti da svolgere sul web, presentando punteggi elevati sia nella condizione CO che nella condizione IS. Inoltre, si osserva come già nella baseline i partecipanti abbiano un elevato punteggio al test STAI-Y che, come riportato, misura l'ansia di stato, che è concepita come un'esperienza particolare in un determinato momento di fronte ad un determinato evento, in questo caso l'esperienza sul web degli utenti di fronte a compiti da svolgere.

In prospettiva ad un proseguimento del lavoro più completo e che possa portare a delle analisi statistiche su test parametrici, è necessario ampliare la popolazione di riferimento e creare un gruppo di controllo che si confronti con i partecipanti con diagnosi di DE.

Questo permetterebbe un'analisi della differenza del *cognitive load*, sia registrato tramite dati fisiologici ed elettrofisiologici sia come dati riportati dai soggetti, e quindi la loro percezione dei compiti sul web.

Infatti, è importante riuscire a verificare se e come le persone con DE percepiscano la loro esperienza web nei confronti di una popolazione di riferimento normolettrice. Questo è in linea con le caratteristiche descritte nell'introduzione sulla DE e le abilità che sottendono l'acquisizione dei processi di lettura, che sono fondamentali per mettere in relazione la working memory con il *cognitive load*.

Conclusioni

Come riportato nell'introduzione, capire i meccanismi che sottendono la user experience nella navigazione web è un campo molto complesso e vasto. Per quanto emerso, sicuramente si evince come il *cognitive load* sia legato alla percezione della difficoltà dei compiti. Inoltre, la user experience varia da soggetto a soggetto e questo dato andrebbe approfondito in quanto porta alla considerazione che la costruzione di un web più accessibile, non solo a persone con diagnosi specifiche ma anche a persone normolettrici, significa un web che si modifica, facilmente, sulla base delle esigenze dei singoli fruitori.

Dato importante emerso durante la fase di elaborazione della letteratura riguarda il fatto che diversi studi si sono focalizzati sulla misurazione del *cognitive load* da parte dell'utente e la sua relazione con la memoria di lavoro (working memory, WM). La teoria del cognitive load parte dal principio che durante il processamento di un'informazione o l'esecuzione di un compito intervengono processi cognitivi strettamente collegati alla memoria (Chandler e Sweller, 1991; Kayluga, Chandler, e Sweller, 1999; Moreno & Mayer, 2000). L'apprendimento è inteso all'interno di questa cornice teorica come un sistema di elaborazione delle informazioni che coinvolge la memoria a lungo termine e la memoria di lavoro (Cooper, 1998). Il *cognitive load* è un processo fortemente connesso soprattutto con la memoria di lavoro (WM), in quanto descrive la relazione tra la capacità della memoria di lavoro (WM) e le esigenze del carico cognitivo richieste da una particolare attività (Anderson et al., 2011; van Merriënboer e Sweller, 2005). La WM è definita come il processo ritenuto responsabile per il recupero, la manipolazione e l'elaborazione di informazioni che ha importanza funzionale ad una varietà di attività cognitive compreso l'apprendimento, il ragionamento, e la comprensione e si registra soprattutto con l'attività della

zona prefrontale del cervello (Anderson et al., 2011; Braver et al., 1997; Choen et al., 1997), in particolare nella corteccia prefrontale (Rowe et al., 2000) e nella corteccia cingolata anteriore, che è una componente importante della rete anteriore attentiva, fondamentale per la realizzazione di compiti cognitivi complessi (Posner e Peterson, 1990; Posner e Rothbart, 1998). Anche le zone occipitali e parietali vengono coinvolte nei processi di *cognitive load* (Gevins et al., 1998; Scharinger et al., 2015; Shovon et al., 2015). Va sottolineato che la WM ha una capacità limitata e un carico cognitivo elevato può ostacolare l'apprendimento di nuove informazioni (Chandler e Sweller, 1991).

Sulla base dei riferimenti teorici fondamentali per la DE, è noto che la memoria di lavoro è fortemente compromessa in pazienti con DE (Berninger et al., 2006; Smith-Spark e Fisk, 2007; Cornoldi et al., 2010; Sadollahi et al., 2016), per questo motivo si ipotizza che vi sia una minor attivazione della zona prefrontale e frontale in questi soggetti. Alcuni studi (Gwizdka et al., 2010; Smart, 2010) hanno sottolineato come il web richieda un carico cognitivo non indifferente e, quindi, spesso si ha a che fare con un abbassamento dello stesso, ovvero un innalzamento del *cognitive load* (DeVaul et al., 2005; DeStefano e LeFevre, 2007). Questo ci porta al punto fondamentale trattato in questo lavoro: studiare l'accessibilità del web da parte di utenti con DE, tema rilevante in quanto le persone con DE sono un gruppo relativamente grande di utenti, dal momento che la DE è universale e frequente. Inoltre, questo tipo di pratiche di accessibilità non sono utili solo per persone con DE, ma anche per tutti gli utenti

Nonostante l'interesse e la necessità di approfondire questa tematica, i lavori a riguardo sono poco numerosi (McCarthy e Swierenga, 2010). Molti studi hanno analizzato le difficoltà di accesso al web in pazienti con disabilità cognitive o visive (Takagi et al., 2004; Ramayah, 2012) o disabilità fisiche (Steriadis et al., 2003; Spalteholz et al., 2007; Gajos et al., 2008; Pérez et

al., 2014). Questo studio ha voluto, invece, mettere le basi per la ricerca di quelle che sono le difficoltà di persone con problemi di lettura.

Questi costrutti sono stati la base fondamentale di questo lavoro, hanno guidato e stanno guidando il proseguo di questo progetto, inserito in una più ampia sperimentazione.

I limiti che il lavoro presenta riguardano in primis la scarsa numerosità del campione di riferimento con diagnosi di DE. Inoltre, sarebbe auspicabile riuscire ad intrecciare i dati raccolti sia nelle persone senza che con DE. In questo modo sarebbe possibile affrontare meglio la questione del carico cognitivo e della difficoltà percepita dagli utenti web. Questo dato andrebbe rafforzato anche con un'analisi comparata tra quelli che sono i dati raccolti tramite i questionari e i dati raccolti con le tecniche fisiologiche e neurofisiologiche. Le differenti misurazioni possono portare ad una definizione più completa del *cognitive load*, se elaborate congiuntamente in maniera corretta.

Bibliografia

- Abdulkader, S. N., Atia, A., & Mostafa, M. S. M. (2015). Brain computer interfacing: Applications and challenges. *Egyptian Informatics Journal*, 16(2), 213-230.
- Aitken, R. C. (1969). A Growing Edge of Measurement of Feelings [Abridged] Measurement of Feelings Using Visual Analogue Scales.
- Al-Wabil, A., Zaphiris, P., & Wilson, S. (2007). Web navigation for individuals with dyslexia: an exploratory study. In *Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity* (pp. 593-602). Springer Berlin Heidelberg.
- Anderson, E. W., Potter, K. C., Matzen, L. E., Shepherd, J. F., Preston, G. A., & Silva, C. T. (2011, June). A user study of visualization effectiveness using EEG and cognitive load. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 30, No. 3, pp. 791-800). Blackwell Publishing Ltd.
- Aricò, P., Borghini, G., Di Flumeri, G., Colosimo, A., Pozzi, S., & Babiloni, F. (2016). A passive brain-computer interface application for the mental workload assessment on professional air traffic controllers during realistic air traffic control tasks. In *Progress in brain research* (Vol. 228, pp. 295-328). Elsevier.
- Bar-Kochva, I., & Hasselhorn, M. (2015). In search of methods enhancing fluency in reading: An examination of the relations between time constraints and processes of reading in readers of German. *Journal of experimental child psychology*, 140, 140-157.

- Bakker, M., & Wicherts, J. M. (2011). The (mis) reporting of statistical results in psychology journals. *Behavior research methods*, 43(3), 666-678.
- Berget, G., Mulvey, F., & Sandnes, F. E. (2016). Is visual content in textual search interfaces beneficial to dyslexic users?. *International Journal of Human-Computer Studies*, 92, 17-29.
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E., & Noll, D. C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, 5(1), 49-62.
- Breznitz, Z. (2006). *Fluency in reading: Synchronization of processes*. Routledge.
- Breznitz, Z. (2008). The origin of dyslexia: The asynchrony phenomenon. *The SAGE Handbook of Dyslexia*. London: SAGE Publication Ltd, 11-29.
- Brumberg, J. S., Nieto-Castanon, A., Kennedy, P. R., & Guenther, F. H. (2010). Brain-computer interfaces for speech communication. *Speech communication*, 52(4), 367-379.
- Brünken, R., Steinbacher, S., Plass, J. L., & Leutner, D. (2002). Assessment of cognitive load in multimedia learning using dual-task methodology. *Experimental psychology*, 49(2), 109.

- Brunken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist, 38*(1), 53-61.
- Card, S. K., Newell, A., & Moran, T. P. (1983). The psychology of human-computer interaction.
- Cegarra, J., & Chevalier, A. (2008). The use of Tholos software for combining measures of mental workload: Toward theoretical and methodological improvements. *Behavior Research Methods, 40*(4), 988-1000.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and instruction, 8*(4), 293-332.
- Chen, Y. H., Germain, C. A., & Yang, H. (2009). An exploration into the practices of library web usability in ARL academic libraries. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 60*(5), 953-968.
- Chen, C. J., Keong, M. W. Y., Teh, C. S., & Chuah, K. M. (2015). Web text reading: what satisfy both dyslexic and normal learners?. *Journal of Computers in Education, 1-12*.
- Chevalier, A., & Kicka, M. (2006). Web designers and web users: Influence of the ergonomic quality of the web site on the information search. *International Journal of Human-Computer Studies, 64*(10), 1031-1048.

- Cohen, J. D., Perlstein, W. M., Braver, T. S., Nystrom, L. E., Noll, D. C., Jonides, J., & Smith, E. E. (1997). Temporal dynamics of brain activation during a working memory task.
- Cooper, G. (1998). Research into cognitive load theory and instructional design at UNSW.
- Cornelissen, P., Bradley, L., Fowler, S., & Stein, J. (1991). What children see affects how they read. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 33(9), 755-762.
- Cornoldi, C., Tressoldi, P. E., & Perini, N. (2010). Valutare la rapidità e la correttezza della lettura di brani. nuove norme e alcune chiarificazioni per l'uso delle prove mt. *Dislessia*, 7, 89-100.
- Cruz, F. (2018, March). Accessibility in Online Learning: Connecting Universal Design for Learning and Paivio's Dual Coding Theory. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 2156-2163). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- De Beni, R., Vocetti, C., & Cornoldi, C. (2003). *Nuova guida alla comprensione del testo* (Vol. 4). Edizioni Erickson.
- De Avelar, L. O., Rezende, G. C., & Freire, A. P. (2015). WebHelpDyslexia: a browser extension to adapt web content for people with dyslexia. *Procedia Computer Science*, 67, 150-159.

- Dennis, S., McArthur, R., & Bruza, P. D. (1998). Searching the World Wide Web made easy? the cognitive load imposed by query refinement mechanisms. *Proceedings of ADCS'98*, 518, 65-71.
- De Santana, V. F., de Oliveira, R., Almeida, L. D. A., & Ito, M. (2013, May). Firefoxia: An accessibility web browser customization toolbar for people with dyslexia. In *Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility* (p. 16). ACM.
- De Stefano, D., & LeFevre, J. A. (2007). Cognitive load in hypertext reading: A review. *Computers in human behavior*, 23(3), 1616-1641.
- Di Stasi, L. L., Antolí, A., Gea, M., & Cañas, J. J. (2011). A neuroergonomic approach to evaluating mental workload in hypermedia interactions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(3), 298-304.
- Fletcher, J. M. (2009). Dyslexia: The evolution of a scientific concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(4), 501.
- Freeman, W. J. (2002). Making sense of brain waves: the most baffling frontier in neuroscience. In *Biocomputing* (pp. 1-23). Springer, Boston, MA.
- Freire, A. P., Petrie, H., & Power, C. D. (2011). Empirical results from an evaluation of the accessibility of websites by dyslexic users. In *Proceedings of the Workshop on Accessible Design in the Digital World* (pp. 41-53). York.

- Fourney, A., Ringel Morris, M., Ali, A., & Vonessen, L. (2018, June). Assessing the readability of web search results for searchers with dyslexia. In *The 41st International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval* (pp. 1069-1072). ACM.
- Gerjets, P., Walter, C., Rosenstiel, W., Bogdan, M., & Zander, T. O. (2015). Cognitive state monitoring and the design of adaptive instruction in digital environments: lessons learned from cognitive workload assessment using a passive brain-computer interface approach. *Using Neurophysiological Signals that Reflect Cognitive or Affective State*, 20.
- Gevins, A., Smith, M. E., Leong, H., McEvoy, L., Whitfield, S., Du, R., & Rush, G. (1998). Monitoring working memory load during computer-based tasks with EEG pattern recognition methods. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(1), 79-91.
- Gwizdka, J. (2010). Distribution of cognitive load in web search. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(11), 2167-2187.
- Gwizdka, J. (2009). Assessing cognitive load on web search tasks. *arXiv preprint arXiv:1001.1685*.
- Gwizdka, J. (2008). Cognitive load on web search tasks.
- Haynes, A. S. (2019). Establishing Considerations for Universal Design for Learning and Accessibility in Online Courses. In *Handbook of*

Research on Challenges and Opportunities in Launching a Technology-Driven International University (pp. 69-90). IGI Global.

Hornblow, A. R., & Kidson, M. A. (1976). The visual analogue scale for anxiety: a validation study. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 10(4), 339-341.

Iqbal, S. T., Zheng, X. S., & Bailey, B. P. (2004, April). Task-evoked pupillary response to mental workload in human-computer interaction. In *CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 1477-1480). ACM.

Iwarsson, S., & Ståhl, A. (2003). Accessibility, usability and universal design—positioning and definition of concepts describing person-environment relationships. *Disability and rehabilitation*, 25(2), 57-66.

John, B. E., & Kieras, D. E. (1996). Using GOMS for user interface design and evaluation: Which technique?. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 3(4), 287-319.

Judica, A. (2005). Prova di velocità di lettura brani per la scuola media superiore.

Kalsbeek, J. W. H., & Sykes, R. N. (1967). Objective measurement of mental load. *Acta Psychologica*, 27, 253-261.

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied cognitive psychology*, 13(4), 351-371.

- Kanvinde, G., Rello, L., & Baeza-Yates, R. (2012, October). IDEAL: a dyslexic-friendly ebook reader. In *Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (pp. 205-206). ACM.
- Kim, Y. M., & Rieh, S. Y. (2005). Dual-task performance as a measure for mental effort. In *Library Searching and Web Searching. Proceedings of the 68th Annual Meeting of the American Society for Information Science and Technology*.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain research reviews*, 29(2-3), 169-195.
- Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences*, 16(12), 606-617.
- Kous, K., & Polančič, G. (2019). Empirical Insights of Individual Website Adjustments for People with Dyslexia. *Sensors*, 19(10), 2235.
- Kuhn, M. R., & Stahl, S. A. (2003). Fluency: A review of developmental and remedial practices. *Journal of educational psychology*, 95(1), 3.
- Kumar, N., & Kumar, J. (2016). Measurement of cognitive load in HCI systems using EEG power spectrum: an experimental study. *Procedia Computer Science*, 84, 70-78.

- Kurniawan, S., & Conroy, G. Comparing Comprhension Speeds and Accuracy of Online Information in Students with and without Dyslexia.
- Kurt, S. (2012). Issues to consider in designing WebQuests: A literature review. *Computers in the Schools*, 29(3), 300-314.
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008, November). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In *Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group* (pp. 63-76). Springer Berlin Heidelberg.
- Lavie, T., & Tractinsky, N. (2004). Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. *International journal of human-computer studies*, 60(3), 269-298.
- Lee, K. M., & Gilmore, D. F. (2006). Statistical experimental design for bioprocess modeling and optimization analysis. *Applied biochemistry and biotechnology*, 135(2), 101-115.
- Lelievre, Y., Washizawa, Y., & Rutkowski, T. M. (2013, October). Single trial BCI classification accuracy improvement for the novel virtual sound movement-based spatial auditory paradigm. In Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA), 2013 Asia-Pacific (pp. 1-6). IEEE.
- Liu, H. C., Lai, M. L., & Chuang, H. H. (2011). Using eye-tracking technology to investigate the redundant effect of multimedia web pages on viewers' cognitive processes. *Computers in human behavior*, 27(6), 2410-2417.

- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of dyslexia*, 53(1), 1-14.
- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9(4), 14.
- Menghini, D., Finzi, A., Carlesimo, G. A., & Vicari, S. (2011). Working memory impairment in children with developmental dyslexia: is it just a phonological deficiency?. *Developmental neuropsychology*, 36(2), 199-213.
- Meyer, M. S., & Felton, R. H. (1999). Repeated reading to enhance fluency: Old approaches and new directions. *Annals of dyslexia*, 49(1), 283-306.
- Mondini, S., Mapelli, D., Vestri, A., & Bisiacchi, P. S. (2003). Esame neuropsicologico breve. *Milano: Raffaello Cortina Editore*, 160.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). A learner-centered approach to multimedia explanations: Deriving instructional design principles from cognitive theory. *Interactive multimedia electronic journal of computer-enhanced learning*, 2(2), 12-20.
- O'Brien, B. A., Mansfield, J. S., & Legge, G. E. (2005). The effect of print size on reading speed in dyslexia. *Journal of Research in Reading*, 28(3), 332-349.
- Polson, P. G., Lewis, C., Rieman, J., & Wharton, C. (1992). Cognitive walkthroughs: a method for theory-based evaluation of user

interfaces. *International Journal of man-machine studies*, 36(5), 741-773.

Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience*, 13(1), 25-42.

Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (1998). Attention, self-regulation and consciousness. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 353(1377), 1915-1927.

Rao, R. P., & Scherer, R. (2010). Brain-computer interfacing in the spotlight. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 27(4), 152-150.

Reichheld, F. (2006). The ultimate question. *Harvard Business School Press, Boston, MA*.

Rello, L. (2012). Dyswebxia: a model to improve accessibility of the textual web for dyslexic users. *ACM sigaccess accessibility and computing*, (102), 41-44.

Rello, L. (2015). Dyslexia and web accessibility: synergies and challenges. In *Proceedings of the 12th Web for All Conference* (p. 9). ACM.

Rello, L., & Baeza-Yates, R. (2013). Good fonts for dyslexia. In *Proceedings of the 15th international ACM SIGACCESS conference on computers and accessibility* (p. 14). ACM.

Rello, L., & Barbosa, S. D. (2013). Do People with Dyslexia Need Special Reading Software?. In *Workshop on Rethinking Universal*

Accessibility: A broader approach considering the digital gap, Cape Town, South Africa.

- Rello, L., Kanvinde, G., & Baeza-Yates, R. (2012). Layout guidelines for web text and a web service to improve accessibility for dyslexics. In *Proceedings of the international cross-disciplinary conference on web accessibility* (p. 36). ACM.
- Rauschenberger M., Baeza-Yates R., Rello L. (2019) Technologies for Dyslexia. In: Yesilada Y., Harper S. (eds) Web Accessibility. Human-Computer Interaction Series. Springer, London
- Rigutti, S., Fantoni, C., & Gerbino, W. (2015). Web party effect: a cocktail party effect in the web environment. *PeerJ*, 3, e828.
- Roberts, G., Torgesen, J. K., Boardman, A., & Scammacca, N. (2008). Evidence-Based Strategies for Reading Instruction of Older Students with Learning Disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 23(2), 63-69.
- Rosen, D. E., & Purinton, E. (2004). Website design: Viewing the web as a cognitive landscape. *Journal of Business Research*, 57(7), 787-794.
- Roy, R. N., Bonnet, S., Charbonnier, S., & Campagne, A. (2013, July). Mental fatigue and working memory load estimation: interaction and implications for EEG-based passive BCI. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 6607-6610). IEEE.

- Rowe, J. B., Toni, I., Josephs, O., Frackowiak, R. S., & Passingham, R. E. (2000). The prefrontal cortex: response selection or maintenance within working memory?. *Science*, 288(5471), 1656-1660.
- Sauro, J. (2011). A practical guide to the system usability scale (SUS). *Measurement Usability*, 1-152.
- Seeman L., Lewis C. (2019) Cognitive and Learning Disabilities. In: Yesilada Y., Harper S. (eds) Web Accessibility. Human-Computer Interaction Series. Springer, London
- Scharinger, C., Kammerer, Y., & Gerjets, P. (2015). Pupil dilation and EEG alpha frequency band power reveal load on executive functions for link-selection processes during text reading. *PloS one*, 10(6), e0130608.
- Shovon, M. H. I., Nandagopal, D. N., Du, J. T., Vijayalakshmi, R., & Cocks, B. (2015, August). Cognitive Activity during Web Search. In *Proceedings of the 38th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* (pp. 967-970). ACM.
- Smart, P. (2010). Cognition and the Web. *Network-Enabled Cognition: The Contribution of Social and Technological Networks to Human Cognition*.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R. E., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1970). STAI manual for the state-trait anxiety inventory. Palo Alto.

- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review, 10*(3), 251-296.
- Swierenga, S., Porter, J. E., Ghosh, S., & McCarthy, J. E. (2008, May). Dyslexia and website design: The importance of user-based testing. In *Fourth International Congress of Qualitative Inquiry., Urbana-Champaign, IL.*
- Tan, G. W., & Wei, K. K. (2006). An empirical study of Web browsing behaviour: Towards an effective Website design. *Electronic Commerce Research and Applications, 5*(4), 261-271.
- Teo, L., & John, B. E. (2008, April). Cogtool-explorer: towards a tool for predicting user interaction. In *CHI'08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2793-2798). ACM.
- Thaler, V., Ebner, E. M., Wimmer, H., & Landerl, K. (2004). Training reading fluency in dysfluent readers with high reading accuracy: Word specific effects but low transfer to untrained words. *Annals of dyslexia, 54*(1), 89-113.
- Thovtrup, H., & Nielsen, J. (1991, April). Assessing the usability of a user interface standard. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 335-341). ACM.
- Tombros, A., Ruthven, I., & Jose, J. M. (2005). How users assess web pages for information seeking. *Journal of the American society for Information Science and Technology, 56*(4), 327-344.

- Tunmer, W., & Greaney, K. (2010). Defining dyslexia. *Journal of Learning Disabilities, 43*(3), 229-243.
- Tungare, M., & Pérez-Quñones, M. A. (2009, April). Mental workload in multi-device personal information management. In *CHI'09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3431-3436). ACM.
- Tzafilkou, K., & Protogeris, N. (2017). Diagnosing user perception and acceptance using eye tracking in web-based end-user development. *Computers in Human Behavior, 72*, 23-37.
- Van Merriënboer, J. J., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review, 17*(2), 147-17
- Van Erp, J. B., Lotte, F., & Tangermann, M. (2012). Brain-computer interfaces: beyond medical applications. *Computer, 44*(1), 26-34.
- Wang, W., Degenhart, A. D., Sudre, G. P., Pomerleau, D., & Tyler-Kabara, E. C. (2011). Decoding semantic information from human electrocorticographic (ECoG) signals. In *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE* (pp. 6294-6298). IEEE.
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 3*(2), 159-177.
- Wolf, M., & Katzir-Cohen, T. (2001). Reading fluency and its intervention. *Scientific Studies of Reading, 5*(3), 211-239.

Zarach, V. (2002). Ten guidelines for improving accessibility for people with dyslexia. *CETIS University of Wales Bangor*. Retrieved July 15, 2014 from:
http://wiki.cetis.ac.uk/Ten_Guidelines_for_Improving_Accessibility_for_People_with_Dyslexia

Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M., ... & Ziegler, J. C. (2012). Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(28), 11455-11459.

Ringraziamenti

Innanzitutto vorrei ringraziare la professoressa Fabrizia Mantovani per avermi concesso del “tempo”, sempre e in tutte le occasioni, affinché io potessi arrivare agli obiettivi che ci siamo poste. Grazie Fabry, la tua pazienza mi ha portato alla realizzazione di un lavoro che non credevo possibile! Il tempo è davvero un bene prezioso.

Ringrazio Laura Formenti, coordinatrice del dottorato, e Ilaria Grazzani, la vostra presenza si è sempre percepita e questo ci ha aiutato a sentirci parte

Un grazie di cuore va ad Andrea Mangiatordi, guida in questo ampio mondo accademico, mi hai supportato e sopportato direi! Continui a farlo e di questo te ne sono immensamente grata. Ringrazio di averti incontrato sul mio percorso professionale.

Grazie a Ilaria, collega e amica preziosa! Averti seduta al mio fianco ha reso le giornate molto più piacevoli!

E grazie al gruppo cescom, ai docenti del dottorato e del dipartimento, al personale Bicocca, alle risate e ai momenti no!

Il grazie più grande va alla mia famiglia.

La mia famiglia di origine, Mamma, Papà, Gian Paolo e Stefano. Voi che credete in me da sempre, dandomi lo slancio per arrivare fin qui, in questa ultima impresa! Sognavo un dottorato dai tempi delle superiori e voi mi avete spinto fin lì!

La mia famiglia di ora: Francesco e Alessandra Maria Amelia. Quando penso a voi il cuore mi si riempie di orgoglio per l'amore che abbiamo.

Francy, compagno di questo magnifico percorso che si chiama vita. Con te tutto ha avuto inizio. E anche questo dottorato è iniziato grazie a te, che mi hai persuasa ad una scelta coraggiosa! Non so se avrei mai fatto quel passo, ma ora qui mi sento a casa. E come per il dottorato, così è sempre: mi incoraggi a prendere strade e direzioni che io penso siano impossibili o, quantomeno, difficili! Teniamoci sempre per mano, questo ci porterà avanti insieme.

Ringrazio me, coraggiosa e testarda! Per non essermi arresa mai, aver creduto di poter migliorare sempre e aver avuto il coraggio di rischiare.

Ultimo grazie nelle mie tesi è sempre stato a me, ma oggi il mio ultimo grazie va a mia figlia, Alessandra Maria Amelia. Tu che sei passato, presente e futuro, tu che racchiudi tutta la gioia in un sorriso che lascia senza fiato. I tuoi occhi così grandi e pieni di speranza mi danno ogni giorno la forza per poter migliorare e crescere con te. Sei il bene più prezioso che ho ed essere tua mamma è un onore. E grazie per esserti addormentata e avermi lasciato scrivere queste ultime parole.

Dicono che un dottorato sia per sempre...speriamo!

Allegati

Allegato A

PROVA DI COMPRENSIONE

Le chiediamo di rispondere alle seguenti domande sulla base di quanto ha appena letto nel brano.

Le domande sono a scelta multipla, questo significa che per ognuna di esse ci sono quattro alternative indicate dalle lettere A, B, C, D. Lei dovrà decidere qual è l'alternativa corretta e segnlarla in questo foglio.

1. La frase “quella notte su ogni fiorentino cadde una tonnellata di fango” significa che:

- A. Ogni persona, la notte dell'alluvione, si sentì addosso il peso di quel che era successo sia a se stesso e ai suoi cari sia alla città stessa e alle opere storico-artistiche presenti
- B. La mattina dopo l'alluvione, ogni persona si rese disponibile a spostare il fango che si era riversato nelle strade della città
- C. Durante l'alluvione ogni persona nella città di Firenze si rese conto della quantità immensa di acqua e fango che scorreva per la città
- D. Ad ogni fiorentino è caduta una tonnellata di fango addosso la notte dell'alluvione

2. Durante la notte tra il 3 e il 4 novembre:

- A. L'Europa fu attraversata da una perturbazione, lasciando innumerevoli danni alle sue spalle

- B. Tutta l'Italia venne colpita da un'alluvione che causò disagi ai mezzi di comunicazione
- C. Firenze venne inondata e le spallette dell'Arno non contennero più l'acqua
- D. Il centro di Firenze fu reso inagibile da una scossa di terremoto

3. Chi sono descritti come gli “Angeli del fango”?

- A. I negozianti
- B. Gli artigiani
- C. Le massaie
- D. I giovani

4. In che modo il quotidiano “La Nazione” riuscì a stampare le copie di giornale, nonostante le rotative allagate?

- A. Utilizzando una vecchia sede situata poco lontano da Firenze e lasciata per alcuni anni inattiva
- B. Correndo in automobile presso il giornale “Il Resto del Carlino” di Bologna per stampare le copie e poi portarle a Firenze e distribuirle in Italia
- C. Sostituendo nella notte le rotative andate perdute e recuperate a Bologna nella notte
- D. Producendo una copia scritta a mano e fotocopiata presso la sede del giornale “Il Resto del Carlino” per distribuirla in tutta Italia

5. Quali mezzi di comunicazione c'erano nel 1966, anno dell'alluvione?

- A. Giornali
- B. Computer
- C. Telefonini
- D. Internet

Allegato B

PROVA INFORMATION SEEKING

Le chiediamo di rispondere alle seguenti domande relative al computer che ha intenzione di comprare sulla base di quanto ha appena trovato e scelto nella sua ricerca.

6. Che computer ha scelto? (indicare marca e nome)

7. Quali sono le dimensioni dello schermo del computer?

8. Che tipo di processore ha il computer?

9. Quali sono le dimensioni della memoria?

10. Qual è il costo del computer?

Per Concludere:

A Francesco

Con te la nostra famiglia ha avuto inizio

Ad Alessandra Maria Amelia

Con te la nostra famiglia ha proseguito il suo cammino

Al futuro

Sarà con voi, sarà nostro e chissà cosa ci riserverà!