



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia generale e di Psicologia dello sviluppo e della socializzazione

Corso di laurea Magistrale in Psicologia Cognitiva Applicata

Tesi di laurea Magistrale

**Esplorando il Maze Task: l'impatto delle Violazioni Linguistiche
sulla Ripetizione di Frasi**

**Exploring the Maze Task: the impact of
Linguistic Violations on Sentence Repetition**

Relatore

Prof. Francesco Vespignani

Laureando: Boris Biondi

Matricola: 2016786

Anno Accademico: 2023/2024

INDICE

SOMMARIO	5
INTRODUZIONE	6
CAPITOLO I – FRAMEWORK TEORICO	8
1.1 La comprensione del linguaggio in tempo reale.	8
1.1.1 Il processing incrementale degli <i>input</i> linguistici.....	11
1.1.2 Effetto delle violazioni linguistiche sul processing.....	14
1.2 La ripetizione nel linguaggio: prospettive sociolinguistiche e neuro-cognitive.	17
1.2.1 La ripetizione di frasi in afasia.	19
1.3 Violazioni linguistiche nella ripetizione di frasi.	21
CAPITOLO II – MAZE TASK	24
2.1 Definizione e caratteristiche del Maze Task.	24
2.1.1 Differenze tra G-Maze e L-Maze e dimensione dell’effetto nel <i>task</i>	27
2.2 Vantaggi e svantaggi del Maze rispetto ad altri metodi di misurazione della comprensione in tempo reale di <i>input</i> linguistici.	30
2.2.1 <i>Self-paced reading</i> e differenze rispetto al Maze Task.	31
2.2.2 <i>Eye-tracking</i> e differenze al Maze Task.	33
2.3 Applicazioni del Maze Task in ambito sperimentale.	37
2.4 Scopi ed ipotesi generali dell’esperimento in oggetto.	39
CAPITOLO III - ESPERIMENTO	43
3.1 Disegno sperimentale.	43
3.2 Materiale.	47
3.2.1 Frasi Target.	47
3.2.2 Frasi distrattore.....	49
3.2.2.1 <i>Non-word sequences</i>	50
3.2.2.2 <i>Word salad sentences</i>	51
3.2.2.3 <i>Pseudo-word sentences</i>	55
3.2.2.4 <i>Grammatical sentences</i>	57

3.3 Partecipanti.	58
3.4 Procedura sperimentale.	59
3.5 Ipotesi sperimentali.	63
3.6 Analisi dei dati.	66
3.7 Risultati e discussione.	66
3.7.1 Error Rates.	67
3.7.2 Analisi dei tempi di lettura nel <i>self-paced reading</i>	67
3.7.3 Effetti delle violazioni e della ripetizione nel Maze Task.	69
3.7.4 Limiti dell'esperimento.....	72
3.8 Prospettive future.	73
CONCLUSIONI	75
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	76

SOMMARIO

La comprensione in tempo reale degli input linguistici costituisce un ambito di grande interesse nelle scienze cognitive. Questo lavoro di tesi presenta un esperimento pilota che si avvale del Maze Task, un compito decisionale, per esplorare l'impatto della ripetizione di frasi contenenti violazioni linguistiche sui tempi di reazione dei partecipanti. Condotta online e adottando un approccio *born-open*, questa ricerca si propone di investigare l'interazione tra le violazioni linguistiche e la ripetizione. I partecipanti affrontano tre diverse condizioni sperimentali, completando una serie di *task* che includono sia una fase di *self-paced reading* che il Maze Task. L'obiettivo principale consiste nell'analizzare i tempi di reazione in relazione al tipo di violazione e al numero di ripetizioni, con l'intento di migliorare il design di futuri studi. Questo studio preliminare contribuisce a una comprensione più approfondita del ruolo del Maze Task nell'elaborazione delle violazioni linguistiche, fornendo spunti rilevanti per la ricerca futura.

INTRODUZIONE

La comprensione in tempo reale degli *input* linguistici è un tema di estremo interesse ed è stato ampiamente studiato nell'ambito della psicolinguistica e delle scienze cognitive per più di mezzo secolo. Nel presente lavoro di tesi ci si propone di descrivere un recente compito per la misurazione della difficoltà di elaborazione degli *input* linguistici, chiamato Maze Task. Questo compito decisionale si è rivelato estremamente utile al fine di localizzare con precisione gli effetti degli incrementi nella difficoltà di elaborazione di una frase ambigua, in termini di incremento nei tempi di reazione (Forster et al., 2009). L'oggetto di questa tesi è un esperimento pilota che si propone di utilizzare questo *task* in un ambito differente da quelli per cui è stato tradizionalmente usato: la ripetizione di frasi contenenti violazioni linguistiche. Sebbene esistano molteplici pubblicazioni riguardanti l'effetto delle violazioni linguistiche e della ripetizione nell'ambito della comprensione del linguaggio, come questi due fattori interagiscano tra loro rimane un tema ancora poco esplorato.

Questo lavoro di tesi si suddivide in tre capitoli. Nel primo, che funge da *framework* teorico, verranno discussi i fondamenti teorici e le evidenze empiriche dai quali partire per comprendere i fenomeni in questione. In particolare, verranno discusse le recenti teorie riguardo la comprensione incrementale degli *input* linguistici, e in che modo questa avvenga in tempo reale. Inoltre, saranno presentate molte delle evidenze nell'ambito della ricerca sull'impatto delle violazioni linguistiche, della ripetizione, e dell'interazione tra queste, che hanno informato le conoscenze dei ricercatori sui meccanismi in questione, da un punto di vista principalmente cognitivo e neuro-psicologico e, in misura minore, sociolinguistico. Il secondo capitolo di questo lavoro si concentra sul compito utilizzato per l'esperimento in oggetto: il Maze Task. Le caratteristiche di questo metodo, le sue applicazioni in ambito sperimentale e le evidenze riguardo la sua sensibilità verranno qui descritte approfonditamente. Inoltre, verranno tracciate delle opportune distinzioni tra questo e le tipologie di metodi per lo studio dell'elaborazione del linguaggio in tempo reale tradizionalmente più utilizzati e diffusi, come *self-paced reading* e *eye-tracking*, e quali siano i punti a favore e a sfavore di ognuno di questi rispetto al Maze Task. I primi due capitoli sono propedeutici alla comprensione del disegno sperimentale e della sua implementazione. L'esperimento in questione è un *piloting* progettato per valutare la fattibilità di futuri studi sperimentali, nonché per testare l'efficacia delle procedure e raccogliere informazioni preliminari sui potenziali effetti delle manipolazioni.

Questo *piloting* è stato condotto *online* e adotta un approccio *born-open*, il che significa che i dati e le informazioni relative al progetto sono accessibili pubblicamente sin dal momento in cui i partecipanti concludono l'esperimento. Dato l'utilizzo di un disegno sperimentale a gruppo unico, ogni partecipante è esposto a tre diverse condizioni sperimentali: frasi regolari, frasi con violazioni semantiche e frasi con violazioni sintattiche. In questo paradigma sono presenti sia una fase iniziale di *self-paced reading* che una fase di Maze Task, ripetuta più volte. Lo scopo fondamentale di questo esperimento pilota è quello di analizzare le variazioni nei tempi di reazione dei partecipanti in funzione del tipo di violazioni e del numero di ripetizioni, testare la procedura sperimentale e identificare eventuali sfide pratiche al fine di migliorare il design di futuri studi che utilizzino lo stesso paradigma. L'analisi dei tempi di reazione dei partecipanti durante la lettura e la fase decisionale del compito di labirinto saranno la principale variabile dipendente, mentre il numero di ripetizioni e il tipo di violazione linguistica saranno le variabili indipendenti. Questo studio preliminare contribuirà a una comprensione più approfondita dell'applicabilità del Maze Task nell'ambito dell'elaborazione delle violazioni linguistiche, con implicazioni significative per futuri esperimenti.

CAPITOLO I – FRAMEWORK TEORICO

1.1 La comprensione del linguaggio in tempo reale.

Una delle questioni più dibattute nell'ambito delle scienze cognitive del linguaggio riguarda la sequenza di processi che permette la comprensione di frasi in tempo reale.

Negli ultimi decenni, lo studio della comprensione del linguaggio in tempo reale si è imposta come un campo di ricerca cruciale nell'ambito della psicolinguistica, poiché fornisce un'importante finestra di osservazione sui processi cognitivi sottostanti alla facoltà del linguaggio. La capacità di comprendere il linguaggio in tempo reale è essenziale per le interazioni linguistiche quotidiane, durante le quali gli individui devono elaborare rapidamente le informazioni verbali e adattare le proprie risposte di conseguenza.

Nell'esperienza quotidiana della maggior parte degli individui, la messa in atto di questi processi risulta estremamente naturale, bensì questi richiedano un'armoniosa integrazione di molteplici componenti cognitive, tra cui l'accesso lessicale, l'analisi sintattica, la capacità combinata di elaborazione e memorizzazione delle informazioni in memoria di lavoro e l'elaborazione semantica (Daneman & Merikle 1996).

Storicamente, sono state sviluppati modelli fondati su due posizioni teoriche differenti relativamente al funzionamento generale della mente: la posizione modulare e quella interattiva. I modelli modulari (Frazier & Rayner, 1982; Frazier, 1987), ispirati principalmente alla teoria del modularismo proposta da Fodor (1983), sostengono l'esistenza di strutture cognitive specializzate e indipendenti, chiamate appunto moduli, che operano in modo isolato (informazionalmente incapsulato) per elaborare informazioni specifiche.

Secondo questo approccio, la mente è composta da una serie di moduli cognitivi pre-programmati, ciascuno responsabile di una funzione particolare, come il linguaggio, la percezione visiva, o la memoria.

Nel caso specifico del linguaggio, questo è spesso considerato come un dominio cognitivo specializzato, con strutture cognitive dedicate esclusivamente all'elaborazione delle informazioni linguistiche. Esisterebbero quindi, secondo questa prospettiva, dei moduli specifici per differenti operazioni cognitive connesse specificamente alla produzione e alla comprensione del linguaggio, che operano in modo indipendente e automatizzato per interpretarlo e produrlo. Questi moduli sono concepiti come strutture innatamente predisposte, con regole e schemi

predefiniti per la comprensione e la produzione del linguaggio.

Ad esempio, la grammatica universale di Noam Chomsky è spesso interpretata come un'espressione di questo approccio modulare, suggerendo che esistano regole linguistiche innate basate su specifici vincoli biologici legati alle strutture del cervello umano.

D'altra parte, le posizioni teoriche interattive mettono in discussione l'idea di modularità, sostenendo che il cervello umano funzioni attraverso un sistema integrato e interattivo di elaborazione delle informazioni. Secondo questo approccio, non esistono moduli cognitivi isolati, ma piuttosto una rete complessa di connessioni neurali che si sovrappongono e interagiscono costantemente (Marslen-Wilson & Tyler, 1987; MacDonald, Pearlmutter, & Seidenberg, 1994; Tanenhaus & Trueswell, 1995).

Nell'ambito della comprensione del linguaggio, i sostenitori dell'approccio interattivo vedono la mente come un sistema dinamico e flessibile, in cui le informazioni linguistiche sono elaborate in parallelo e influenzate dalle conoscenze pregresse, dal contesto situazionale e dalle attività cognitive in un senso più ampio. Secondo questo approccio infatti, il cervello umano elabora il linguaggio attraverso una rete complessa di connessioni neurali, le quali coinvolgono aree cerebrali diverse ed interagiscono con altre funzioni cognitive come l'attenzione, la memoria e la percezione. In questa prospettiva, la comprensione del linguaggio è largamente influenzata da fattori extra-linguistici come il contesto situazionale, le conoscenze pregresse e gli scopi comunicativi dell'interlocutore.

È importante menzionare come studi comportamentali e neuroscientifici abbiano fornito evidenze cruciali su come il cervello umano affronta questa complessa attività cognitiva.

L'impiego di tecniche di *imaging* cerebrale, come la risonanza magnetica funzionale (fMRI) e di tecniche psicofisiologiche, come lo studio dei potenziali evento-relati elettroencefalografici (ERP) descritti nel paragrafo 1.1.2, ha permesso di identificare le regioni cerebrali coinvolte nella comprensione del linguaggio in tempo reale, contribuendo così a delineare il substrato neurale di questo processo (Binder et al., 2008; Rodd, J., Davis, M., Johnsrude, I., 2005; Posner & Raichle, 1994).

La mente adotta diverse modalità di elaborazione per decodificare rapidamente il flusso di informazioni verbali.

Una di queste modalità è bottom-up, la quale coinvolge l'elaborazione sequenziale dei segnali linguistici a partire dalle unità più piccole, come i fonemi o le parole, per costruire progressivamente una rappresentazione del significato complessivo del messaggio linguistico. Questo modalità di elaborazione si basa sull'analisi dettagliata delle caratteristiche fonetiche e

sintattiche di quest'ultimo per identificare e integrare le informazioni linguistiche, le quali comportano l'adozione di specifiche strategie di *parsing* (Kimball, 1979; Holmes, 1984).

Il *parsing* è il processo mediante il quale il sistema cognitivo analizza e comprende la struttura sintattica di una frase o di un testo linguistico, e coinvolgerebbe pertanto l'identificazione delle diverse unità linguistiche (come le parole) e delle relazioni sintattiche che le collegano tra loro (come soggetto, verbo, complemento, etc.). Questo processo consente di dare senso al linguaggio, organizzando le informazioni in modo coerente e comprensibile, ed è per questo generalmente considerato una funzione della memoria di lavoro (Vos, Friederici et al., 2001). Allo stesso tempo, il cervello utilizza anche altri tipi di informazioni per decodificare un *input* linguistico, le quali si sviluppano a partire dalla conoscenza pregressa, dalle informazioni estrapolate dal contesto e dalle aspettative dell'ascoltatore per guidare e facilitare il processo di comprensione. Queste strategie consentono al cervello di effettuare predizioni sul significato delle parole e delle frasi in base al contesto situazionale e alla conoscenza del mondo (Angosto et al., 2013). Durante una conversazione, è plausibile quindi che le aspettative semantiche e pragmatiche influenzino la comprensione del linguaggio, consentendo al cervello di interpretare rapidamente il significato delle parole e delle frasi sulla base del contesto circostante.

In un articolo di Friederici et al. (1993), emergono due prospettive distinte riguardo al modo in cui le diverse componenti del linguaggio sono attivate durante il processo di comprensione. Una di queste prospettive sostiene che le varie componenti vengano attivate in modo sequenziale, con l'analisi fonologica e sintattica a precedere l'interpretazione semantica (Forster, 1979; Frazier, 1990; Swinney, 1979). Un'altra prospettiva, coerente con l'ipotesi interattiva discussa in precedenza, suggerisce invece che queste componenti interagiscano in una modalità "on-line", non appena le informazioni linguistiche sono disponibili al "sistema" (Marlsen-Wilson & Tyler, 1980; McClelland et al., 1989). Con l'espressione "interazioni on-line", nell'ambito della comprensione del linguaggio, si fa riferimento al modo in cui diversi processi cognitivi interagiscono tra loro in tempo reale, mentre avviene l'elaborazione di un *input* linguistico. Questa espressione suggerisce che le diverse attività cognitive, come l'analisi fonologica, sintattica e semantica, non avvengano in modo sequenziale, bensì si influenzino reciprocamente senza dover ipotizzare una sequenzialità rigida di processi.

Friederici et al. (1993) osservano che le violazioni semantiche, le violazioni della struttura sintattica delle frasi e le violazioni morfologiche, le quali saranno il principale argomento del paragrafo 1.1.2 del presente capitolo, producono risposte elettroencefalografiche distinte in termini di latenza, polarità e topografia in linea con l'idea di distinti processi sequenziali. Tali

evidenze sono infatti facilmente inquadrabili in una prospettiva sequenziale dell'analisi dei processi di comprensione del linguaggio.

Sembra quindi che la comprensione del linguaggio coinvolga una serie di processi cognitivi diversi tra loro, riflessi in una sequenza temporale definita di stadi di elaborazione neurale nel cervello umano. Questi processi includono l'analisi delle categorie delle parole, la sintassi e la semantica, ed è plausibile che possano essere supportati da sistemi neurali distinti.

1.1.1 Il processing incrementale degli input linguistici.

Misurando i modelli di comportamento di lettura parola per parola tramite diverse tipologie di *task*, è possibile catturare un processo linguistico altamente incrementale, per cui l'elaborazione del linguaggio avviene in modo ciclico e continuo, nella misura in cui vengano processate le singole unità linguistiche (come parole o frasi) nel corso del tempo. Un soggetto esposto a uno stimolo linguistico inizia quindi ad elaborare una qualche rappresentazione del significato dell'espressione linguistica non appena ne riceve le prime informazioni e aggiorna costantemente la sua rappresentazione in base ai nuovi *input* (Boyce, 2020). Questo processo dinamico consente una comprensione fluida e continua del linguaggio pur essendo il linguaggio per sua natura composto da elementi discreti gerarchicamente organizzati (fonemi, sillabe, parole, sintagmi, frasi). La natura incrementale del *processing* linguistico è particolarmente evidente nel fenomeno del *garden path*.

Il *garden path effect* è un fenomeno che mostra come a volte il processo di comprensione del linguaggio segue una traiettoria iniziale che alla fine si rivela inesatta (*parser* pronò all'errore), richiedendo un cambiamento di direzione e una rivalutazione del significato che il *parser* ha costruito fino a un determinato punto della frase, allo scopo di raggiungere la corretta interpretazione dell'*input* linguistico.

Questo effetto si manifesta quando i lettori o gli ascoltatori incontrano una struttura linguistica ambigua, che inizialmente porta il *parser* ad interpretare l'*input* in modo errato, seguendo un "sentiero del giardino" apparentemente coerente il quale si rivela poi invece un "vicolo cieco" in un determinato punto successivo della frase. Quando la struttura della frase si svela diversamente da quanto inizialmente previsto, si verifica un'interruzione nella comprensione dell'*input* linguistico, la quale può richiedere uno sforzo aggiuntivo per correggerne l'interpretazione, rivalutarne il significato ed arrivare così alla comprensione del messaggio

(Pritchett, 1988). In linea con questa ipotesi quindi, la comprensione del linguaggio sembrerebbe svilupparsi passo dopo passo, con ciascuna nuova unità linguistica influenzata dalla precedente, in un processo di revisione costante del significato (Frazier & Rayner; 1982).

Questo processo di comprensione incrementale, non si basa quindi esclusivamente sulle caratteristiche *bottom-up* delle parole che compongono le frasi, ovvero su quegli aspetti elementari di tipo grammaticale e/o fonologico, ma anche su aspetti di tipo contestuale, ovvero della parola in relazione all'ambiente che la circonda (MacDonald; 1993). In Boyce (2020), vengono attribuite al processo di comprensione due caratteristiche fondamentali: esso è sia differenziale che localizzato. L'uso del termine "differenziale" si riferisce al fatto che il livello di difficoltà di elaborazione del linguaggio non è sempre costante per la totalità della durata dell'input linguistico. Il termine "localizzato" invece, si riferisce al fatto che queste differenze nei livelli di difficoltà di elaborazione non siano distribuite uniformemente su tutto l'*input* testuale o uditivo, bensì concentrate in specifiche parti o segmenti di quest'ultimo. Infatti, nonostante il processo di comprensione di questi *input* sia "continuo", nel senso di immediato od *online*, l'*effort* in specifici sotto-processi (come revisione e *repair*) non risulta essere omogeneo, bensì localizzato in funzione di specifici elementi linguistici. In altre parole, esistono determinate porzioni o elementi del testo che richiedono uno sforzo cognitivo o un tempo maggiori per essere compresi, mentre altre parti possono risultare di più immediata comprensione.

Ciò dà luogo a delle variazioni dipendenti dalla difficoltà di comprensione di specifiche e differenti porzioni dell'*input* linguistico.

Questa variazione può essere causata da diversi fattori, come la complessità grammaticale, la lunghezza delle frasi o la presenza di ambiguità, di elementi di disambiguazione, continuazioni complesse o non preferite e violazioni linguistiche (De Vincenzi, Di Matteo, 2003). L'analisi di queste differenze nella difficoltà di elaborazione tra parti specifiche del linguaggio può fornire informazioni utili sulla natura del processo di comprensione e sulla distribuzione del carico cognitivo durante la lettura o l'ascolto.

Per comprendere come sia possibile che alcune parti di un *input* linguistico siano più complesse da elaborare di altre, è di grande rilevanza prendere in considerazione il concetto di "predicibilità" di una determinata parola in relazione al contesto in cui è inserita, poiché ciò fornisce informazioni cruciali sulla facilità con cui il cervello umano può anticipare e processare il significato di quella parola in relazione al contesto circostante.

Una parola può infatti risultare imprevedibile per diversi motivi: potrebbe essere poco frequente

(Kliegl et al., 2004), avere un significato inatteso, essere l'inizio di una costruzione sintattica poco comune o persino essere una parola che chiarisce il significato di parole precedentemente lette in una modalità di *parsing* poco comune (Boyce & Levy, 2023). Il livello di “predicibilità” (o *predictability*) di una parola si riferisce alla probabilità che essa si verifichi in un determinato contesto linguistico. Questo aspetto potrebbe essere fondamentale per comprendere i meccanismi sottostanti ai processi di lettura e ascolto, o più in generale, di comprensione del linguaggio.

Metodi come l'utilizzo di modelli linguistici addestrati su grandi *corpora* di testi, consentono di valutare la *predictability* di una parola, esprimendola in *bits* di *surprisal*, i quali rappresentano il logaritmo negativo della probabilità di occorrenza di una specifica parola in un determinato contesto (Hale, 2001; Levy, 2008). Con la misurazione in *bits* di *surprisal*, ci si riferisce a quanto una parola è inattesa o sorprendente in un contesto linguistico. Il concetto di *predictability* può essere misurato in *bits*, cioè in unità di informazione. Più è basso il numero di *bits* di *surprisal*, più la parola sarà prevedibile in quel contesto: ciò significa che sarà più probabile che questa compaia in un determinato contesto come continuazione plausibile e prevedibile di una frase.

Al contrario, se questa possiede molti *bits* di *surprisal*, significa che è meno probabile che appaia in quel contesto specifico. In altre parole, i *bits* di *surprisal* sono informativi di quanto una parola si discosta dalle aspettative del lettore, in base al contesto in cui appare. Il logaritmo negativo della probabilità di occorrenza della parola è quindi un modo per misurare quanto una parola risulti inattesa o sorprendente. Considerando una scala che misura la frequenza di una parola in un determinato contesto linguistico (la quale è ottenuta tramite l'addestramento dei modelli linguistici sopracitati), le continuazioni più comuni in quel contesto avranno probabilità più alte e quindi valori più bassi sulla scala del logaritmo negativo. Questo perché il logaritmo negativo trasforma le probabilità più basse (cioè quelle delle parole meno comuni) in numeri più alti. Quindi, una probabilità più bassa che una parola occorra in un contesto linguistico produce un valore più alto nel logaritmo negativo, indicando che la parola è più inattesa o sorprendente. Studi basati su *eye-tracking* e *self-paced reading* (SPR)¹, hanno dimostrato una relazione lineare tra la *predictability* delle parole e i tempi di lettura, per cui le parole più prevedibili vengono elaborate dagli individui in maniera più rapida rispetto a quelle meno prevedibili (Goodkind & Bicknell, 2018; Luke & Christianson, 2016; Smith & Levy, 2013; Wilcox et al., 2020).

Questa relazione fornisce preziose informazioni sulla comprensione del linguaggio in tempo

¹ Questi metodi di analisi della comprensione degli *input* linguistici verranno descritti dettagliatamente nel secondo capitolo.

reale e sui fattori che influenzano la velocità di elaborazione delle parole durante la lettura e l'ascolto. I metodi per l'analisi dell'elaborazione incrementale, i quali verranno discussi nel dettaglio nel prossimo capitolo, sono sensibili al livello di prevedibilità delle parole, e sono per questo utili per testare teorie linguistiche basate sulla previsione di quali parole possano risultare inattese o sorprendenti per il lettore e quali invece no.

1.1.2 Effetto delle violazioni linguistiche sul processing.

Il tema del livello di *predictability* di una parola in un determinato contesto è particolarmente legato a quello riguardante le violazioni linguistiche presenti in una frase. Come verrà descritto più approfonditamente nel terzo capitolo, uno dei focus principali dell'esperimento oggetto di questa tesi, riguarda la somministrazione di frasi contenenti delle violazioni linguistiche, e come queste influenzino l'elaborazione delle frasi da parte dei soggetti.

L'interesse ricade principalmente su due tipologie di violazioni linguistiche: le violazioni sintattiche e quelle semantiche, per questo procederemo a darne una breve definizione.

Una violazione semantica si verifica quando c'è una deviazione dal significato atteso o convenzionale degli elementi linguistici in un determinato contesto.

Questa deviazione può portare a confusione, incomprensione o addirittura a interpretazioni figurate eccessivamente creative. Spesso comporta la violazione di regole o norme linguistiche consolidate, dando luogo a frasi o espressioni senza un senso logico.

Quando una parola è altamente prevedibile in un determinato contesto, è naturale pensare che tenda ad allinearsi al significato previsto o ai modelli d'uso, e la probabilità che questa costituisca una violazione semantica, risulta minima. Al contrario, quando una parola è estremamente poco prevedibile (pur lasciando la frase grammaticalmente corretta) o non si adatta agli elementi linguistici circostanti, è più probabile che costituisca una violazione semantica, perché interrompe la coerenza e l'intelligibilità del linguaggio in quel contesto.

Una violazione sintattica si verifica invece quando sussiste una violazione delle regole grammaticali che governano la disposizione delle parole e la conseguente struttura delle frasi in una lingua. Questa violazione si traduce tipicamente in una costruzione grammaticalmente scorretta, che porta alla presenza di un errore. Nell'ambito degli studi sui processi mentali coinvolti nella comprensione del linguaggio, risulta particolarmente utile esaminare l'attività cerebrale, misurata tramite tecniche come l'elettroencefalografia (EEG), al momento della

somministrazione di *input* linguistici semanticamente e sintatticamente violati.

L'elettroencefalografia è una tecnica non invasiva di registrazione dell'attività elettrica del cervello, attraverso il posizionamento di elettrodi sulla superficie del cuoio capelluto.

Nonostante la sensibilità spaziale relativamente scarsa dell'EEG, questa risulta essere una tecnica estremamente utile allo scopo di studiare i pattern di attività cerebrale associati a diverse funzioni cognitive e comportamentali (Burns & Rajan, 2015). Le onde cerebrali forniscono infatti importanti indicazioni sui processi cognitivi coinvolti nella comprensione del linguaggio. Durante un esperimento di EEG, ai partecipanti possono venire assegnati compiti specifici oppure venire esposti a stimoli particolari; nel caso degli studi nell'ambito della comprensione del linguaggio, questi possono essere la lettura di parole o alcune forme di stimolazione visiva. Le registrazioni EEG catturano le variazioni nella tensione elettrica cerebrale che si verificano in risposta a questi stimoli o compiti. Le *waveform* risultanti, chiamate *event-related potentials* (ERP, potenziali evento-relati), forniscono informazioni temporali sull'insorgenza e sulla natura elettrofisiologica della risposta cerebrale ai diversi stimoli, o eventi stimolanti. La mappa spazio-temporale dell'attività elettrica ha una risoluzione temporale estremamente elevata e può essere utilizzata per fare inferenze sul coinvolgimento di differenti strutture neurali attive in un dato momento².

Al fine di comprendere gli effetti delle violazioni linguistiche sul *processing* del linguaggio, è importante menzionare tre componenti degli ERP, l'N400, la LAN e la P600/SPS, le quali emergono come componenti fondamentali nell'elaborazione di singole parole all'interno di frasi. L'N400, caratterizzata da un'attività negativa intorno ai 400 millisecondi dopo l'inizio della parola *target*, è una componente strettamente correlata all'integrazione semantica. La sua comparsa suggerisce una difficoltà nell'accesso e nell'integrazione del significato delle parole in un dato contesto, correlando negativamente con le misure di predicibilità di una parola in un dato contesto frasale (Kutas & Hillyard, 1980, 1984; Kutas & Van Petten, 1994). A scopo illustrativo, è qui riportata una frase d'esempio: “Luca ha dimenticato le chiavi della macchina”. L'ultima parola della frase è altamente prevedibile nel contesto in cui è collocata, e immaginiamo che sia facilmente elaborata dal soggetto nel momento in cui appare, poiché è estremamente coerente con il resto della frase. Tuttavia, se venisse inserita, al posto della parola “macchina”, ad esempio, la parola “lussazione”, sarebbe possibile riscontrare nell'EEG una forma d'onda negativa che raggiunge il picco circa 400 ms dopo la presentazione della parola,

² Per una rassegna completa di questa metodologia, compresi i suoi limiti e punti di forza, è possibile consultare van Berkum (2004) e Osterhout et al. (2004), in *The On-line Study of Sentence Comprehension* (Carreiras & Clifton, 2004).

l’N400 appunto, la quale indicherebbe una violazione dell’aspettativa, poiché la parola presentata in quel punto risulterebbe essere molto distante da una continuazione prevedibile della frase. Altri dati, come la sensibilità dell’N400 alla frequenza d’uso di una parola e la sua presenza anche al di fuori del contesto frasale e strettamente linguistico (p.e. coppie di figure) hanno portato Kutas & Hillyard (1980, 1984) ad assumere che l’N400 sia un indice della difficoltà nell’accesso ed integrazione di stimoli dotati di significato (parole, figure) all’interno di un contesto e non esclusivamente sensibile alla predicibilità linguistica. Tale interpretazione cognitiva dell’N400 è ancora largamente condivisa all’interno della comunità scientifica.

La *left-anterior negativity* (LAN), invece, è una componente EEG negativa, osservata circa 250 millisecondi dopo l’inizio della parola *target* che la elicitava, e si attiva generalmente in risposta a violazioni sintattiche e morfosintattiche ed è stata interpretata come indice legato al reclutamento di risorse di memoria di lavoro al fine di mantenere in memoria elementi linguistici non strutturabili (Friederici et al., 1993; Rosler, Friederici, Pütz, & Hahne, 1993).

Infine, un’altra componente fondamentale è la P600/SPS, una componente EEG positiva con distribuzione principalmente posteriore, la quale si verifica circa 500 millisecondi dopo l’inizio della parola *target* (Friederici et al., 1993; Hagoort et al., 1993). La P600 è associata a diverse condizioni durante il processo di comprensione del linguaggio, ha goduto di un’ampia documentazione in letteratura ed è stata riscontrata in molteplici situazioni sperimentali.

Generalmente, sembra associata alla presenza di violazioni sintattiche (Coulson et al., 1998; Hagoort et al., 1993), alla presenza di parole altamente inaspettate (Hagoort & Brown, 2000), dato il contesto precedente³ e a frasi con strutture sintattiche complesse o ambigue, le quali richiedono uno sforzo elaborativo cognitivamente più dispendioso (Friederici, Hahne, & Saddy, 2002; Kaan & Swaab, 2003). Tale componente è stata interpretata come indice di processi di revisione o aggiornamento della struttura frasale.

Come è evidente dallo studio già citato di Friederici et al. (1993), a diversi tipi di violazioni corrispondono diversi tipi di attività cerebrale, elicitati in momenti diversi, lasciando ampio spazio all’interpretazione dei ricercatori riguardo al loro ruolo e significato. In particolare, il fatto che violazioni semantiche elicitino una risposta monofasica (N400), mentre violazioni sintattiche elicitino violazioni bifasiche (LAN seguita da P600) è una chiara evidenza che i meccanismi in gioco nell’elaborazione *online* di differenti proprietà delle parole nella frase siano elaborate tramite meccanismi e in stadi di elaborazione differenti.

Queste componenti EEG forniscono una finestra unica sui processi cerebrali coinvolti nella

³ Il riferimento è alle *garden-path sentences* e agli effetti che queste producono sull’elaborazione dell’*input*, descritti nel paragrafo 1.1.1 del presente capitolo.

comprensione del linguaggio, permettendo di tracciare l'attivazione di specifiche strutture neurali e il grado di complessità o sorpresa associato all'*input* linguistico.

1.2 La ripetizione nel linguaggio: prospettive sociolinguistiche e neuro-cognitive.

Nel suo senso più ampio, la ripetizione è un'attività di estrema rilevanza per le persone, poiché questa permea molteplici domini della vita umana, sociale ed individuale.

Nell'ambito della psicolinguistica, la ripetizione è stata descritta da Ochs & Schieffelin (1983) come: "*one of the most misunderstood phenomena in psycholinguistics*". In effetti, nell'ambito della produzione del linguaggio, la ripetizione è chiaramente parte integrante della condotta e del comportamento quotidiano degli esseri umani, e la sua messa in pratica non è quindi appena un indicatore di "disfluenza" di linguaggio, ricoprendo una funzione fondamentale anche nell'ambito della comprensione e della memoria (Schegloff, 1987).

La ricerca sulla ripetizione ha mostrato delle evidenze a sostegno del fatto che non esistono due produzioni dello "stesso" linguaggio, perché ogni nuova produzione finisce per ricontestualizzare la lingua, cambiandone conseguenzialmente il significato (Bakhtin, 1981; Tannen, 2007). L'utilizzatore medio del linguaggio parlato tende a rimodellare gli *input* precedentemente incontrati nella propria esperienza per adattarli a nuovi contesti, utilizzando una serie di strategie, come l'espansione, l'incorporazione e la riorganizzazione (Becker 1995). Sebbene la ripetizione spesso contribuisca alla riproduzione di pratiche linguistiche e culturali, questa può avere anche un valore trasformativo, fungendo appunto da punto di partenza per la trasformazione del linguaggio (Deleuze, 1994).

La ripetizione è una risorsa sempre disponibile e può essere utilizzata per raggiungere molteplici obiettivi (Merritt, 1994; 1998), e questa versatilità dell'atto di ripetizione è significativa anche per la socializzazione linguistica. In Keenan (1977) ad esempio, viene sostenuto che l'uso della ripetizione da parte dei bambini è un'attività utile al fine di progredire nella loro competenza pragmatica. Nonostante le risorse linguistiche limitate infatti, è emerso che i bambini usavano la ripetizione per dare forma alle interazioni, l'analisi delle quali ha reso visibili i modi complessi, creativi e strategici con cui la utilizzavano. I risultati riportati in Keenan (1977) hanno messo in discussione l'opinione, allora largamente diffusa, che le ripetizioni dei discorsi degli adulti da parte di bambini molto piccoli fossero semplici

"imitazioni", un'opinione che rifletteva un atteggiamento di sottovalutazione della ripetizione come risorsa comunicativa.

Come afferma Tannen (2007), "*repetition is at the heart of language*", e gran parte di ciò che gli esseri umani producono tramite la lingua comporta il riutilizzo di un linguaggio già incontrato e rielaborato. Non sorprende quindi che la ripetizione sia anche al centro della socializzazione linguistica. Pratiche di ripetizione come *il revoicing*, *il prompting*, *la guided repetition* e *il language play* fanno tutte parte delle interazioni di socializzazione, *cross-culturalmente*⁴. Tali pratiche facilitano la: "*accurate acquisition of canonical linguistic and cultural practices by children and novices*" (Howard, 2009).

Osservando il fenomeno della ripetizione da una prospettiva maggiormente neuro-scientifica, evidenze suggeriscono che, oltre alla loro frequenza, anche la ripetizione di parole influenzi sia le risposte comportamentali, che gli ERPs, nei compiti di identificazione lessicale (Scarborough, Cortese, & Scarborough, 1977).

Come anticipato, la frequenza con cui una parola appare nella lingua ha un impatto sull'efficienza con cui essa viene processata i molti compiti linguistici e queste evidenze sono tipicamente interpretate assumendo che parole più frequenti possano essere più facilmente accessibili rispetto a quelle meno frequenti (Forster, 1976; Gordon, 1983; McClelland & Rumelhart, 1981; Monsell, Doyle, & Haggard, 1989; Morton, 1969).

La frequenza e la ripetizione (*repetition priming*) di parole sono due aspetti in interazione, e questa conclusione è stata supportata dall'osservazione dell'effetto che la ripetizione di parole poco frequenti ha sul mantenimento in memoria di queste, di modo che le parole a bassa frequenza beneficino della ripetizione in misura maggiore rispetto a quelle ad alta frequenza, un fenomeno che persiste nel tempo e non sempre necessita di molteplici ripetizioni (Rugg & Doyle, 1992; Forster & Davis, 1984; Jacoby & Dallas, 1981; Norris, 1984; Scarborough et al., 1977). Inoltre, è importante sottolineare che la relazione tra frequenza e ripetizione può essere spiegata ipotizzando che entrambi gli effetti agiscano su un *locus* comune, poiché è come se la ripetizione di parole aumentasse la "frequenza effettiva" di queste ad ogni esposizione, rendendo quelle meno frequenti, più rilevanti e familiari (Monsell, 1985; Rugg & Doyle, 1992).

Tramite l'analisi di ERPs, è possibile quindi osservare come la frequenza e la ripetizione influenzino in modo interattivo la modalità in cui il cervello elabora le parole durante il processo del loro riconoscimento (Rugg & Doyle, 1992). Alcuni studi sull'attività cerebrale, come quelli

⁴ Non è questa la sede per un approfondimento sugli argomenti di competenza sociolinguistica. Per un approfondimento delle pratiche sopracitate e delle loro implicazioni culturali, si rimanda a *The Handbook of Language Socialization*, a cura di Duranti, Ochs & Schieffelin (2012); in particolare al capitolo: *Language Socialization and Repetition* di Leslie Moore.

condotti da Rugg & Doyle (1992) e Schendan & Kutas (2003), hanno dimostrato che la ripetizione di stimoli, come parole o immagini, porta a una riduzione della risposta cerebrale (con picchi degli ERPs più moderati) rispetto a quelli non ripetuti. Questo è particolarmente evidente nella riduzione dell'attività della N400, la componente negativa descritta precedentemente, la quale riflette la selezione e l'integrazione semantica. Questo effetto di riduzione, denominato *repetition reduction effect*, sembra essere spiegato dal modello di attivazione interattiva proposto da McClelland e Rumelhart (1981), il quale postula che durante il processo di riconoscimento di una parola, il cervello attiva contemporaneamente diverse parole simili, processo denominato, in termini specifici, “flusso di attivazione ascendente delle rappresentazioni sub-lessicali”. Tuttavia, quando una parola viene ripetuta, si verifica un processo di inibizione delle altre opzioni, privilegiando l'attivazione della parola precedentemente presentata. Ciò facilita il riconoscimento e accelera i tempi di risposta. Inoltre, alcuni studi, come quelli condotti da Van Petten et al. (1991), Curran & Dien (2003), Misra & Holcomb (2003) e Pesciarelli et al. (2007), hanno osservato un aumento della P200, una componente positiva delle *waveforms* ERP, per le parole ripetute rispetto a quelle non ripetute, il che potrebbe essere correlato al grado di co-attivazione tra candidati lessicali (Bles et al., 2007) .

In sintesi, la ripetizione delle parole sembra facilitare il loro riconoscimento, accelerando i tempi di elaborazione e riducendo la risposta cerebrale. Il fatto che la ripetizione aumenti la familiarità delle parole presentate fa sì che queste possano essere processate in modo più efficiente e rapido, riducendo la necessità di elaborare nuovamente informazioni già acquisite.

1.2.1 La ripetizione di frasi in afasia.

Uno degli ambiti in cui più è stata studiata la ripetizione di frasi riguarda la comprensione del linguaggio, e le funzioni cognitive associate, in pazienti con danni cerebrali. La capacità di ripetere frasi è stata infatti oggetto di grande interesse, specialmente in relazione alla classificazione e lo studio delle diverse forme di afasia, una condizione caratterizzata da disturbi del linguaggio dovuti a lesioni cerebrali.

Gli studi condotti su pazienti afasici hanno evidenziato l'importanza della ripetizione come indicatore significativo della compromissione linguistica, e sono stati di certo rilevanti per lo studio della ripetizione in soggetti sani, dato che la ripetizione è diventata forse la caratteristica

linguistica più importante nella classificazione dell'afasia (Benson & Geschwind, 1977; Alexander & Benson, 1992).

La letteratura neuro-anatomica riguardo le afasie è estremamente vasta e non è negli scopi di questo lavoro descriverla nel dettaglio⁵. Tuttavia, al fine di approfondire un tema che è qui rilevante, cioè quello della ripetizione di frasi, è consono discutere l'argomento.

I pazienti afasici possono essere distinti in base alla capacità di ripetere: per alcuni di questi infatti, com'è il caso dell'afasia transcorticale, la ripetizione è una funzione risparmiata; per altri invece (afasici di Broca, di Wernicke e soprattutto quelli di conduzione) vi è un deficit nella capacità di ripetere il linguaggio parlato (Benson et al., 1979; Alexander & Benson, 1992; Berndt, 1988).

La capacità di ripetere una frase tuttavia, sia in soggetti afasici che in quelli sani (Berndt, 1988), dipende da una serie di caratteristiche delle frasi stesse, le quali ne modulano la difficoltà, come la composizione fonologica, gli aspetti lessicali, la lunghezza, la forma sintattica, la prevedibilità e la classe grammaticale (Albert et al., 1981). Un deficit di ripetizione isolato è stato considerato come il segno clinico determinante nell'afasia di conduzione, la quale risulta essere di particolare interesse per il fenomeno della ripetizione, poiché è una forma di disturbo del linguaggio in cui il soggetto presenta appunto una difficoltà a ripetere parole o frasi udite, anche se la comprensione e la produzione del linguaggio restano in lui relativamente intatte (Benson et al., 1979).

Per determinare quali siano i processi cerebrali e le aree coinvolte nelle attività di ripetizione di frasi, un punto chiave è stata la classificazione delle afasie di conduzione in due categorie: di riproduzione (*efferent-reproduction*) e di ripetizione (*afferent-repetition*) (Shallice & Warrington, 1977; Caplan et al., 1986), fatto che suggerisce una diversa base neuroanatomica e cognitiva per i diversi deficit di ripetizione. Infatti, l'afasia di conduzione del tipo "di riproduzione", nella quale il soggetto non è in grado di riprodurre brevi *input* linguistici appena presentati, coinvolge principalmente l'organizzazione fonemica e la rappresentazione delle parole, e si correla con danni ai lobi parietale e insulare; mentre il tipo "di ripetizione", influisce sulla ripetizione di tratti più grandi di materiale linguistico, ed è originata da danni ai lobi temporali, coinvolgendo la memoria verbale a breve termine (Caramazza et al., 1981).

L'approccio di Luria (1976) aggiunge un'altra dimensione allo spinoso problema riguardante i processi cerebrali implicati nella ripetizione di frasi, considerando piuttosto "due afasie" di conduzione, e cioè due tipi distinti di disturbo linguistico: uno legato alla produzione dei suoni

⁵ Per una rassegna dettagliata sull'afasia è possibile consultare il manuale: *Morphology, Phonology and Aphasia* (Nespoulos & Villiard, 1990).

linguistici e l'altro a un deficit nella memoria verbale a breve termine. Luria ha sostenuto che il tipo di afasia “di riproduzione” coinvolga un'incapacità di analizzare e manipolare i dettagli motori coinvolti nell'articolazione dei suoni linguistici, ritenendolo pertanto piuttosto una forma di aprassia (Luria, 1976).

Differentemente da questo, il secondo tipo, e cioè quello “di ripetizione” è associato a un deficit nella memoria verbale a breve termine e viene pertanto incluso da Luria nell'afasia acustico-amnesica. È evidente quindi, già dai tempi di Goldstein (1948), la complessità del processo di ripetizione di una frase, il quale coinvolge una serie di processi cognitivi, tra cui la percezione sensoriale, la comprensione del materiale linguistico e l'articolazione del linguaggio, tutti processi che si rifanno a substrati neuroanatomici distinti.

Il tema principale che emerge dagli studi sulla ripetizione in afasia, è che la capacità di ripetere il linguaggio parlato è un indicatore significativo della compromissione linguistica e può variare notevolmente a seconda del tipo di afasia e delle aree cerebrali interessate (Ardila & Rosselli, 1992). Le evidenze suggeriscono che la ripetizione non è quindi una semplice capacità meccanica, ma coinvolge una serie complessa di processi cognitivi complessi, compresi la percezione sensoriale, la memoria verbale a breve termine, la produzione fonologica e la comprensione del linguaggio. Pertanto, i deficit di ripetizione possono essere indicativi di disturbi specifici in uno o più di questi processi.

1.3. Violazioni linguistiche nella ripetizione di frasi.

La ripetizione di frasi sintatticamente o semanticamente violate, e come queste incidano sulla percezione dei soggetti che le elaborano, è stato un argomento studiato fin dalla seconda metà del secolo scorso che ha visto emergere interessanti evidenze sperimentali. In una serie di esperimenti di Nagata (1987), è stato esaminato l'effetto della ripetizione sul giudizio di grammaticalità di alcune frasi sintatticamente violate e non.

La variabile della ripetizione veniva manipolata al fine di osservare come la una considerazione ripetuta di frasi grammaticalmente violate potesse influenzare l'intuizione linguistica dei parlanti nativi di giapponese. Coerentemente col concetto di grammatica generativa di Noam Chomsky, l'intuizione linguistica è una capacità che consente ai parlanti nativi di riconoscere istintivamente quali costruzioni linguistiche sono grammaticalmente corrette e quali non lo sono, senza bisogno di conoscere esplicitamente tutte le regole grammaticali della loro lingua. I

risultati di questo studio hanno mostrato come il trattamento di ripetizione abbia influenzato significativamente i giudizi di grammaticalità delle frasi (Nagata, 1987). È interessante notare che, sia le frasi grammaticali che quelle non grammaticali siano in realtà state percepite come meno grammaticalmente corrette dopo il trattamento di ripetizione, indicando come i soggetti abbiano applicato criteri più severi nei loro giudizi dopo il trattamento di ripetizione.

In Carroll (1979), era stata osservata invece una tendenza ad un aumento dell'accettabilità nei giudizi grammaticali di frasi ripetute, ma la questo studio differisce da quello di Nagata, poiché nel primo non viene affrontato specificamente l'impatto dell'esposizione ripetuta sui giudizi di grammaticalità, dato che le frasi venivano ripetute solo due volte. In due ulteriori esperimenti successivi, è emerso invece che il trattamento di ripetizione non ha influenzato significativamente i giudizi di grammaticalità quando le frasi erano inserite in contesto, dato che già all'epoca si era a conoscenza del fatto che il contesto potesse influenzare i giudizi di grammaticalità delle frasi (Hill, 1961).

le conclusioni di Nagata (1987) sono le seguenti: *“the syntactic and/or semantic aspects of the target sentences, when embedded in contexts, were rather firmly established and tended to resist the repetition treatment.”*

Nel complesso, queste evidenze sottolineano la natura fluttuante dei giudizi di grammaticalità in diverse condizioni sperimentali, mostrando una considerevole variabilità nei giudizi tra i soggetti e le frasi, indicando, almeno per alcune frasi, la natura relativa dei giudizi di grammaticalità. Sebbene la teoria linguistica fornisca definizioni assolute di grammaticalità basate su regole linguistiche formali, la natura osservata sembra essere relativa, e ciò suggerisce come i giudizi di grammaticalità siano influenzati da svariati fattori e siano perciò relativi alla conoscenza linguistica e alla performance individuali. Pertanto, le intuizioni linguistiche riguardanti i giudizi di grammaticalità sono suscettibili ad alterazioni da parte di manipolazioni sperimentali, suggerendo la loro suscettibilità a influenze esterne. (Carroll, 1979).

Come verrà descritto nei capitoli secondo e terzo di questo lavoro, l'esperimento oggetto di questa tesi vede come tema principale la misura di effetti *online* delle violazioni linguistiche nella ripetizione di frasi, e come questi due aspetti incidano sull'elaborazione incrementale degli *input* linguistici, rappresentati dal materiale *target* somministrato. Questo materiale consiste in un adattamento di quello utilizzato in un esperimento di Mascelloni et al. (2019), il quale trattava precisamente questo tema, seppur utilizzando una metodologia completamente differente. In Mascelloni et al.(2019) nella ripetizione sub-vocale di frasi, come già discusso in precedenza nel paragrafo 1.2 del presente capitolo, è emerso che tipi diversi di violazioni

elicitano onde cerebrali differenti, in momenti distinti.

In particolar modo, le violazioni semantiche mostrano un impatto minore sulle prestazioni dei soggetti in compiti di ripetizioni di frasi rispetto alle violazioni sintattiche, risultando in una leggera diminuzione della precisione nel riconoscimento seriale delle frasi (Mascelloni et al., 2019). Quando si esamina l'attività cerebrale tramite elettroencefalografia, emergono ulteriori distinzioni. La ripetizione di violazioni semantiche elicitano un'attività caratterizzata da una negatività fronto-centrale precoce, ovvero una componente differente dall'N400 che emerge in lettura, suggerendo una pianificazione anticipata dell'oggetto diretto, cioè della parola che segue la violazione, il che faciliterebbe il processo di riproduzione e ripetizione della frase. D'altra parte, le violazioni sintattiche elicitano un effetto P600 all'articolo violato, indicando una discrepanza tra la forma pianificata di questo e quella dal sostantivo successivo. Queste differenze nella tempistica e nella distribuzione degli effetti suggeriscono che le violazioni semantiche e sintattiche influenzino la pianificazione linguistica in modi distinti, con le violazioni sintattiche che richiedono correzioni o aggiustamenti più complessi durante la produzione silenziosa delle frasi.

Nel terzo capitolo, saranno discussi i risultati dell'esperimento oggetto di questa tesi, i quali possono essere inquadrati a partire dalla formulazione di ipotesi influenzate dai risultati qui esposti. È plausibile quindi aspettarsi che l'effetto delle violazioni linguistiche sui tempi di reazione dei partecipanti ad un compito comportamentale di ripetizione di frasi, descritto nel prossimo capitolo, sia influenzato dal tipo di violazioni presenti nelle frasi *target*, dal numero di volte che queste frasi vengono ripresentate, e dalla possibile interazione tra questi due fattori.

CAPITOLO II – MAZE TASK

2.1 Definizione e caratteristiche del Maze Task.

Il compito utilizzato per l'esperimento oggetto di questa tesi è comunemente chiamato Maze Task, o compito di labirinto (Forster et al., 2009; Freedman & Forster, 1985). In questo tipo di compito decisionale, al partecipante vengono presentate su uno schermo delle sequenze di coppie di parole alternative, di cui una *target*, cioè l'alternativa corretta, e l'altra "distrattore", cioè l'alternativa errata. Il compito del partecipante è quello di scegliere la parola della coppia che consente una continuazione grammaticalmente legale e sensata di una frase. Il partecipante deve perciò premere un tasto indicando quale delle due alternative prosegue correttamente la frase, evitando la scelta "distrattore".

Un esempio di questo task è fornito in **Figura 2.1**.

Nella variante classica del Maze Task, la parola iniziale della frase non possiede un'alternativa e il soggetto è libero di premere qualsiasi tasto per procedere nel *trial*. Questo avviene perché al partecipante non è dato conoscere la frase *target* prima di affrontare il *task*, e nella maggior parte dei casi entrambe le parole della prima coppia potrebbero essere considerate valide come incipit della frase. In altri termini, coerentemente col concetto di comprensione incrementale, il partecipante non possiede ancora abbastanza informazioni per determinare quale delle due alternative sia quella corretta e sarebbe quindi costretto ad effettuare una scelta casuale, aumentando la probabilità di commettere un errore. Non appena viene premuto un tasto, compare la prima coppia di parole, ed è qui che il soggetto deve scegliere per la prima volta un'alternativa coerente con la prima parola visualizzata, scartando l'alternativa che non

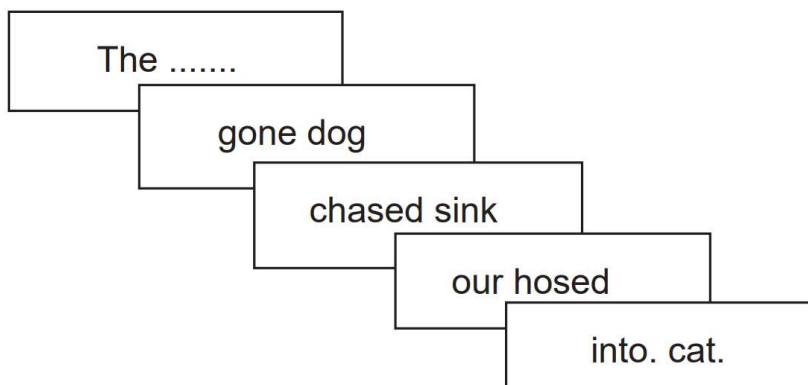


Figura 2.1: Esempio classico di *trial* Maze. In ogni *frame*, solo una parola delle due rappresenta l'opzione corretta.

costituisce una continuazione probabile della frase. Nell'esempio di Figura 1, sia il target che il "distrattore" sono parole reali ma già nel primo compito Maze a seguito della presentazione dell'articolo "the" come prima parola nessuna frase legale inglese può essere costruita inserendo "gone" e quindi la scelta corretta è premere il tasto relativo alla parola di destra "dog" che va a costruire il frammento legale "The dog ...".

Ogni momento del *trial* dove viene presentata una coppia di *stringhe* per cui si debba effettuare una scelta, viene denominata *maze-step*, e cioè un passaggio obbligato per il completamento del Maze-Task nella sua interezza. Questo processo si ripete fino a quando la frase non è completa. Il tempo di reazione (RT) impiegato per il completamento di ognuna di queste scelte tra alternative viene utilizzato come misura dipendente. Se in qualsiasi momento viene scelta l'alternativa "distrattore", cioè quella errata, la prova viene interrotta e viene registrato un errore. Nonostante inizialmente sembri un compito molto innaturale, i partecipanti riportano che dopo una o due frasi di pratica, sono in grado di muoversi rapidamente attraverso il Maze, e che l'alternativa corretta sembra spesso emergere automaticamente (Qiao & Forster, 2012). Il Maze Task prevede quindi che i partecipanti leggano una frase parola per parola, e ad ogni posizione della frase è richiesto che i partecipanti effettuino una scelta forzata: tra una parola corretta che serve come legittimo proseguimento della frase e una parola distrattore, che invece non lo è: per questo motivo il Maze Task è considerato un compito decisionale (Forster et. al, 2009). I "distrattori" sono generalmente bilanciati alla parola *target* per lunghezza (numero di caratteri), così da ridurre la presenza di fattori che spingano il partecipante di completare il *maze-step* basandosi su informazioni che non siano state strettamente ricavate dal contesto linguistico della frase o basate su bias (tendenze a scegliere la stringa più corta o quella più lunga). Ad ogni scelta effettuata dal partecipante, una nuova informazione si aggiunge al contesto linguistico, andando a costruire lentamente un significato, fino al completamento della frase.

È infatti interessante notare come il numero di errori, così come il tempo di reazione dei partecipanti ad ogni decisione, siano tipicamente più ampi nei *maze-step* iniziali poiché, meno sono le informazioni linguistiche di cui il soggetto dispone per effettuare una scelta informata, più è ampia la gamma di risposte plausibili (Boyce et al., 2020).

Il *framework* teorico discusso nel primo capitolo, il quale vede la comprensione degli input linguistici come processo altamente incrementale, spiegherebbe perché, in una frase *target* del Maze in cui non siano presenti particolari ambiguità o violazioni linguistiche, al crescere della quantità di informazione linguistica integrata, l'insieme di continuazioni plausibili si restringa.

Per questo motivo, la costruzione del materiale “distrattore” in un Maze Task è cruciale. È importante infatti sottolineare come questo debba essere costruito in modo tale che una, e solo una, delle alternative possa essere considerata quella corretta in un punto specifico del Maze. Nel caso dell’esperimento oggetto di questa tesi, come verrà descritto nel terzo capitolo, i partecipanti erano già a conoscenza della frase *target* presentata nel Maze Task, poiché questa era stata presentata loro in una fase di *self-paced reading* antecedente. Per questo motivo il materiale è stato costruito in maniera differente da quello dei tipici compiti che hanno utilizzato questo paradigma per la lettura di frasi sconosciute.

È possibile pensare che una serie di processi cognitivi siano implicati per il completamento del *task*. In Boyce et al. (2020) ad esempio, vengono ipotizzati una serie di passaggi che devono avere luogo per far sì che il partecipante possa completare con successo un Maze Task, e cioè che selezioni la continuazione corretta ad ogni *Maze-step*. Questo processo coinvolgerebbe plausibilmente, in primo luogo una identificazione delle due alternative candidate, e successivamente una valutazione rispetto a quanto ognuna di queste sia coerente con la frase costruita fino a quel punto, adattandosi alle sue caratteristiche sintattiche e semantiche. Una volta completata questa prima fase di identificazione, valutazione delle alternative, e completato quindi il processo decisionale interno, diventa possibile per il partecipante avviare e terminare le azioni motorie richieste dal *task*, premendo i tasti corrispondenti a una delle alternative. A questo punto, diventa necessario completare l’integrazione della parola selezionata nel contesto linguistico della frase per consentire la continuazione dell’elaborazione. Gli autori sottolineano come ciascuno di questi processi cognitivi può richiedere sforzo e tempo, ed alcuni di questi possono avvenire in maniera simultanea, come ad esempio quello di completamento delle azioni motorie per la selezione dell’alternativa e di corretta integrazione del significato della scelta effettuata nel contesto, per permettere la prosecuzione del *processing* e del *trial*.

Il processo appena descritto infatti si sovrappone sostanzialmente a quello ipotizzato per la lettura normale, poiché anche in un ambiente ecologico i lettori devono identificare una parola, integrarla nel contesto e decidere quando questa è stata integrata sufficientemente bene da permettere la continuazione nella lettura del testo. La differenza principale tra la lettura normale e il Maze è appunto la natura decisionale di quest’ultimo. Secondo Forster et al. (2009), la caratteristica principale che contraddistingue il Maze Task, ovvero la scelta forzata tra la parola *target* e quella “distrattore”, promuove un’elaborazione altamente incrementale. Infatti, per discriminare con precisione la continuazione corretta della frase, i partecipanti sono costretti ad integrare efficacemente ogni parola nel contesto, coerentemente con le parole che la precedono

prima di proseguire nel compito. Ciò significa che i costi originati da una parola specifica ricadranno più probabilmente sulla parola stessa, poiché un eventuale incremento del tempo impiegato è funzionale e necessario a far sì che il partecipante scelga la parola corretta per poter procedere nel *trial*, pena la registrazione di un errore. Inoltre, anche se l'incremento nei tempi di elaborazione in un dato punto di una frase potrebbero influenzare le decisioni dei partecipanti riguardo le parole successive (cioè, portare ad effetti di *spillover*), è altamente improbabile che si manifestino solo ed esclusivamente su queste, mostrando così il punto d'origine di questo costo (Witzel et al., 2012).

Nella descrizione di questo processo, potrebbe essere stata identificata la ragione per cui il Maze Task presenta degli effetti di *spillover*⁶ molto più moderati rispetto ad altri metodi per l'analisi dei tempi di reazione nella comprensione in tempo-reale come la lettura autoregolata o la registrazione dei movimenti oculari durante la lettura. È possibile dire perciò che la natura decisionale del compito faccia sì che gli effetti della difficoltà di elaborazione incrementale sui tempi di reazione emergano in maniera estremamente localizzata. Siccome è stato dimostrato che il processo di comprensione frasale è di per se incrementale, questo paradigma pur artificioso può essere visto come un modo di forzare la natura del processo di modo da rendere più chiare le misure comportamentali.

2.1.1 Differenze tra G-Maze e L-Maze e dimensione dell'effetto nel *task*.

Coerentemente con i concetti elaborati nel primo capitolo, esiste un legame diretto tra l'incremento nella complessità di determinati punti dell'*input* linguistico e i tempi di reazione (o di lettura) di un soggetto in quegli stessi punti, per cui parole più lunghe e parole meno frequenti tendono a richiedere più tempo per essere elaborate (Kliegl et al., 2004), così come le parole meno prevedibili (Rayner et al., 2004).

Una delle questioni più rilevanti da affrontare, quando si discute di un metodo come il Maze Task, è in che modo questo sia effettivamente in grado di rilevare gli effetti sui tempi di reazione dei partecipanti in corrispondenza di questi punti, e se questi effetti siano paragonabili a quelli ottenuti con i metodi più diffusi nell'analisi della comprensione in tempo reale. In altre parole, utilizzando le misurazioni dei tempi di reazione nel Maze, è di importanza cruciale determinare se questo sia in grado di rilevare sensibilmente delle differenze nella difficoltà di elaborazione

⁶ Il concetto di *spillover* è discusso nel paragrafo 2.2.1 del presente capitolo.

incrementale delle frasi.

I tempi di reazione ottenuti in un compito tuttavia, sono condizionati dalle caratteristiche di quest'ultimo, non solo dal materiale somministrato. Nel caso del Maze, risultano particolarmente rilevanti le tipologie di “distrattori” utilizzate in alternativa alle parole *target*, poiché la grandezza dell'effetto nella variabile dipendente (il tempo di reazione) risulta esserne condizionato.

In Forster et al. (2009), vengono introdotte due varianti del Maze Task, le quali verranno utilizzate successivamente in altri esperimenti: Il *grammatical* e il *lexical* Maze. La differenza tra i due, hanno a che fare con la tipologia di “distrattori” che appaiano in alternativa al *target*. Nel *grammatical* Maze, detto anche G-Maze, i “distrattori” consistono in delle parole realmente esistenti nella lingua di riferimento, e per questo “grammaticali”, da cui il nome. Nella variante *lexical*, detta anche L-Maze, i “distrattori” sono costituiti da stringhe di lettere che costituiscono delle non-parole o pseudo-parole, le quali sono sostanzialmente differenti dalle parole realmente esistenti nella lingua di riferimento, né sono quindi necessariamente dotate di rilevanza semantica. In altre varianti del *lexical*, i “distrattori” sono costituiti da pseudo-parole, ovvero delle parole che rispettano i criteri fonotattici della lingua di riferimento, assomigliando a delle parole realmente esistenti. Queste parole possono veicolare un certo quantitativo di informazione semantica, pur non esistendo realmente. Quest'ultimo tipo di L-Maze è illustrato in **Figura 2.2**.

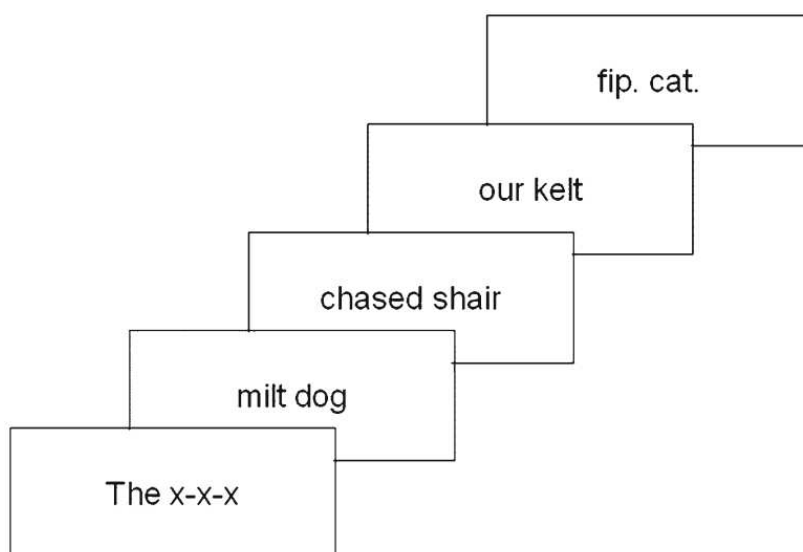


Figura 1.2: Esempio di *lexical* Maze (Witzel et al., 2012). In questa versione i “distrattori” sono costituiti da pseudo-parole.

Come discusso nel paragrafo precedente, la problematica riguardante la costruzione del materiale “distrattore”, per cui le alternative errate non possono mai costituire una continuazione plausibile per la frase *target*, seppur non presentandosi nella variante *lexical* del Maze, è centrale nella costruzione di materiale “distrattore” nei *grammatical* Maze. Per questo motivo, la creazione di materiale risulta essere un compito estremamente dispendioso in termini di tempo, motivo per cui sono stati testati due *language models* (Jozefowicz et al., 2016; Gulordava et al., 2018) in grado di generare “distrattori” automaticamente, in una versione del compito denominata *automated* Maze (A-Maze), i quali hanno trovato effetti grandi e localizzati, paragonabili a quelli trovati con i Maze costruiti manualmente (Boyce et al., 2020). La metodologia utilizzata per costruire il materiale per l’esperimento oggetto di questa tesa verrà descritta nel dettaglio nel seguente capitolo.

Un'altra variante recente del Maze è stata chiamata *interpolated* (I-Maze), e utilizza una combinazione di “distrattori” costituiti da parole reali e altri da non-parole (Vani et al., 2021; Wilcox et al., 2021). In un recente articolo di Boyce & Levy (2023), gli autori descrivono questa ulteriore variante come possibilmente utile allo scopo di diminuire il livello di difficoltà della scelta nei punti più ambigui delle frasi *target*: “*The presence of real word distractors encourages close attention to the sentential context, while non-words can be used as distractors where the word in the sentence is itself ungrammatical or highly unexpected, and/or it is important that the predictability of the distractor in the context is perfectly well-balanced (at zero) across all experimental conditions.*”

Il Maze risulta essere infatti più complesso per un partecipante nella sua variante *grammatical* che in quella *lexical* (Witzel et al., 2012). Nel G-Maze, dato che i “distrattori” sono parole reali che risultano non essere adatte al contesto della frase, i partecipanti devono valutare non solo la grammaticalità delle alternative proposte, ma anche le loro caratteristiche lessicali e la coerenza semantica rispetto alla frase. Questo richiede una comprensione più profonda del significato delle parole e della struttura della frase, poiché i partecipanti devono essere in grado di identificare e discriminare l’alternativa che costituisce la continuazione più plausibile in base al contesto. D'altra parte, nell’L-Maze, essendo i “distrattori” delle non-parole, la valutazione delle opzioni di risposta si basa principalmente sull’aspetto ortografico e sul giudizio di grammaticalità delle parole stesse, senza la necessità di considerare le proprietà sintattiche e semantiche ne dei “targets” ne dei “distrattori”. In linea di principio si può rispondere correttamente ai maze-trials di un compito L-Maze senza dover elaborare alcuna informazione relativa alla frase. La differente complessità dei due compiti si rispecchia nei risultati sperimentali. In due studi (Witzel et al., 2012; Witzel & Forster, 2014) il G-Maze ha presentato come ci si poteva aspettare degli effetti più grandi e localizzati rispetto all’L-Maze, nei punti

delle frasi *target* dove l'ambiguità delle frasi *target* generava un incremento nella difficoltà di *processing*.

In ogni caso, il Maze Task, in entrambe le sue varianti, è uno strumento adatto a identificare e isolare gli effetti della difficoltà del *processing* di frasi ambigue sui tempi di reazione dei partecipanti. Va notato comunque che anche l'L-Maze mostra effetti della struttura frasale nonostante il compito possa essere svolto senza che questa venga computata. I risultati empirici, che riportano misurazioni dei RTs dai Maze Tasks su paradigmi di comprensione di frasi, indicano che i tempi di reazione nel Maze rivelano differenze nella difficoltà di elaborazione incrementale in gran parte coerenti con quelli misurati dal *self-paced reading* o dall'*eye-tracking*.

Nello specifico, in Forster et al. (2009) è stato trovato, utilizzando sia il G-maze che il L-maze, che i tempi di reazione sono più veloci per le frasi contenenti delle frasi relative sul soggetto rispetto a quelle contenenti delle relative sull'oggetto, in linea con risultati ben consolidati dal tracciamento oculare e dal *self-paced reading*, anche se la localizzazione precisa degli effetti sul tempo di lettura differisce tra ognuno di questi metodi (Staub, 2010).

Per citare Forster: *“These results provide an impressive validation of the maze technique. Not only is the task sensitive to the same variables as eyetracking is, but the effects are robust. One might have expected that the variability in RTs when two words had to be processed would be so great that it would be difficult to obtain reliable effects. This was clearly not the case.”*

Alcuni studi hanno direttamente comparato le differenze tra il Maze Task e questi metodi (ad esempio Witzel et al., 2012), e questi verranno discussi dettagliatamente nei paragrafi seguenti.

2.2 Vantaggi e svantaggi del Maze rispetto ad altri metodi di misurazione della comprensione in tempo reale di *input* linguistici.

Nel mondo della ricerca sperimentale esiste una grande varietà di metodi comportamentali per misurare la difficoltà del processo incrementale nella comprensione del linguaggio umano.

Molti di questi, come il Maze Task, si concentrano sulla valutazione del tempo impiegato dai partecipanti per elaborare il testo durante la lettura o la ricezione di informazioni linguistiche, mentre altri, come quelli impiegati nell'ambito della ricerca neuro-cognitiva, utilizzano tecniche neurofisiologiche, come la risonanza magnetica funzionale (fMRI) o l'elettroencefalografia (EEG) per studiare i processi neurali sottostanti alla comprensione del linguaggio in tempo reale.

Nel caso della prima categoria di metodi, la variabile dipendente è, nella maggior parte dei casi, il tempo di reazione (RT) a un determinato stimolo o compito da svolgere. Gli RTs sono infatti una variabile dipendente importante, perché riflettono il modo in cui la manipolazione della variabile indipendente influenza l'elaborazione delle informazioni da parte dei partecipanti. Essi forniscono un'indicazione della velocità e dell'efficacia con cui i partecipanti processano e rispondono agli stimoli, consentendo agli sperimentatori di valutare l'impatto delle diverse condizioni sperimentali.

Due sono i metodi comportamentali più diffusi e utilizzati per misurare la difficoltà del *processing* incrementale di un input linguistico: il *self-paced reading* (Mitchell, 1984) e l'*eye-tracking* (Rayner, 1998), i quali rispettivamente consentono di valutare i tempi di lettura e i modelli di fissazione visiva. Ognuno di questi ha le proprie caratteristiche specifiche e i propri vantaggi e svantaggi, l'uno rispetto all'altro, nonché rispetto al Maze Task.

2.2.1 *Self-paced reading* e differenze rispetto al Maze Task.

Il *self-paced reading* (abbreviato in SPR, in italiano chiamato lettura autoregolata o autosomministrata) è un metodo ampiamente utilizzato per l'elaborazione incrementale di testi scritti. Il compito è molto semplice: i partecipanti devono leggere una frase una parola alla volta, avanzando premendo un pulsante specifico (generalmente la barra spaziatrice della tastiera) fino a quando la frase non è terminata. Il paradigma può essere implementato in modi differenti, tipicamente si usa la modalità non incrementale a finestra mobile. Le lettere delle parole sono inizialmente sostituite da un simbolo maschera (tipicamente trattino o underscore) e ad ogni pressione del tasto una parola viene presentata e la parola precedente viene mascherata (nella versione non incrementale le parole una volta presentate rimangono visibili). Spesso si utilizza anche la versione a finestra fissa nella quale la sequenza di parole è presentata al centro del monitor. Il tempo trascorso tra una pressione e l'altra del pulsante, cioè il tempo in cui una parola è stata visibile, viene registrato come misura dipendente.

Questo approccio obbliga i partecipanti a leggere le frasi in modo sequenziale, impedendo loro di sapere come termina la frase in anticipo o di tornare indietro per rileggerla. Tuttavia, è molto comune che il partecipante continui ad elaborare mentalmente una parola (ad esempio in un punto dove ci si aspetta un incremento nel carico cognitivo) mentre avanza nella lettura delle parole successive. Questo effetto viene generalmente chiamato "*spillover effect*", per cui la

difficoltà incontrata per una parola specifica si “riversa” sulle parole successive, rallentando i tempi di reazione, senza necessariamente manifestarsi sulla parola che ha generato l’incremento nel carico cognitivo.

Per citare Mitchell (1984): “*In most immediate processing tasks the end of one response measure is immediately followed by the beginning of another, together with a new portion of text. In this situation any uncompleted processing will spill over from one response measure to the next. In other words, certain aspects of processing will be postponed and join a queue or buffer so that they can be dealt with later. . . . Here, the response measure will be influenced not only by the problems in the current display but also by any backlog or processing that may have built up in the buffer.*”

Questo fenomeno è stato documentato in svariati studi (Koornneef & van Berkum, 2006; Mitchell, 1984; Smith & Levy, 2013). Esistono diversi metodi statistici per limitare questo effetto di *spillover*, tuttavia questi possono essere più o meno utili dipendentemente dal disegno sperimentale e dagli obiettivi dell’esperimento. Per affrontare il problema dello *spillover*, viene spesso utilizzata un’area di ‘trasbordo’ multi-parola nell’analisi del *self-paced reading*, in modo tale che nell’analisi statistica dei tempi di risposta venga tenuta in considerazione la presenza di quest’effetto. Tuttavia, come evidenziato in Boyce et al. (2020), Questo approccio è efficace quando la posizione del potenziale rallentamento è conosciuta, ma può risultare meno utile quando l’obiettivo dell’esperimento è proprio quello di individuare i punti di rallentamento. Il Maze Task migliora la localizzazione degli effetti di elaborazione, ed offre in questo senso un vantaggio rispetto al *self-paced reading*.

Come già anticipato nei paragrafi precedenti, questo sarebbe dovuto al fatto che il Maze è un compito decisionale, aspetto che non caratterizza il *self-paced reading*. Ciò dovrebbe diminuire l’effetto di *spillover* sulle parole successive a quella che genera un aumento nei tempi di reazione. In Witzel et al. (2012), uno dei pochi studi che hanno comparato direttamente la sensibilità delle due varianti del Maze (G-Maze e L-Maze) con l’*eye-tracking* e il *self-paced reading*, l’utilizzo del G-Maze mostrava non solo degli effetti più localizzati rispetto al SPR nei punti di aumento del carico cognitivo, ma anche degli effetti più grandi, suggerendo come il Maze Task sia uno strumento con un buon livello di *sensitivity* agli effetti sui tempi di reazione oltre che a presentare un miglioramento della localizzazione di questi rispetto al SPR.

Il Maze Task condivide con il *self-paced reading* molti dei vantaggi che caratterizzano quest’ultimo, i quali consistono principalmente nella facilità di implementazione degli esperimenti online e di analisi della variabile dipendente. Un vantaggio notevole della lettura autoregolata è infatti la sua flessibilità nell’essere adattata alla raccolta dati su Internet, rendendola rapida e facilmente implementabile di informazioni da un ampio spettro di

partecipanti. Tuttavia, sono stati espressi svariati dubbi sulla qualità dei dati raccolti in questo modo, poiché essi potrebbero differire da quelli ottenuti in un *setting* laboratoriale.

Sebbene i dati raccolti tramite il *crowdsourcing* possano risultare affidabili per alcuni compiti (Casler et al., 2013), è stato osservato in Enochson & Culbertson (2015) che le risposte online nei compiti di SPR tendono ad essere in media più veloci di 180ms rispetto a quelle ottenute in laboratorio. Questo fenomeno potrebbe indicare una minore attenzione o una lettura meno accurata da parte dei partecipanti online, il che potrebbe avere implicazioni sulla comprensione del linguaggio e sui processi cognitivi sottostanti. Rimane da chiedersi se anche per il Maze Task si verifichi la stessa differenza tra RT in laboratorio e RT online. È plausibile pensare che, data la sua natura di compito decisionale, per cui esistono appunto un'alternativa sbagliata e una corretta, il Maze Task forzi un maggior livello di attenzione per svolgerlo, pena l'aumento dell'*error rate*. Inoltre, c'è da considerare che la rappresentatività delle popolazioni reclutate online potrebbe differire da quella dei partecipanti in laboratorio, benché questo argomento sia ancora oggetto di dibattito. Tutti questi aspetti sollevano importanti considerazioni per la progettazione e l'interpretazione degli esperimenti di lettura autoregolata, soprattutto quando si utilizzano piattaforme online per la raccolta dati.

Per riassumere, il Maze Task presenta molti dei vantaggi del *self-paced reading* rispetto ad altri metodi, come ad esempio la semplicità di analisi della variabile dipendente, nessuna necessità di equipaggiamento specifico e buone possibilità di *crowdsourcing*. A differenza del SPR tuttavia, il Maze, date le sue caratteristiche di compito decisionale, presenta un minore effetto di *spillover* e una minore vulnerabilità a partecipanti disattenti.

2.2.2 Eye-tracking e differenze rispetto al Maze Task.

Un altro metodo comportamentale estremamente diffuso ed utilizzato è l'*eye-tracking*, o tracciamento visivo. Esistono molteplici tecnologie e metodi per implementare il tracciamento degli occhi, sia in un *setting* laboratoriale che non, al fine di studiare i processi cognitivi legati ai compiti di lettura (Hutton, 2019). In uno studio tipico dove viene utilizzata questa metodologia, i partecipanti devono leggere e comprendere silenziosamente delle singole frasi o dei testi integrali, mentre la durata delle fissazioni oculari (circa 200-300 ms) sulle parole e la lunghezza delle differenti tipologie di saccadi (rapidi movimenti oculari, di circa 30ms, che contraddistinguono lo sguardo umano) vengono analizzate per esaminare come le diverse

caratteristiche delle frasi influenzino i modelli di movimento degli occhi (Rayner, 1998). Per essere sicuri che i soggetti sperimentali stiano capendo ciò che leggono, la comprensione del testo viene testata periodicamente durante l'esperimento, generalmente chiedendo ai partecipanti di effettuare una parafrasi del testo o di rispondere a domande sul contenuto. Al termine della lettura sono generalmente raccolte delle misure indicative della comprensione, come il *free recall*, per verificare il livello di attenzione dei lettori durante il compito di lettura (Hyönä & Kaakinen, 2019).

Come anticipato, esistono differenti tecnologie per misurare i movimenti oculari dei soggetti. Questi vengono generalmente registrati da una telecamera a infrarossi oppure misurati da apparecchiature elettro-meccaniche come i *Dual Purkinje Trackers*, o ancora da apparecchiature specifiche per l'elettro-oculografia. Il mondo del tracciamento oculare è estremamente vasto e descriverlo non è negli scopi di questo lavoro: per una rassegna esaustiva è possibile consultare Hutton (2019). È importante tuttavia sottolineare come l'*eye-tracking* necessiti di apparecchiature specifiche per essere implementato. Le possibilità di condurre degli esperimenti online che utilizzino questa metodologia sono infatti ad oggi ancora limitate, sebbene alcuni esperimenti siano stati replicati online tramite il software opensource WebGazer (Simmelmann & Weigelt, 2018; Schneegans et al., 2021; Yang & Krajbich, 2021) portando a risultati contrastanti. Un esperimento online più recente (Simonov, Valletti & Veiga, 2023), il quale utilizzava invece un software sviluppato da un'azienda privata, ha mostrato dei risultati robusti e replicati su diversi tipi di *devices*, ma lo scopo dell'esperimento non aveva nulla a che vedere con l'analisi della lettura, bensì con il tempo speso ad osservare degli inserti pubblicitari. Per questo motivo è molto più probabile che lo sperimentatore decida di condurre l'esperimento in un *setting* laboratoriale, con la presenza di personale capace di adoperare la strumentazione. Questo può inoltre incidere sul tipo di campione disponibile per l'esperimento: è più probabile infatti che, a studi condotti esclusivamente in laboratorio, partecipi in maggior numero una popolazione universitaria giovane, restringendo il campo a soggetti con determinate caratteristiche e generando un campione non del tutto rappresentativo della popolazione (Boyce et al., 2020). La necessità di strumentazioni specifiche e la difficoltà di condurre degli esperimenti online sono sicuramente due aspetti che rendono l'*eye-tracking* meno versatile del Maze Task per quanto riguarda la misurazione della difficoltà di *processing* incrementale. L'analisi dei movimenti oculari durante la lettura è complessa e segue una serie di criteri specifici, i quali sono stati discussi in molteplici lavori scientifici. Siccome i pattern di movimenti oculari (numero, posizione e durata delle fissazioni) sono estremamente variabili fra

una prova e l'altra è necessario definire delle misure dipendenti per ogni parola (o regione della frase costituita da più parole), tali misure sono molteplici (a differenza di Maze o *self-paced reading*, che forniscono un'unica variabile dipendente per ogni parola/regione). Alcune di queste misure sono: il tempo trascorso dagli occhi su una parola la prima volta che questa viene fissata (*first fixation duration*); la direzione della prima saccade oculare in allontanamento da una parola (*first saccade direction*), la quale può essere progressiva (cioè proseguire nel testo) o regressiva (ritornare a parole precedenti); il tempo di fissazione totale di una parola (*total reading time*); quante e quali parole vengono saltate dal lettore (*skip rate*); la somma di tutte le fissazioni su una parola o sulle precedenti dalla prima fissazione a quando si ha un saccade progressiva (*regression path*); la durata di fissazioni su una parola con saccadi provenienti da porzioni successive del testo (*second pass reading time*), (Hyönä & Kaakinen, 2019).

Molti fattori, come la complessità del testo, la lingua e lo *script* in cui è veicolata l'informazione, influenzano i movimenti oculari durante la lettura (Rayner, 1998; 2009). Più precisamente, si osserva che testi più complessi tendono a rallentare il ritmo di lettura dei soggetti, con un minore *skip rate* e una maggiore frequenza di saccadi regressive. Questi movimenti oculari verso una parte precedente dell'input testuale, interpretati come indicatore di una difficoltà di comprensione, rappresentano in realtà un meccanismo di auto-regolazione: quando i lettori incontrano ostacoli interpretativi o necessitano di rivedere parti del testo, effettuano regressioni per facilitare la comprensione del contenuto appena letto (Hyönä & Kaakinen, 2019).

Come nel *self-paced reading* non incrementale, anche nel Maze Task i partecipanti non sono liberi di scorrere liberamente il testo, cosa che accade invece nella tecnica *eye-tracking* nella quale i testi sono presentati interamente alla lettura in modo più naturalistico. Inoltre, come per il Maze Task, è importante sottolineare come anche nell'ambito del *eye-tracking* le caratteristiche delle parole e del contesto modellino i movimenti oculari. La lunghezza e la frequenza delle parole (Inhoff & Rayner, 1986; Rayner & Duffy, 1986), così come il loro grado di prevedibilità nel contesto (Balota, Pollatsek & Rayner, 1985; Calvo & Meseguer, 2002; Hyönä, 1993; Rayner & Well, 1996) influenzano la velocità, la fluidità della lettura in termini di durata delle differenti misure secondarie estratte dal pattern di fissazioni, mentre il contesto circostante può richiamare l'attenzione del soggetto su informazioni specifiche o creare delle discrepanze che richiedono ulteriori riflessioni.

Tutte queste caratteristiche sono da tenere in considerazione per la corretta interpretazione dei dati e per l'analisi delle variabili dipendenti, rendendo i dati forniti dall'*eye-tracking* più ricchi

ma al contempo più complessi da analizzare ed interpretare rispetto agli RTs forniti dal *self-paced reading* e dal Maze Task nei quali l'unica variabile dipendente è tipicamente interpretata come livello di complessità di lettura della specifica parola o regione. Un vantaggio del tracciamento oculare è sicuramente il fatto che questo permette l'analisi accurata della lettura libera, la quale è un'attività quotidiana naturale per la maggioranza dei soggetti.

Tuttavia, proprio in virtù del suo non essere un'attività ristretta da vincoli specifici, la lettura libera può offrire decisioni analitiche e interpretative sfidanti per i ricercatori. Dato che nella lettura libera è possibile muovere gli occhi rapidamente attraverso il testo, anche l'*eye-tracking* genera, come il *self-paced reading*, una certa quantità di *spillover* ed alcune manipolazioni linguistiche possono avere effetti su differenti misure in differenti regioni, poiché durante la lettura naturale un soggetto può occasionalmente fissare parole o frasi successive prima che abbia completato le differenti elaborazioni indotte dalle parole precedenti. In uno studio di Forster et al. (2009), è stato mostrato come è possibile ottenere, tramite il Maze Task, differenze paragonabili a quelle ottenute tramite *eye-tracking* nei tempi di elaborazione tra *subject* e *object relative clauses*, ma senza effetti di *spillover*. Pertanto, anche in questo caso è possibile pensare che il Maze Task mostri degli effetti più localizzati rispetto all'*eye-tracking*.

Rare sono le pubblicazioni che hanno messo a confronto direttamente il Maze Task e l'*eye-tracking*. Uno in particolare, già citato nel paragrafo 2.2.1 riguardante il SPR (Witzel et al., 2012), si concentra sul paragone tra differenti metodologie per l'indagine del *processing* incrementale, tra cui *eye-tracking* e Maze Task, sotto due aspetti principali: quanto accuratamente compiti differenti fossero in grado di rivelare differenze nel *processing* del materiale e se gli effetti mostrati apparissero proprio in corrispondenza della parola/regione prevista. In questo articolo viene confrontata l'efficacia del *grammatical Maze* all'*eye-tracking*, in tre diverse condizioni sperimentali. Nel primo studio, il G-maze ha mostrato un effetto chiaro e ben localizzato che l'*eye-tracking* non è stato in grado di rilevare; tuttavia, nel secondo, il G-maze non è riuscito a rilevare un effetto che il tracciamento oculare ha invece identificato. È interessante notare che entrambi i metodi hanno invece localizzato l'effetto nel terzo studio. Questi risultati suggeriscono che l'efficacia dei diversi metodi di misurazione può variare a seconda del contesto sperimentale e delle variabili coinvolte.

In un altro studio sulla risoluzione dell'ambiguità lessicale, Witzel & Forster (2014) mostrano degli effetti più chiari e localizzati con la variante grammaticale del Maze che con l'*eye-tracking*.

Per concludere, il Maze Task e l'*eye-tracking* sono sicuramente due metodi di indagine molto

diversi tra loro, ed ognuno di essi possiede i propri vantaggi e svantaggi. La lettura non vincolata è un'attività quotidiana naturale e il tracciamento oculare permette di indagarne gli aspetti in maniera estensiva, lasciando ai partecipanti la possibilità di scorrere il testo, saltare avanti o guardare indietro durante la lettura. D'altro canto, questo tipo di lettura può generare degli effetti di *spillover*, ed analizzarne le caratteristiche può implicare delle decisioni impegnative da un punto di vista analitico e interpretativo rispetto all'analisi dei RTs e degli errori in un compito di labirinto. Infine, gli esperimenti di tracciamento oculare devono essere condotti in un *setting* di laboratorio sotto la supervisione di ricercatori, poiché richiedono un equipaggiamento specifico per essere implementati. Pertanto, studi condotti tramite il Maze Task possiedono maggiori possibilità di essere condotti online ed una flessibilità che è ancora preclusa all'*eye-tracking*.

2.3 Applicazioni del Maze Task in ambito sperimentale.

Il Maze Task è un compito relativamente recente e le sue applicazioni in ambito sperimentale sono ancora limitate. Esistono infatti in letteratura un numero ristretto di *report* scientifici che si sono avvalsi di questo task per lo studio della comprensione del linguaggio in tempo reale, specialmente se comparati agli studi condotti nello stesso campo tramite altre metodologie, primariamente quelle discusse nei paragrafi precedenti, che risultano essere ancora in schiacciante maggioranza. Il Maze Task è stato principalmente utilizzato nell'ambito dello studio delle ambiguità lessicali per localizzare ed analizzare effetti *garden path*: in particolar modo è stato applicato nell'ambito dello studio delle *frasi relative* e del fenomeno dell'*high* o *low attachment*, che altri studi hanno mostrato essere differente in funzione della lingua (Forster et al., 2009; Xiaomei & Forster, 2012; Vani & Levy, 2021) e lo studio delle dipendenze *filler-gap* e dei processi cognitivi coinvolti nella comprensione sintattica delle frasi (Chacón et al., 2021). Inoltre si è dimostrato uno strumento estremamente utile per indagare gli effetti della seconda lingua su altre funzioni cognitive del linguaggio (Suzuki & Sunada, 2016) e persino come strumento didattico per l'apprendimento della seconda lingua (Enkin & Forster, 2014; de Oliveira et al., 2023). Al giorno d'oggi, esistono molti esempi di applicazione del Maze che indagano campi relativamente distanti da quelli per cui è stato tradizionalmente utilizzato, indicando come il *task* sia uno strumento flessibile, facile da implementare e di ampia applicazione.

Come verrà discusso in dettaglio a partire dal prossimo paragrafo, l'esperimento oggetto di questa tesi si propone di indagare, tramite il Maze Task, l'effetto della ripetizione di frasi sia corrette che errate sui tempi di reazione dei partecipanti al compito. Nella fase iniziale della ricerca bibliografica, è stata condotta un'analisi esaustiva della letteratura scientifica riguardante l'applicazione del Maze Task nell'ambito della ripetizione di frasi e delle violazioni linguistiche. La ricerca è stata effettuata attraverso una serie di basi di dati accademiche, comprese PubMed, PsycINFO, Google Scholar, ScienceDirect e Web of Science, utilizzando criteri di ricerca definiti e parole chiave pertinenti come "*maze task*", "*sentence repetition*", "*linguistic violation*", "*psycholinguistics*", "*cognitive psychology*" e altre. Tuttavia, nonostante gli sforzi dedicati e la consultazione di una vasta gamma di fonti, comprese riviste scientifiche, libri e altre risorse pertinenti, non sono state rinvenute pubblicazioni che trattassero specificamente l'argomento di interesse. Al momento della ricerca, non sono stati identificati documenti che soddisfacessero i criteri di inclusione stabiliti. È importante notare che, nonostante gli sforzi dedicati, la possibilità di omessa letteratura pertinente o l'impiego di strumenti di ricerca non esaustivi potrebbero costituire delle limitazioni. Pertanto, si invita il lettore ad ulteriori ricerche per confermare la completezza della letteratura scientifica su questo argomento.

È possibile affermare quantomeno che la letteratura riguardante l'applicazione del Maze Task nell'ambito della ripetizione di frasi, e in particolare di frasi violate linguisticamente, è estremamente scarsa.

Da un lato, la mancanza di una buona quantità di studi pregressi condotti in quest'ambito tramite il presente metodo, offre spazio per l'approfondimento e la valutazione della sua utilità, aprendo la possibilità di apportare contributi significativi alla sua applicazione nel campo. Dall'altro lato, la scarsa disponibilità di ricerche preesistenti rappresenta una sfida per la formulazione di ipotesi specifiche, la progettazione dell'esperimento e la contestualizzazione dei risultati, i quali devono essere confrontati con lavori che hanno usufruito di disegni e procedure sperimentali differenti. Tuttavia, la novità rappresentata dall'applicazione del Maze nell'ambito della ripetizione di frasi può fungere da stimolo per favorire lo sviluppo di nuovi approcci metodologici.

2.4 Scopi ed ipotesi generali dell'esperimento in oggetto

L'esperimento oggetto di questa tesi, dettagliatamente descritto nel prossimo capitolo, si propone di utilizzare il Maze Task in un ambito differente rispetto a quelli per cui è stato tradizionalmente usato, e cioè quello della ripetizione di frasi, nello specifico, di frasi contenenti delle violazioni linguistiche. L'obiettivo principale di questo studio è infatti quello di investigare gli effetti della ripetizione di frasi linguisticamente violate sui tempi di reazione dei partecipanti in un Maze Task, identificare la localizzazione di tali effetti e osservare come questi si modificano in base al tipo di "distrattore", al numero delle ripetizioni e al tipo di violazione. Ciò presuppone la somministrazioni di frasi semanticamente e grammaticalmente errate. L'esperimento delineato nel prossimo capitolo è un esperimento pilota ed è quindi stato condotto su un gruppo ridotto di soggetti. Il campione, essendo di dimensioni limitate, viene utilizzato in questa sede per testare la fattibilità dell'esperimento, valutare le procedure di raccolta dati, verificare l'efficacia delle procedure sperimentali e ottenere informazioni preliminari che possono guidare la pianificazione di studi più ampi. Per questi motivi, a questi soggetti è stato somministrata solamente una tipologia di "distrattore", al fine di semplificare il *design* sperimentale e concentrarsi sugli effetti di interesse principale. Tuttavia, in questo paragrafo si farà comunque riferimento agli effetti che diversi tipi di "distrattori" possono avere sulla variabile dipendente. Un primo dilemma consiste nella modalità di somministrazione di frasi contenenti delle violazioni.

Come discusso nel primo paragrafo di questo capitolo, nei compiti classici di labirinto, i partecipanti non vengono familiarizzati in anticipo con le frasi *target* che devono individuare. Solo durante il compito, il partecipante viene esposto alle ambiguità presenti nella frase e deve quindi costantemente riaggiornarne il significato, in base alle nuove informazioni ottenute ad ogni *maze-step*, in modo tale da scegliere l'alternativa corretta. Questi momenti di aggiornamento e riconsiderazione del significato, specialmente nei punti più ambigui delle frasi, si traducono in un rallentamento nei tempi di reazione. Differentemente dal materiale somministrato negli studi con il Maze, citati nei paragrafi precedenti, somministrare delle frasi violate porta con sé il rischio che, nel punto della violazione, il partecipante scelga un'alternativa casuale, poiché nessuna delle due parole presenti risulterebbe essere una corretta continuazione del labirinto. Come verrà descritto nel paragrafo della procedura sperimentale, in questo esperimento le frasi target sono state somministrate inizialmente in modalità *self-paced reading* e immediatamente dopo, in una fase Maze, in cui ai partecipanti è richiesto di ricostruire

le frasi appena lette, incluse le violazioni che queste contengono. In questo modo, il partecipante conosce in anticipo la frase da ripetere, sia essa corretta o violata e può procedere alla ricostruzione di questa senza avere dubbi sulla scelta tra due alternative scorrette.

Poiché nel *self-paced reading* il partecipante visualizza la frase parola per parola, è ragionevole ipotizzare che gli effetti delle violazioni linguistiche in termini di RTs possano manifestarsi sulle parole successive alla violazione stessa, anziché direttamente nel punto della violazione. Questo perché una parola non è considerata una violazione fino a quando il contesto non la rende tale. In un esempio come: “*Il bambino mangia il mela*”, il partecipante si accorge della violazione solo nel momento in cui vede la parola “*mela*”, poiché esistono molteplici parole che permetterebbero la conclusione corretta della frase “*il bambino mangia il*” (p.e. “*melone*”) l'errore diventa evidente solo nel proseguimento della frase, quando il partecipante riconosce che “*mela*” non concorda con l'articolo determinativo “*il*”. Lo stesso vale per l'altro tipo di violazioni, cioè quelle semantiche. Nella fase successiva del Maze Task, essendo la frase già stata presentata e conoscendo il punto in cui è presente la violazione, ci si aspetta che il costo della violazione linguistica, sommato a quello della scelta decisionale, porti a un incremento dei tempi di reazione per la scelta della corretta continuazione nei punti delle violazioni stesse. Il fatto che la violazione sia già nota non permette di interpretare tale rallentamento in termini di un effetto sorpresa (scarsa o bassa prevedibilità), stante che nella ripetizione il partecipante può sapere con esattezza il target successivo ma come un costo legato alla difficoltà di tenere a mente e rievocare sequenze poco coese (dal punto di vista sintattico o semantico).

Un altro punto riguarda gli effetti della ripetizione del Maze sui RTs. L'ipotesi generale è che il tempo di reazione diminuisca all'aumentare delle ripetizioni, specialmente nei punti delle violazioni linguistiche. Coerentemente con le idee espresse nel primo capitolo riguardanti l'effetto della ripetizione di frasi sui soggetti, l'idea è che una frase violata semanticamente, più la si ripete, più viene “normalizzata” dal lettore. Oltre a questo ci aspettiamo che molteplici ripetizioni dovrebbero favorire il consolidamento in memoria della sequenza (sia essa corretta o scorretta). Tradotto in termini di effetto sulla variabile dipendente, i tempi di reazione dovrebbero diminuire all'aumentare delle ripetizioni così come gli effetti delle manipolazioni sintattiche e semantiche. Tuttavia, non è chiaro se i tempi di reazione in questi punti si uniformeranno o meno a quelli del resto della frase (normalizzazione in senso stretto) o decresceranno proporzionalmente (semplice riduzione dei costi), né come l'effetto possa variare in base al numero delle ripetizioni e in base al tipo di violazione.

Come descritto nel primo capitolo, sembra che i costi delle violazioni semantiche e sintattiche

influenzino la pianificazione linguistica in modi distinti, con quelle semantiche che mostrano un impatto minore sulle prestazioni (Mascelloni et al., 2019). Per questo motivo, l'effetto della difficoltà di elaborazione sui tempi di reazione, nei punti delle violazioni sintattiche, potrebbero risultare più ampi rispetto a quelli delle violazioni semantiche e più resilienti alla ripetizione.

Un altro aspetto da considerare è la difficoltà dei “distrattori”. Come descriveremo nel dettaglio nella sezione del materiale, i “distrattori” possibili per un Maze sono di diverse tipologie e anzi, nel tipo di Maze presentato in questo lavoro, applicato alla ripetizione, qualsiasi parola (anche continuazioni coerenti con il frammento scelto fino a quel punto) sono possibili. Data la natura esplorativa di questo esperimento *pilot* si farà uso esclusivamente di una tipologia di “distrattore”: un *lexical maze* il cui materiale è composto da *non-words*⁷. Tuttavia, segue qui una descrizione di come la tipologia di “distrattore” possa fungere da moderatore della difficoltà del compito, incidendo sui tempi di reazione del partecipante. Nonostante non sia un fattore da prendere in considerazione per l'analisi dei dati dell'esperimento in questione, la discussione di questa variabile indipendente è rilevante per i futuri esperimenti che si avvalgano del *task*, ed è qui inclusa al fine di un approfondimento teorico delle potenziali applicazioni e variazioni di questo paradigma.

Nella paragrafo riguardante il materiale del presente lavoro, vengono descritte le due tipologie principali di distrattori di un Maze: *lexical maze* e *grammatical maze*. La variante *lexical* presenta a sua volta due sotto-versioni differenti, una composta da stringhe di lettere casuali e un'altra da pseudo-parole legali in italiano in termini di vincoli alle possibili sequenze ortografiche. Il *grammatical* si suddivide invece in una versione le cui frasi distrattore sono composte da liste di parole senza alcuna struttura grammaticalmente e semanticamente coerente, e un'altra versione composta invece da frasi grammaticalmente e semanticamente sensate. Si presuppone che, dipendentemente dal tipo di “distrattore”, alla luce dei risultati sperimentali descritti nel paragrafo 2.1.1, gli effetti dovrebbero variare, con le versioni *lexical* che mostrano degli effetti meno pronunciati nei punti delle violazioni ed in generale, data la maggiore facilità del compito (Forster et al., 2009), e gli effetti nella variante *grammatical* invece più robusti. Si ipotizza quindi che i “distrattori” moderino la difficoltà del compito, e con questo anche i tempi di reazione per la scelta decisionale nei punti delle violazioni.

In conclusione, il prossimo capitolo approfondirà l'esperimento delineato, esplorando in dettaglio la metodologia adottata, i risultati ottenuti e le implicazioni emerse. Sarà condotta

⁷ Per una descrizione di questa tipologia di “distrattore”, si invita alla lettura del paragrafo 3.2.2.1 del terzo capitolo del presente lavoro.

un'analisi preliminare dei tempi di reazione dei partecipanti nel Maze Task e ci si concentrerà sui fattori che influenzano tali RT nel contesto delle violazioni linguistiche, alla luce delle ipotesi generali appena discusse.

CAPITOLO III – ESPERIMENTO

3.1 Disegno sperimentale.

Come anticipato nel paragrafo precedente, l'esperimento oggetto di questo capitolo è un *pilot*, ed è stato pensato al fine di valutare la solidità del paradigma sperimentale, l'efficacia delle procedure e raccogliere informazioni preliminari riguardo ai principali effetti delle manipolazioni. La rilevanza di questo lavoro è quindi principalmente metodologica. Il disegno sperimentale è stato strutturato in modo tale da esaminare alcune delle variabili chiave prima di impegnarsi nella raccolta ed analisi di una mole maggiore di dati sperimentali. L'obiettivo principale di questo esperimento è pertanto quello di testare la procedura sperimentale e identificare eventuali problemi o sfide pratiche che potrebbero insorgere, allo scopo di migliorare il design di eventuali studi futuri che si avvalgano del medesimo paradigma. Una delle caratteristiche di un esperimento pilota è infatti quello di essere particolarmente utile in una situazione in cui la procedura sperimentale sia complessa o innovativa e la metodologia necessiti di un *fine tuning*.

Questo esperimento adotta un disegno sperimentale a gruppo unico, in cui ogni partecipante è sottoposto a tutte e tre le condizioni sperimentali: l'esperimento è quindi *within subjects*, e la condizione di controllo è rappresentata dalla somministrazione di frasi *regular*. Ai partecipanti vengono somministrate in totale 36 frasi, 12 per ogni tipologia, ed ognuna presentata dapprima in modalità *self-paced reading* viene successivamente utilizzata in un compito Maze nel quale viene ripetuta per cinque volte. Una delle due variabili indipendenti consiste quindi nelle diverse tipologie di frasi presentate, costituite da frasi regolari, e cioè frasi senza alcun tipo di violazione, frasi con violazioni semantiche e frasi con violazioni sintattiche.

Il primo tipo di frasi presentano una difficoltà inerente minima, poiché non esiste alcun punto della frase dove aspettarsi un rallentamento localizzato nei tempi di reazione, dato che, coerentemente con il concetto di *predictability* espresso nel paragrafo 1.1.1 del primo capitolo (Hale, 2001; Levy, 2008), questo tipo di frasi non presenta parole altamente *unpredictable*. Per questa ragione la somministrazione di queste frasi regolari costituisce la condizione di controllo. Le frasi contenenti violazioni linguistiche rappresentano i due terzi del materiale *target* somministrato, e danno luogo ad un incremento nella difficoltà di elaborazione dello stimolo. Questo incremento è maggiore per le frasi contenenti violazioni sintattiche. Queste frasi *target*,

come già anticipato nell'ultimo paragrafo del secondo capitolo, sono state somministrate dapprima in modalità SPR e poi nella fase di Maze Task per due motivi principali. Il primo riguarda l'analisi dei tempi di reazione: è infatti di interesse sia osservare un aumento dei RTs in frasi contenenti violazioni linguistiche rispetto a frasi regolari, sia il punto in cui questo incremento è localizzato, il quale potrebbe differire nei due compiti, data la natura della procedura sperimentale e del compito stesso. La seconda ragione riguarda la logica del Maze Task. Infatti, somministrare delle frasi violate senza averle presentate in anticipo ai partecipanti in un Maze Task grammaticale nel quale i distrattori sono parole dell'italiano, farebbe sì che nel punto della violazione entrambe le scelte sarebbero ugualmente plausibili, dato che nessuna delle due alternative costituisce una corretta continuazione del labirinto. Ciò renderebbe il compito inadeguato. La sequenza di presentazione delle frasi è controbilanciata al fine di minimizzare gli effetti dell'ordine di presentazione delle condizioni sperimentali. Le tre diverse condizioni vengono quindi presentate in modo tale che ciascuna appaia in tutti gli ordini possibili di presentazione, o almeno in un numero sufficiente per compensare eventuali effetti di ordine. Ogni partecipante partecipa quindi a tutte le condizioni sperimentali, tuttavia l'ordine in cui vengono presentate varia tra i partecipanti. Ogni partecipante completerà una serie di Maze Task, ognuna contenente un mix casuale di frasi regolari, frasi con violazioni semantiche e frasi con violazioni sintattiche.

L'altra variabile indipendente è il numero di ripetizioni. Una prima opzione era stata quella di effettuare tre ripetizioni della fase di Maze Task per ogni frase. Questo numero è stato portato successivamente a cinque. La scelta di includere cinque ripetizioni anziché tre è stata motivata dalla necessità di garantire un adeguato periodo di esposizione alle violazioni linguistiche, poiché si è ritenuto che tre ripetizioni potessero non essere sufficienti per consentire ai partecipanti di abituarsi alle violazioni, riducendo quindi al minimo gli effetti dell'elaborazione di queste sui tempi di reazione. Inoltre data la natura esplorativa della ricerca, si è ritenuto interessante valutare molteplici ripetizioni a patto che la durata totale dell'esperimento non portasse a eccessivo affaticamento del partecipante. Come verrà espresso in seguito, la durata totale delle sessioni con 5 ripetizioni si attesta attorno ai 20 minuti e quindi si è ritenuto che l'utilizzo di cinque ripetizioni sia una buona mediazione. L'aumento a cinque ripetizioni è atto ad aumentare la finestra temporale per l'osservazione della variazione degli RTs, in risposta alla massiccia ripetizione durante la fase di Maze.

La variabile dipendente principale è costituita dai tempi di reazione dei partecipanti, misurati in millisecondi, sia durante la fase di lettura SPR che durante la fase decisionale del Maze Task.

Come verrà specificato nel paragrafo 3.4, riguardante la procedura sperimentale, l'esperimento è stato costruito in modo tale da minimizzare gli errori dei partecipanti. Questo è stato ottenuto, tramite la scelta di una tipologia "distrattore" semplice da affrontare, una serie di misure nella costruzione del materiale descritte in seguito, e una fase di pratica estremamente dettagliata, comprendente istruzioni illustrate e una breve simulazione del compito nella sua interezza. Data la già ridotta numerosità campionaria, un compito eccessivamente difficile avrebbe potuto originare un alto tasso di errore, diminuendo ulteriormente la mole di dati a disposizione per l'analisi. Si è preferito in questa sede quindi privilegiare la fattibilità del compito piuttosto che cercare un effetto pronunciato nei punti delle violazioni, poiché, data la natura preliminare del compito, questo effetto non sarebbe stato comunque generalizzabile, e avrebbe portato con sé il rischio di una ulteriore riduzione della quantità di dati su cui effettuare l'analisi. I "distrattori" utilizzati per questo pilota appartengono quindi esclusivamente alla categoria *non-words*, rendendo il Maze di questo esperimento un *lexical maze* a tutti gli effetti. In questo specifico caso si sarebbe potuto utilizzare il Maze anche nella prima esposizione della frase al posto del *self-paced reading* ma il progetto di ricerca ha come scopo mettere a punto un paradigma nel quale la ripetizione possa essere studiata con differenti livelli di difficoltà del Maze che come si è visto nel capitolo precedente è fondamentale manipolata con il tipo di "distrattori". Per questo, i prossimi paragrafi contengono una descrizione completa del materiale e del processo tramite cui è stato costruito, dato che questo è stato creato per poter essere utilizzato con varie tipologie di distrattori Maze.

La decisione di utilizzare solo un tipo di "distrattore" è stata presa allo scopo di semplificare il *design* sperimentale e concentrarsi sull'effetto di interesse principale, cioè l'effetto delle violazioni linguistiche in base al numero di ripetizione sui tempi di reazione dei partecipanti. Considerando che il tipo di "distrattore" può influenzare la difficoltà del compito (Witzel et al., 2012), ciò potrebbe essere considerato un fattore moderatore significativo, ed includere più di un tipo di "distrattore" avrebbe potuto complicare l'interpretazione dei risultati, data la necessità di considerare anche l'effetto "tipologia" sulla variabile dipendente. Inoltre, utilizzando un solo tipo di "distrattore", è possibile mantenere una maggiore uniformità tra le condizioni sperimentali, facilitando il confronto diretto tra esse. Questo approccio può contribuire a ridurre la variabilità e aumentare la sensibilità della procedura sperimentale nel rilevare eventuali differenze significative tra le condizioni.

La posizione in cui appaiono le alternative "distrattore" sullo schermo è generata casualmente ad ogni ripetizione, in modo che queste appaiano ogni volta in una posizione diversa e non

prevedibile, al fine di evitare che il partecipante possa effettuare una scelta basata esclusivamente sulle posizioni di comparsa a cui è già stato esposto nelle ripetizioni precedenti. Differentemente dai Maze Task tradizionalmente usati (Boyce, 2020), il *trial* non termina nel caso il partecipante commetta un errore. L'idea di fondo dietro questa scelta è la seguente: una brusca terminazione del *trial* potrebbe incidere sulla *performance* del partecipante nelle ripetizioni successive in quanto non completare la ripetizione potrebbe incidere sul modo nel quale la rievocazione influenza la memoria a breve termine per l'intera frase. Inoltre, un *trial* interrotto è necessariamente da scartare, mentre un errore presente in un punto aleatorio, che non incida sui tratti di interesse, può comunque essere utile all'analisi della variabile dipendente. Infine, è opportuno discutere in questa sede le diverse motivazioni alla base dell'inserimento di una fase di pratica preliminare. Innanzitutto, questa consente ai partecipanti di conoscere il compito in anticipo, chiarificandone il funzionamento al fine di eseguire l'esperimento con successo. Introducendo una fase di pratica infatti, si riduce l'effetto di apprendimento nei confronti del compito sperimentale stesso. Questo è rilevante perché se i partecipanti non sono stati familiarizzati con il compito, potrebbero migliorare le proprie prestazioni semplicemente attraverso la pratica del compito durante l'esperimento vero e proprio, cosa che può incidere sui risultati sperimentali. Migliorando le prestazioni dei partecipanti al compito sperimentale, la pratica potrebbe consentire loro di acquisire abilità e strategie, le quali possono portare a una maggiore precisione e consistenza nelle risposte, aumentando così la sensibilità dello studio nel rilevare effetti sperimentali. Stante comunque la natura esplorativa dello studio e il fatto che le attuali tecniche statistiche consentono di tener conto dell'effetto dell'ordine del trial si è deciso di mantenere la fase di pratica molto breve (3 soli *trials*, uno per condizione sperimentale). Il disegno sperimentale proposto consentirà di indagare gli effetti delle violazioni semantiche e sintattiche sulle prestazioni dei partecipanti al Maze Task, e di esaminare come questi effetti possono variare in base alla tipologia di violazione e al numero di ripetizioni. Tale studio preliminare e la conseguente analisi dei dati contribuirà a una comprensione più approfondita dell'applicabilità del Maze Task nell'ambito dell'elaborazione delle violazioni linguistiche e della ripetizione, il quale potrebbe avere delle implicazioni significative per l'implementazione di futuri esperimenti.

3.2 Materiale.

In questo lavoro, con frasi *target* ci si riferisce sempre alle frasi che costituiscono le alternative corrette del Maze, le quali sono anche le uniche frasi presentate nel *self-paced reading*. Con frasi distrattore invece, ci si riferisce alle frasi o liste di parole che compongono le alternative errate del compito. Nei paragrafi seguenti viene descritto il materiale nella sua interezza, sebbene parte di questo non sia stato somministrato ai partecipanti che hanno preso parte all'esperimento pilota.

Nell'esperimento oggetto di questa tesi sono state somministrate ai partecipanti, in ordine casuale, 36 frasi *target*, suddivise in tre gruppi da 12, ognuno di questi appartenente ad una categoria differente, cioè la tipologia di controllo (*regular*) e le due tipologie di violazione (*syntactic* e *semantic*). Sulla base di questi gruppi sono state costruite tre liste controbilanciate secondo un disegno a quadrato latino. Ciò significa che, in almeno una delle sue tre varianti, ai partecipanti è stata somministrata ogni frase presente nel materiale, una volta in una specifica variante. In altre liste la stessa frase apparirà invece in una variante differente.

In aggiunta, tre ulteriori frasi sono state utilizzate per la fase di pratica preliminare, ed ognuno di questi è apparso esclusivamente in ognuna delle sue tre varianti, di modo che ci fossero una frase *regular*, una frase violata sintatticamente e una semanticamente.

I seguenti paragrafi offrono pertanto una dettagliata descrizione del materiale sperimentale, focalizzandosi tanto sul materiale *target* che su quello "distrattore", nonché sui criteri seguiti nella loro creazione e selezione. Tuttavia, è qui riportato il link per la *repository* di GitHub: <https://github.com/francesco-vespignani/RepetitionMaze> dove è contenuto il materiale completo per la consultazione ed un possibile utilizzo per futuri esperimenti.

3.2.1 Frasi Target.

Le frasi *target* utilizzate in questo esperimento sono state selezionate da una traduzione del materiale, originariamente in tedesco, utilizzato per l'esperimento descritto in Mascelloni et al. (2019). Per comprendere le scelte effettuate riguardo la selezione del materiale è necessario tracciare delle opportune distinzioni tra l'esperimento oggetto di questo lavoro e quello presentato in Mascelloni et al. (2019). Lo scopo di quest'ultimo era quello di investigare il modo in cui le informazioni semantiche e sintattiche vengono impiegate durante la ripetizione di frasi

in una prova di memoria di lavoro. Differentemente dall'esperimento oggetto di questa tesi, in Mascelloni (2019), il task consisteva nella ripetizione sub-vocale di frasi, la quale si ipotizzava che coinvolgesse processi fondamentali della produzione linguistica, inclusi degli stadi di pianificazione concettuale, lessicale astratta e fonologica, oltre ai processi di articolazione silenziosa (*subvocal rehearsal*). Come già parzialmente discusso nei capitoli precedenti, questa prospettiva è in sintonia con la concezione diffusa che la ripetizione di frasi richieda diverse abilità linguistiche legate alla comprensione e produzione per ottenere una ripetizione accurata delle frasi (Lombardi e Potter, 1992; Acheson e MacDonald, 2009; Klem et al., 2015).

Per testare questa ipotesi, In Mascelloni et al. (2019) sono stati misurati tramite elettroencefalogramma (EEG), i potenziali evento-correlati (ERPs) in risposta a sequenze di parole non strutturate (*scrambled*) e a frasi contenenti, in punti specifici, violazioni semantiche e sintattiche. I partecipanti sono stati esposti a diverse varianti di frasi dichiarative in tedesco, ciascuna con un soggetto, un verbo, un oggetto diretto e un'espressione avverbiale. Tutte le frasi avevano la medesima struttura e numero di parole. Entrambi i tipi di violazioni, semantiche e sintattiche, sono posizionate nello stesso punto di ogni frase, ovvero al sostantivo dell'oggetto diretto. Queste caratteristiche sono state mantenute anche nella traduzione italiana di questo materiale, dalla quale è stata estratta la totalità delle frasi *target* utilizzate per l'esperimento oggetto di questa tesi. La differenza sostanziale è che nel materiale impiegato nell'esperimento qui descritto non sono state incluse frasi *target* di tipo *scrambled*.

Ogni frase è composta da sette parole. Ogni parola, dipendendo dalla frase, può avere un numero di lettere differente. Pur essendo semanticamente molto diverse tra di loro, i *target* hanno tutti la medesima struttura, consistente in una frase transitiva seguita da un sintagma preposizionale aggiunto, simile all'esempio in (1.a).

1.a. Un uomo allaccia la cintura in auto.

1.b. Un uomo allaccia il cintura in auto.

1.c. Un uomo conta la cintura in auto.

Le frasi sono in totale 39, ma ognuna di queste appare in tre versioni differenti. La prima versione (1.a) consiste in frasi denominate *regular*, cioè delle frasi perfettamente grammaticali e sensate, che non presentano alcun tipo di violazione. La seconda tipologia di frase, come nell'esempio (1.b), è denominata *syntactic violation (syntv)*. Questa tipologia di frase presenta il medesimo errore sintattico per ognuna delle frasi consistente nella violazione dell'accordo di genere fra l'articolo e il nome dell'oggetto diretto della frase

L'ultima tipologia di frase, come nell'esempio (1.c), è denominata *semantic violation (semv)*. A

questa tipologia, appartengono delle frasi il cui verbo non è semanticamente adatto ad accettare lo specifico sintagma nominale come suo oggetto. Tali violazioni semantico-lessicali sono dette violazioni delle restrizioni selettionali (selectional restriction) del verbo, largamente usati avere delle violazioni semantiche che emergano chiaramente in una specifica parola *target* (De Vincenzi et al., 2004).

Nell'esperimento di Mascelloni et al. (2019) erano presenti inoltre delle frasi di tipo *scrambled*, le quali non sono state utilizzate in questo esperimento. Per riprendere gli esempi fatti precedentemente, la versione *scrambled* all'interno dell'esperimento di Mascelloni et al. (2019) è: "uomo la un auto allaccia cintura in". Come è possibile osservare, questa variante della frase *regular* è costituita dalle stesse parole di quest'ultima, presentate in ordine casuale. La ragione principale per cui i *target* di tipo *scrambled* non sono stati inclusi nel materiale è che non esiste un punto specifico di una frase *scrambled* dove poter andare ad osservare i costi in termini di tempi di reazione nel Maze Task di una violazione su una particolare parola della frase, e come questi siano modulati dal numero di ripetizioni. Inoltre il compito di memorizzare una sequenza casuale di parole è notoriamente molto più complesso rispetto alla memorizzazione di frasi (Marks & Miller, 1964) e si pensa che gli scopi relativi allo studio della ripetizione di frasi con o senza errori siano diversi dallo studio della ripetizione di frasi rispetto a liste casuali di parole, specialmente nell'ambito della messa a punto di un nuovo paradigma..

3.2.2 Frasi distrattore.

I "distrattori" consistono in frasi che appaiono contemporaneamente ed in alternativa a quelle *target*, una coppia di parole per volta, all'interno della fase Maze Task dell'esperimento.

I successivi paragrafi consistono in una descrizione delle loro caratteristiche e del processo di costruzione di questo materiale. Differentemente dalle frasi *target*, le frasi distrattore sono state costruite interamente da zero, in parte manualmente ed in parte tramite la creazione di uno script in linguaggio R in grado di generare parole e/o stringhe di lettere. Ad ognuna delle 117 frasi "target" corrispondono quattro frasi distrattore, ognuna appartenente ad una tipologia differente, per un totale di 468 frasi distrattore.

A differenza delle frasi *target*, le quali hanno una versione *regular* e due variazioni date dai differenti tipi di violazioni ("syntv" e "semv"), ogni frase distrattore è unica. Ciò significa che, mentre le tre tipologie di frasi *target* risultano essere simili tra loro, il "distrattore" della versione

regular di una frase sarà completamente differente da quello della sua controparte *syntv*. Le frasi distrattore, come quelle *target*, hanno a loro volta 7 parole ed ognuno di questi *item*, possiede lo stesso numero di lettere del proprio corrispettivo *target*, tale che nella fase Maze dell'esperimento, nel momento in cui appaiono contemporaneamente la parola *target* e quella "distrattore" sullo schermo, non si possa effettuare una scelta basata sulla lunghezza delle parole presentate. Come già anticipato, esistono quattro tipologie di frasi distrattore: frasi con parole formate da stringhe di lettere casuali, denominate "*non-word sequences*"; frasi composte da pseudo-parole, denominate "*pseudo-word sentences*"; frasi semanticamente insensate ma composte da parole esistenti in lingua italiana, denominate "*word salad sentences*"; infine, frasi semanticamente e grammaticalmente sensate, denominate "*grammatical sentences*".

3.2.2.1 Non-word sequences.

La prima tipologia di "distrattore" consiste in frasi con parole formate da stringhe di lettere casuali. Ipotizziamo che questa sia la tipologia di "distrattore" più semplice per un partecipante da scartare nei singoli maze-trials, poiché l'alternativa errata non è plausibilmente una parola, bensì una stringa di lettere casuali. Ci si aspetta quindi che i tempi di reazione per il compito decisionale siano inferiori rispetto a quelli che occorrerebbero tramite l'utilizzo di altri tipi di "distrattori". La costruzione di questa tipologia di frasi è stata effettuata tramite l'implementazione di una funzione in linguaggio R per la generazione di stringhe casuali composte da caratteri minuscoli. La funzione, denominata ``generate_random_string``, accetta un parametro ``length``, che rappresenta la lunghezza desiderata della stringa da generare.

Questa metodologia fornisce un approccio flessibile tramite il quale è possibile generare molteplici stringhe di una specifica lunghezza così da velocizzare il processo di creazione dei "distrattori". Le stringhe casuali generate sono poi state ispezionate valutando secondo una serie di criteri la bontà della stringa come distrattore della specifica parola *target* all'interno del compito Maze.

Il primo criterio e più importante, è controllare che nessuna stringa di lettere casuali sia essere una parola esistente o sia troppo simile ad una parola esistente nelle lingue romanze e in quella inglese. Le stringhe di lettere, essendo per loro natura casuali, rischiano in alcuni casi di essere troppo simili alle parole *target*, di esistere come parole della lingua o addirittura di essere

identiche alla parola *target*, in particolar modo quando quest'ultima ha un numero ridotto di lettere come un articolo o una preposizione.

È infatti ragionevole pensare che su 819 stringhe di lettere costruite la probabilità che una di queste inizi con la stessa lettera della parola *target* associata nel Maze sia statisticamente rilevante, cosa che potrebbe non costituire un problema per parole molto lunghe, ma che lo diventa nel caso di parole brevi. A scopo esemplificativo, si pensi a un *trial* Maze in cui l'alternativa all'articolo "il" sia una stringa di lettere casuali come "id": ciò potrebbe complicare inutilmente il trial, specialmente se la parola *target* costituisce una violazione ed è percepita come errata. Inoltre, per le stringhe di due o di tre lettere, esisteva una probabilità non indifferente che queste venissero interamente costituite da una singola lettera, facilitando ulteriormente il processo decisionale nel Maze. È vero che l'ipotesi sperimentale vede questo tipo di "distrattore" come il più semplice da identificare per un partecipante, ma è necessario che il compito rimanga comunque sopra una certa soglia di difficoltà, tale da non risultare banale. Il processo di creazione di questo tipo di "distrattori" avrebbe potuto seguire dei criteri differenti. Il codice avrebbe potuto generare delle stringhe di lettere in modo non completamente casuale, facendo sì che le stringhe rispettassero dei criteri specifici. Un'alternativa, per rendere questo compito più difficile, sarebbe potuta essere quella di standardizzare le stringhe di lettere, di modo che ad ogni consonante e/o vocale della parola *target* venisse associata una lettera alternativa estratta da un sottoinsieme ristretto (esempio: ad "a" viene associato sempre e solo "b; f; n") oppure un'altra lettera specifica predeterminata (ad "a" viene associata sempre e solo "b") oppure sostituendo vocali a vocali e consonanti a consonanti, mantenendo la differente frequenza delle due tipologie di lettere (le vocali sono infatti assai più frequenti delle consonanti ed in italiano c'è una buona regolarità di alternanza vocale/consonante in termini di probabilità di transizioni). In quest'ultimo caso, nel "distrattore" si sarebbero mantenute delle *features* della parola *target*: come la presenza di doppie o la ripetizione di specifiche consonanti o vocali in corrispondenza della ripetizione di quelle a loro associate nella parola *target*. Questo avrebbe reso i "distrattori" più coerenti tra loro dandogli una regolarità, ma avrebbe anche verosimilmente aumentato la difficoltà del compito.

3.2.2.2 Word salad sentences.

Un'altra tipologia di frase distrattore è denominata *word salad* e consiste in una lista di parole,

alternative alla frase target, che non possiede alcun senso semantico o sintattico. Le parole incluse in questa lista sono tutte parole esistenti in lingua italiana, ma se combinate nel contesto di una frase, questa non risulta avere un criterio logico né un significato.

Tuttavia, non sono da confondere con delle frasi di tipo *scrambled*, poiché non sono frasi in origine sensate, le cui relazioni sintattiche siano state stravolte da una variazione nell'ordine delle parole. Sono piuttosto delle combinazioni di parole che non seguono le regole combinatorie (sintattiche e semantiche) della lingua italiana le parole nella frase non realizzano un significato comprensibile e questa mancanza rende difficile assegnare significati contestuali alle parole. Si analizzi un esempio di “distrattore” di questo tipo: “*La anni esaudire la stavate ho vedi*”. Questa frase, estratta dal materiale, manca inoltre di una struttura sintattica coerente. Vi è inoltre una chiara mancanza di senso nelle relazioni morfologiche della frase: ad esempio, “*la anni*” non segue una costruzione grammaticale corretta, la forma verbale “stavate” non è congruente con il contesto e non ha un soggetto appropriato. È possibile dire, in definitiva, che questa tipologia di frasi viola qualunque tipo di vincolo sintattico e viene per questo denominata “insalata di parole”. Le parole utilizzate per la costruzione di queste frasi distrattore sono state generate attraverso un codice in linguaggio R utilizzato anche per la costruzione delle altre due tipologie di “distrattori” presenti in questo esperimento, e merita in questa sede una descrizione approfondita.

Come già parzialmente discusso, per limitare l'impatto di variabili intervenienti e per controllare il livello di difficoltà del compito, le alternative alle parole target sono state scelte secondo due criteri principali: il *matching* per lunghezza di caratteri, per cui un'alternativa “distrattore” deve avere la stessa lunghezza della sua controparte *target*, e la frequenza di utilizzo della parola nella lingua di riferimento. Tutte le parole che compongono le frasi distrattore sono state estratte da un database online, chiamato SUBTLEX (SUBlexical Treebank of LEXical units. SUBTLEX raccoglie dati relativi alla frequenza di occorrenza delle parole, alle loro lunghezze, e ad altre caratteristiche lessicali. Questi dati sono spesso utilizzati in ambito accademico per comprendere meglio la struttura delle lingue, le tendenze lessicali e le caratteristiche fonologiche. Il progetto, inizialmente sviluppato per l'olandese (Keuleers et al., 2010) raccoglie i propri dati da collezioni online di sottotitoli televisivi e cinematografici disponibili gratuitamente sul web. L'idea di fondo è che i sottotitoli forniscano una rappresentazione ricca e variegata del linguaggio utilizzato nelle produzioni audiovisive, offrendo così una vasta gamma di parole utilizzate in contesti reali. Ogni versione è adattata alla lingua specifica di riferimento, quella qui adottata è SUBTLEX-IT. Questo ha il vantaggio di essere un database molto vasto, ma lo svantaggio di contenere molti

refusi, *misspelling*, e nomi propri di luoghi o persone stranieri, nonostante sia un database italiano. Per questo motivo, tutto il materiale è stato comunque selezionato e controllato manualmente per evitare l'inclusione di parole errate o inadatte.

Il codice utilizzato per la creazione di “distrattori” rappresenta un’analisi del *dataset* linguistico “subtlex-it”, e costituisce un metodo di estrazione del materiale ivi contenuto, secondo i criteri descritti in precedenza. Il codice introduce al *dataset* "subtlex-it.RData" una nuova dimensione, la quale rappresenta la lunghezza delle parole. Questa nuova variabile sarà cruciale nelle successive operazioni di estrazione e filtraggio dei dati, poiché offre la possibilità di personalizzare l'analisi in base alla lunghezza delle parole. Lo scopo principale di questo programma è infatti quello di permettere l’inserimento di una parola (in questo caso, le parole che compongono le frasi *target*), calcolarne la lunghezza, identificare nel *dataset* delle parole della stessa lunghezza della parola inserita e simili a questa in base a dei criteri di tolleranza sulla frequenza ed infine restituire un *subset* di risultati. Questo permette di trovare delle parole alternative a quella *target* che possano costituire dei “distrattori” bilanciati, in termini di frequenza e lunghezza, in modo tale da limitare l’influenza di variabili intervenienti. Il codice restituisce un *subset* le cui parole abbiano una frequenza compresa tra $(f - 0.03 * f)$ e $(f + 0.03 * f)$. In altri termini, l'algoritmo cerca nel *dataset* delle parole che abbiano una frequenza compresa tra il 97% e il 103% della frequenza della parola specifica f , cioè la parola *target*. Questo intervallo può essere interpretato come una sorta di margine di errore o tolleranza attorno alla frequenza di riferimento, ed è stato definito a priori.

Ad esempio, se la frequenza di una parola inserita fosse 100, l'algoritmo cercherebbe nel *dataset* tutte le parole della stessa lunghezza della parola inserita e con una frequenza compresa tra 97 e 103. Questo è utile per ampliare il subset di risposte nel caso in cui questo sia eccessivamente ristretto, dato che una variazione nella frequenza di questa entità è stata considerata irrilevante.

Per quanto riguarda questa tipologia di “distrattori”, il procedimento è consistito nell’inserire all’interno del codice tutte le parole di una frase *target*, una per volta, e scegliere una parola della stessa lunghezza e frequenza in modo casuale da ogni subset selezionato e restituito dal programma, fino al completamento di una frase alternativa. La scelta casuale della parola “distrattore” può essere problematica, vista la presenza nel *database* di parole inadatte e refusi. Il controllo manuale è stato effettuato con l’eliminazione di nomi propri e *misspell*, e la sostituzione di questi con alternative corrette ed esistenti in lingua italiana, estratti in ogni caso dal *subset* fornito dal programma. Una delle problematiche principali riscontrate durante la

creazione di tutto il materiale, e particolarmente rilevante per la costruzione di questo tipo di “distrattori” e di quello *grammatical sentences*, è stata la selezione di valide alternative agli articoli determinativi ed indeterminativi, specialmente a quelli che nelle frasi *target* costituiscono una violazione sintattica. Gli articoli, in SUBTLEX, essendo parole ad altissima frequenza, fanno parte di *subset* estremamente ristretti. Alternative bilanciate per frequenza ad un articolo come “il” sono solo due: “la” ed “un”. Nel momento in cui si è dovuto generare un valido “distrattore” ad un articolo che nella frase *target* costituiva una violazione sintattica, non è mai stato utilizzato come alternativa nella frase distrattore quell’articolo che nella frase *target* avrebbe reso quest’ultima grammaticalmente corretta. A scopo illustrativo, supponiamo che la frase *target*, e cioè la frase composta dalle alternative corrette nel Maze, sia: “*Un meccanico cambia il ruota della macchina*”, e che la sua alternativa “distrattore” sia: “*Lo assegnato calcio la gomma stato dovrebbe*”. Dato che nel Maze Task le parole appaiono sempre a coppie di due, isolate dal resto delle frasi cui appartengono, in un momento del trial il partecipante avrebbe visto sullo schermo esclusivamente l’articolo “il”, contrapposto a “la”, dove “il” è l’alternativa *target* da scegliere, poiché presentata originariamente nella frase *target*. Da un punto di vista esclusivamente grammaticale tuttavia, l’alternativa “distrattore” sarebbe quella corretta, poiché nella frase *target* vi è appunto una violazione sintattica e l’articolo sintatticamente coerente con la frase *target* sarebbe stato quello presente nella frase distrattore.

Per evitare che il *trial* in quel punto presenti un picco di errore dovuto all’improvviso incremento di difficoltà, il materiale è stato costruito in modo tale che, nei “distrattori” del tipo *word salad sentences* e *grammatical sentences*, come alternative ad una frase *target* con violazione sintattica, non sia presente un articolo “distrattore” grammaticalmente coerente con la frase *target* nel punto della violazione. Per questa ragione, in un primo momento è stato utilizzato, come alternativa “distrattore” a entrambi gli articoli determinativi, sempre l’articolo indeterminativo “un”, poiché ciò avrebbe risolto il problema mantenendo comunque il bilanciamento per frequenza. Questa soluzione tuttavia avrebbe potuto originare una nuova problematica: dopo un certo numero di *trial*, sarebbe potuta emergere la possibilità che il partecipante prevedesse che l’alternativa all’articolo determinativo *target* in quel punto della frase fosse sempre e comunque l’articolo indeterminativo “un”, specialmente poiché il materiale è stato costruito in un momento in cui non erano stati definiti ancora i dettagli della procedura sperimentale. Per questo motivo, alcuni di questi *item* sono stati sostituiti con altre alternative, non perfettamente bilanciate per frequenza, come le preposizioni “di” ed “al”, per prevenire questa caratteristica di prevedibilità.

In conclusione, la tipologia *word salad sentences* è stata costruita in modo tale che le singole parole che compongono ognuna di queste frasi non abbiano necessariamente le stesse caratteristiche grammaticali delle alternative *target*. Ciò significa che il “distrattore” alternativo a un sostantivo *target*, un aggettivo, un verbo e così via, non sarà necessariamente una parola della stessa categoria grammaticale. Questa caratteristica delle alternative incide sulla difficoltà del compito, poiché se il materiale “distrattore” di questo tipo fosse stato costruito di modo che tutte le alternative “distrattore” fossero appartenute alla stessa categoria grammaticale delle loro controparti *target*, mantenendo comunque la presenza di violazioni sintattiche e la mancanza di senso, il compito sarebbe stato verosimilmente più complesso. Questo perché il compito decisionale non si sarebbe potuto basare sull’incongruenza tra le categoria di appartenenza delle alternative, oltre che sul mantenimento della frase *target* in memoria di lavoro. Non è stato considerato opportuno inserire questa congruenza delle categorie grammaticali tra *target* e “distrattori”, poiché questo avrebbe rischiato di aumentare eccessivamente l’*error rate* nei punti delle frasi dove si prevedeva l’effetto delle violazioni sintattiche e semantiche: in questi punti del *trial*, “distrattore” e *target* avrebbero rischiato di essere facilmente confondibili, anche se questa congruenza grammaticale avrebbe talvolta accentuato l’effetto sui tempi di risposta.

3.2.2.3 Pseudo-word sentences.

A questa categoria di “distrattori” appartengono esclusivamente frasi composte da parole non esistenti in lingua italiana. Queste sono state create in modo tale da rispettare i criteri fonotattici delle parole italiane e per questo gli *items* che compongono queste frasi sono denominati pseudo-parole. La fonotassi è una parte della fonologia che studia i modelli e le restrizioni nella disposizione dei suoni all'interno delle parole di una lingua. In altre parole, la fonotassi esamina le regole e le preferenze riguardo alla sequenza e alla combinazione di suoni consonantici e vocalici all'interno delle parole. Questo campo aiuta a spiegare perché alcune sequenze di suoni sono accettabili in una lingua, mentre altre non lo sono. In molte lingue, esistono regole fonotattiche che determinano quali suoni possono apparire all'inizio, all'interno o alla fine di una parola. Alcune di queste regole possono essere legate alle preferenze fonetiche, alle caratteristiche fonologiche o alle strutture sillabiche della lingua.

Pertanto, per costruire delle pseudo-parole credibili nella lingua italiana, è necessario seguire le caratteristiche fonotattiche specifiche della lingua, poiché gli aspetti fonotattici dell'italiano

costituiscono un elemento cruciale nell'analisi della disposizione dei suoni all'interno delle parole di questa lingua. Non è questa la sede appropriata per spiegare nel dettaglio i principi fonotattici della lingua italiana, tuttavia, vale la pena descrivere alcune delle caratteristiche rilevanti per la costruzione di pseudo-parole credibili, dato che queste sono parte integrante dei metodi di questo esperimento. Il principio fondamentale riguarda la struttura sillabica dell'italiano. Questa presenta tanto sillabe aperte, le quali terminano con delle vocali (come in: “*pa-ro-la*”), quanto chiuse, le quali terminano con delle consonanti (come in: “*ban-ca*”). L'alternanza di queste due tipologie di sillabe descrive la maggioranza delle parole italiane, sebbene ne esistano altre tipologie molto comuni, come ad esempio quelle comprendenti dittonghi (come in: “*uo-vo*”), e gruppi consonantici (come in: “*stra-da*”).

La lingua italiana tuttavia, mostra una tendenza ad avere un numero limitato di gruppi consonantici complessi all'interno delle parole, almeno in relazioni ad altre lingue come l'Inglese, con la scarsa presenza di alcune combinazioni consonantiche.

Inoltre, è molto comune incontrare in italiano parole che posseggano delle consonanti geminate, per cui una sillaba comincia con la stessa consonante con la quale termina quella che la precede. L'italiano presenta infine una limitata quantità di parole che terminano con una consonante, le quali sono consentite solo in specifiche posizioni o forme verbali.

Per costruire il materiale appartenente a questa categoria è stato ricercato in internet un software in grado di costruire pseudo-parole per uso sperimentale. Inizialmente, si era optato per l'utilizzo di Wuggy (Keuleers & Brysbaert, 2010), software interamente dedicato a questo scopo. Sfortunatamente, non è ancora stata sviluppata una versione di questo software in italiano. Per questo motivo, il materiale è stato costruito completamente a mano, a partire dal programma descritto nel paragrafo *word salad sentences*, tramite una metodologia che rispettasse i criteri fonotattici dell'italiano.

I principi generali espressi in precedenza tuttavia, non si addentrano nelle motivazioni per cui una pseudo-parola come “*ranti*” sia più plausibile di una come “*fapve*”. Ciò è dovuto principalmente al fatto che alcune combinazioni di consonanti e vocali sono più comuni di altre, oppure alcune semplicemente non esistono in lingua italiana. Per evitare la costruzione di pseudo-parole plausibili solo teoricamente, si è cercato di evitare l'invenzione arbitraria di queste, quanto piuttosto di ricombinare gruppi vocalici e consonantici già presenti in parole incontrate naturalmente nella lingua, secondo il seguente procedimento. Come descritto in precedenza, una volta inserita nel codice la parola *target* alla quale è necessario trovare un'alternativa “distrattore”, R restituisce un subset di elementi bilanciati per frequenza e lunghezza.

Da questo subset viene estratta, in modo arbitrario, una parola alternativa come per la creazione di *word salad sentences*, la quale viene modificata manualmente tramite una serie di sostituzioni di lettere o morfemi. Esempi di questo procedimento di modifica sono: la sostituzione delle vocali presenti nella parola con altre vocali, mantenendo la struttura consonantica (ad esempio, “cartello” diventa “certalli”); la sostituzione di gruppi consonantici di una parola alternativa con quelli di una parola alternativa differente (ad esempio “carne” e “sogno” diventano “sagne”); una combinazione di entrambe le procedure appena citate. Questo procedimento, nella maggior parte dei casi, si propone di mantenere artificialmente intatte le relazioni fonotattiche tra le sillabe, poiché la sostituzione non è arbitraria, ma basata sulle caratteristiche delle parole realmente esistenti in lingua italiana.

3.2.2.4 Grammatical sentences.

L’ultima tipologia di “distrattori” è costituita da frasi semanticamente sensate e grammaticalmente corrette. L’aspettativa è che questo tipo di “distrattori” costituiscano la tipologia di *trial* più complessa da affrontare per un partecipante, poiché, data l’esclusione di altre variabili come la mancanza di coerenza semantica o le caratteristiche visive dei “distrattori”, la scelta decisionale può essere effettuata solo in base alla capacità di mantenere in memoria di lavoro la frase *target* presentata in precedenza. Ci si aspetterebbe quindi un incremento nei tempi di risposta decisionale e nell’ *error rate*, nella fase Maze con questa tipologia di “distrattori”. Questi item sono stati costruiti tramite le stesse linee di codice descritte in precedenza. È senza dubbio la categoria di “distrattori” più complessa da costruire manualmente, specialmente data la limitazione del numero di parole associate nel *database*, dovuta all’intervallo di tolleranza per la frequenza. Il processo di costruzione di una singola frase distrattore portava spesso al completamento della stessa solo dopo molte revisioni, poiché la scelta delle singole parole dai diversi *subset*, restituiti dal programma in R, permetteva la formulazione di una frase semanticamente sensata solo fino ad una certa posizione della stessa, implicando in quel punto una scelta aleatoria ed una conseguente rivalutazione di tutte le precedenti scelte alternative. In altre parole, non c’era modo di sapere se nel *subset x*, da cui estrarre l’alternativa *x*, ci sarebbe stata una parola semanticamente coerente con il resto frase alternativa costruita fino a quel punto. L’effettiva possibilità di costruire delle frasi alternative in sequenza, cioè nell’ordine dettato dai *target*, come avvenuto per tutte le altre tipologie di

“distrattori”, era quindi lasciata al caso. Infatti, nell’evenienza che tale parola non esistesse in un *subset* specifico, la scelta in quel punto ricadeva su un’altra parola scelta arbitrariamente, e si procedeva alla sostituzione dei “distrattori” precedenti. La scelta arbitraria consisteva spesso in una parola molto semplice e versatile, per facilitare il processo di ricostruzione a ritroso della frase a partire da un nuovo punto fermo. Questo ha fatto sì che, piuttosto che un processo sequenziale, la costruzione di questo materiale ne abbia seguito uno di aggiustamento retroattivo, di revisione coerente delle scelte effettuate. In alcune rare istanze, sono stati violati per necessità i limiti imposti dal bilanciamento di frequenza, prediligendo la coerenza semantica della frase distrattore al bilanciamento di uno degli *item* che la compongono.

Date le restrizioni e la complessità del procedimento, i “distrattori” costruiti in questo modo possono talvolta sembrare peculiari, poiché non mantengono necessariamente la stessa struttura sintattica delle frasi *target*, pur conservando sempre una coerenza semantica e grammaticale. Senza alcun tipo di restrizione o ampliando l’intervallo di tolleranza, le frasi sarebbero di certo state create in maniera più agevole e, conseguenzialmente, avrebbero rispecchiato la struttura logico-sintattica di quelle *target*, suonando possibilmente ancora più naturali. Nella costruzione di questo materiale, è stato privilegiato il rispetto dei parametri di frequenza piuttosto che quest’ultimo aspetto.

3.3 Partecipanti.

Il campione di partecipanti coinvolto in questa ricerca pilota è stato di 12 individui adulti madrelingua italiani, la cui età media è di 29 anni. La distribuzione di genere mostra una leggera prevalenza delle partecipanti identificate come donne, con il 58.3% delle partecipanti femminili (F=7) e il 41.7% maschili (M=5). Inoltre, la coorte include tutti individui che abbiano ottenuto un diploma di istruzione secondaria superiore e che provengano da contesti differenti e svolgano professioni diversificate.

I partecipanti sono stati reclutati attraverso contatti diretti con l’Università di Padova, ed il link per la partecipazione all’esperimento, personale e non riutilizzabile, è stato condiviso tramite indirizzi di posta elettronica dell’Università di Padova.

La partecipazione è volontaria, e ogni partecipante è stato informato sulla natura preliminare della ricerca e la sua limitata portata, nonché sui suoi diritti e la possibilità di ritirarsi in qualsiasi momento senza conseguenze negative. Ogni partecipante ha fornito il consenso informato prima

di partecipare allo studio, ed è stato assicurato il rispetto dei principi etici nel corso della ricerca. I partecipanti sono stati inoltre informati della natura *born-open* e della condivisione automatica dei dati grezzi anonimizzati di questo esperimento su *repository* di *Open Science Framework*, la quale verrà discussa in seguito, ed erano coscienti della possibilità di ritirarsi dall'esperimento in qualunque momento, senza necessità di fornire motivazione alcuna. Le informazioni demografiche, insieme a eventuali fattori specifici della ricerca, saranno trattate in modo confidenziale e utilizzate solo in forma aggregata per garantire la privacy e l'anonimato dei partecipanti.

3.4 Procedura sperimentale.

Il programma per questo esperimento è stato scritto tramite l'utilizzo di jsPsych (de Leeuw, 2015). JsPsych è una libreria JavaScript ampiamente utilizzata per la creazione di esperimenti psicologici online e per la ricerca comportamentale sul web. L'esperimento pilota è stato infatti condotto interamente online, tramite computer fisso o portatile. Questa libreria è stata estremamente utile per la creazione di questa procedura sperimentale poiché offre una serie di componenti predefiniti, chiamati *plug-in*, i quali consentono agli sviluppatori di creare facilmente compiti sperimentali complessi. Questi *plug-in* possono essere utilizzati per presentare stimoli visivi, audio o testuali, raccogliere risposte dall'utente e registrare dati di tracciamento comportamentale. Il funzionamento di jsPsych si basa su un modello di programmazione ad eventi, in cui gli eventi vengono scatenati in risposta alle azioni dell'utente o ad altri stimoli. Gli sviluppatori possono definire una serie di *trial* che costituiscono un esperimento, ognuno dei quali può includere uno o più *plug-in* per presentare stimoli e raccogliere dati. Inoltre, jsPsych gestisce automaticamente il flusso dell'esperimento, registrando le risposte degli utenti e passando alle prove successive in base alle istruzioni specificate. Alla fine dell'esperimento, jsPsych ha fornito una serie di dati da analizzare per valutare le risposte degli utenti e testare le ipotesi di ricerca.

Non è negli obiettivi di questo paragrafo entrare nei dettagli della programmazione del codice di questo esperimento, poiché ciò richiederebbe un capitolo a parte. Tuttavia, è qui riportato il *link* per la *repository* di GitHub: <https://github.com/francesco-vespignani/RepetitionMaze> all'interno della quale è presente lo *script* utilizzato per implementare l'esperimento.

Questo lavoro infatti, oltre ad essere *born open-data*, è anche *born open-source*: utilizzando la

versione gitpages è infatti possibile esporre direttamente il codice html e javascript dal sito GitHub, quindi il codice risulta libero e disponibile all'atto della raccolta dati. Visitando la pagina corrispondente a questo collegamento ipertestuale è possibile consultare non solo il codice completo in JavaScript utilizzato per la costruzione dell'esperimento, ma anche una serie di altri file, tra cui il materiale completo dell'esperimento.

Nel contesto del presente studio, è stato adottato un approccio *born-open* (de Leeuw, 2023) per affrontare le sfide uniche poste dalla conduzione di esperimenti comportamentali su Internet.

L'utilizzo di metodologie aperte mira innanzitutto a garantire la trasparenza e l'accessibilità dei dati di ricerca, consentendo agli altri studiosi di esaminare e validare i risultati dello studio in modo indipendente. In un periodo di crisi di riproducibilità degli esperimenti, che prosegue da perlomeno la metà del decennio scorso (Baker, 2016), queste pratiche favoriscono la riproducibilità della ricerca e contribuiscono alla solidità e all'integrità della base conoscitiva scientifica. Inoltre, l'apertura dei dati promuove la collaborazione e lo scambio di conoscenze all'interno della comunità scientifica, consentendo un progresso più rapido e significativo nella comprensione dei fenomeni studiati.

L'adozione di pratiche *open* rispecchia altresì un'impostazione etica e professionale che risponde alle crescenti aspettative di trasparenza e responsabilità nel contesto della ricerca scientifica.

Questa scelta non solo rafforza la fiducia pubblica nella ricerca scientifica, ma contribuisce anche a una cultura della ricerca basata su principi di collaborazione e condivisione dei dati. In sintesi, l'approccio aperto adottato nel presente studio mira a promuovere un progresso scientifico più affidabile, inclusivo e socialmente responsabile. Infatti, come proposto da Miyakawa (2020), una delle cause alla base di questa crisi di riproducibilità potrebbe risiedere nella pratica di manipolazione o di falsificazione dei dati, originata dalla mancanza di raw-data direttamente condivisi con piattaforme come DataPipe. DataPipe (de Leeuw, 2023) è una piattaforma che consente ai ricercatori di inviare i dati direttamente da un esperimento all'Open Science Framework (OSF). Una volta configurato l'esperimento utilizzando DataPipe e aggiunti alcuni righe di codice al software sperimentale, i dati possono essere inviati automaticamente all'OSF. Questi dati possono quindi essere accessibili al pubblico attraverso il profilo del ricercatore su OSF o attraverso URL specifici forniti dallo stesso ricercatore. Open Science Framework è una piattaforma online che supporta la gestione e la condivisione di progetti di ricerca, compresi dati, codice e altri materiali. I dati di ricerca pubblicati su OSF possono essere resi accessibili a chiunque, consentendo agli altri ricercatori di esaminare, scaricare e utilizzare i dati per scopi di ricerca.

L'esperimento pilota in oggetto consiste in tre fasi, ed è della durata complessiva di circa 20 minuti. Una volta che il partecipante decide di cliccare sul link con lui condiviso via e-mail, vi è la comparsa di un messaggio iniziale di benvenuto, allo scopo di informare il partecipante riguardo la durata dell'esperimento ed esortarlo a svolgere la prova in un luogo tranquillo al fine di affrontarla nel modo più veloce e accurato possibile. Prima della pratica vera e propria, ai partecipanti viene presentata una descrizione testuale delle due fasi principali del compito. In seguito, appare dapprima un'immagine animata, allo scopo di illustrare il funzionamento della fase di *self-paced reading*, e successivamente un'altra immagine per la fase di Maze Task, come raffigurato in **Figura 3.1**. Queste immagini sono state inserite nello script jsPsych al fine di raggiungere una migliore comprensione di quelle che sono le azioni meccaniche che il partecipante deve compiere al fine di completare con successo entrambe le fasi successive dell'esperimento.

A seguito delle istruzioni viene proposta la fase di pratica. La struttura generale di questa fase è del tutto identica a quella dell'esperimento vero e proprio e i tempi di reazione e numero di errori, seppur non inclusi nell'analisi dei dati dell'esperimento vero e proprio, vengono in ogni caso registrati.

Per la fase di pratica, tre frasi sono state scartate dal materiale *target* e somministrate. Viene qui presentata una frase *target* per condizione, tali che siano presentate in quest'ordine: una versione *semv*, una *syntv* e una *regular*. Superata questa fase, inizia l'esperimento vero e proprio.

Come già anticipato nel capitolo precedente, il compito di *self-paced reading* è molto semplice: il partecipante deve leggere una frase una parola alla volta, premendo un tasto per passare dalla precedente alla successiva. Prima della somministrazione della frase, sullo schermo è presente

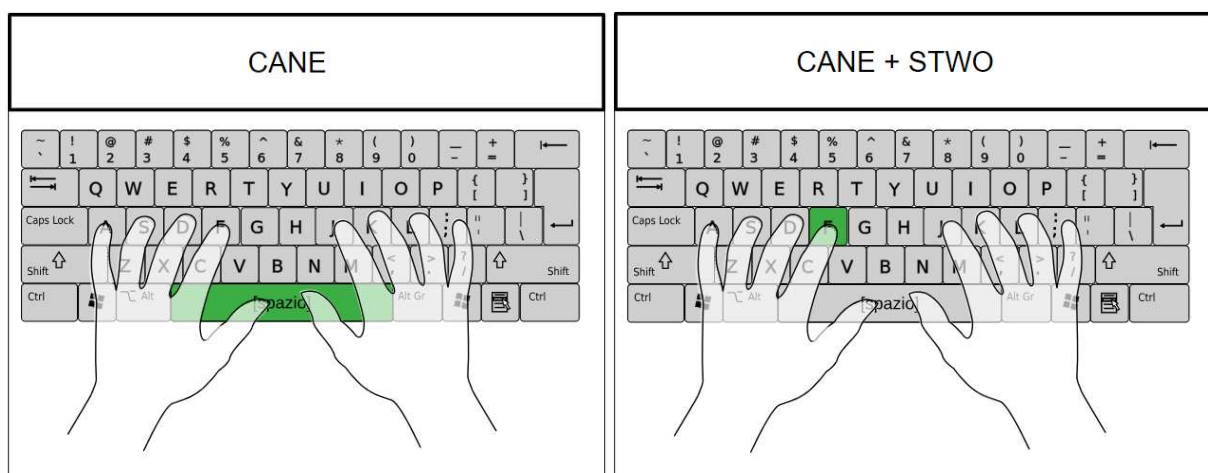


Figura 3.1: (a) Nella figura a sinistra è riportata l'illustrazione animata utilizzata per la pratica del *self-paced reading*. (b) Nella figura a destra è riportata l'illustrazione animata utilizzata per la pratica del Maze Task.

esclusivamente una croce di fissazione, la quale indica al partecipante il punto dello schermo dove appariranno quelle parole, cioè al centro. La frase *target* non è mai presentata nella sua interezza, ma è possibile visualizzarla solo una parola per volta. Per avanzare nel SPR, l'unico tasto che è possibile premere è la barra spaziatrice. Quando il tasto è premuto, la parola presente sullo schermo in un determinato momento scompare ed appare la successiva. Il tempo trascorso tra una pressione e l'altra del pulsante, cioè il tempo in cui una parola è stata visibile, viene registrato in millisecondi come misura dipendente. Alla fine della fase di SPR, appare un messaggio che esorta il partecipante a prepararsi alla fase Maze dell'esperimento.

Completata questa fase, inizia la somministrazione del Maze Task. Durante questo compito decisionale, ampiamente descritto nel secondo capitolo, la frase *target* già presentata deve essere ricostruita dal partecipante, il quale deve districarsi tra le alternative *non-words* e *target* selezionando la parola corretta. Il partecipante deve premere il tasto "F" per scegliere la parola apparsa sul lato sinistro dello schermo, e il tasto "J" per selezionare la parola apparsa su quello destro. Al centro dello schermo, a metà tra le posizioni di comparsa delle alternative del Maze, è sempre presente una croce di fissazione.

Una volta terminato il primo Maze, questo viene ripetuto altre quattro volte, per un totale di cinque ripetizioni. Ogni ripetizione è intervallata da un breve messaggio. In caso il partecipante non commetta errori, il messaggio presentato è di colore verde e prepara il partecipante alla ripetizione successiva. Nel caso in cui ne commetta, il messaggio in rosso riporta la quantità di errori commessi e un rinforzo verbale correttivo, il quale esorta il partecipante a fare più attenzione. Le alternative "distrattore" presentate sono sempre le stesse per ogni parola e ad ogni ripetizione, cosa che è dovuta principalmente alla mole di materiale creato per questo pilota che, sebbene vasto, è comunque insufficiente a far sì che le alternative "distrattore" varino ad ogni ripetizione. Anche in questa fase, i tempi di reazione per la scelta decisionale ad ogni *maze step* vengono registrati come variabile dipendente per la successiva analisi.

Completata anche la fase di Maze Task, si passa alla frase *target* successiva, la quale viene sempre presentata in modalità SPR e succeduta dalle cinque ripetizioni di Maze. In totale, al partecipante vengono somministrate 36 frasi *target*, 12 per tipo. Le frasi vengono presentate in ordine casuale, indipendentemente alla categoria a cui appartengono, per evitare effetti di anticipazione riguardo quale tipologia di frase comparirà di seguito. Al completamento dell'esperimento nella sua interezza, il partecipante può decidere se visualizzare un messaggio "spiegazione" tramite la presenza link, il quale lo reindirizzerà ad un breve *debriefing* riguardante gli scopi dell'esperimento.

3.5 Ipotesi sperimentali.

In questo paragrafo sono delineate nello specifico e formalizzate le ipotesi sperimentali di questo esperimento pilota. Per quanto riguarda la prima fase di *self-paced reading*, si ipotizza che vi sia una differenza nei tempi di lettura tra le frasi normali e quelle con violazioni linguistiche.

L'ipotesi alternativa suggerisce che i tempi di lettura delle frasi normali siano minori rispetto a quelli delle frasi violate, il che potrebbe indicare una maggiore difficoltà o ritardo nella comprensione delle frasi contenenti violazioni linguistiche.

Pertanto:

- **Ipotesi *self-paced reading***

Non vi è alcuna differenza significativa nei tempi di lettura tra le frasi normali e quelle con violazioni linguistiche nel compito di lettura autoregolata.

- $H_0: \mu_{\text{regular}} = \mu_{\text{violation}}$

I tempi di lettura delle frasi normali sono inferiori rispetto a quelli delle frasi con violazioni linguistiche nel compito di lettura autoregolata.

- $H_1: \mu_{\text{regular}} < \mu_{\text{violation}}$

Come già ampiamente discusso e descritto nei paragrafi 2.4 e 3.1, le variabili indipendenti sono rappresentate dalle tipologie di frasi somministrate: frasi *regular* (cioè senza alcun tipo di violazione), frasi con la presenza di una violazione semantica e frasi con la presenza di una violazione sintattica. La variabile dipendente è rappresentata dai tempi di risposta al compito decisionale tra coppie di alternative. Questo compito viene ripetuto 5 volte. È necessaria quindi la formulazione di due ipotesi sperimentali distinte, una che riguardi l'impatto sui RTs dei diversi tipi di violazioni, e un'altra che riguardi la variazione dei RTs all'aumentare del numero di ripetizioni.

Pertanto:

- **Ipotesi riguardo l'effetto delle violazioni:**

Non vi è alcuna differenza significativa nei tempi di reazione decisionale tra le diverse tipologie di frasi target nei punti delle violazioni.

- $H_0: \mu_{\text{syntv}} = \mu_{\text{semv}} = \mu_{\text{regular}}$

I tempi di reazione decisionale aumentano nei punti delle violazioni rispetto alle frasi regolari. In

particolare, i tempi di reazione sono maggiori per le frasi con violazioni sintattiche rispetto a quelle con violazioni semantiche.

- $H1: \mu_{\text{syntv}} > \mu_{\text{semv}} > \mu_{\text{regular}}$

- **Ipotesi riguardo l'effetto di ripetizione:**

I tempi di reazione decisionale rimangono costanti o invariati, indipendentemente dal numero di ripetizioni del compito per tutte le tipologie di frasi target e nei punti delle violazioni.

- $H0: \mu_{\text{all_rep1}} = \mu_{\text{all_rep2}} = \dots = \mu_{\text{all_repN}}$

Per tutte le tipologie di frasi target, anche nei punti delle violazioni, all'aumentare delle ripetizioni, i tempi di reazione decisionale diminuiscono.

- $H2: \mu_{\text{all_rep1}} > \mu_{\text{all_rep2}} > \dots > \mu_{\text{all_repN}}$

In queste ipotesi, viene considerato solo il punto delle violazioni per confrontare i tempi di reazione tra le diverse tipologie di frasi target, poiché è in quel punto che ci si aspetta un incremento significativo nei tempi di reazione. In questa prima analisi non ci si aspetta di avere una sufficiente potenza statistica per affrontare aspetti più fini, in particolare la differenza nella quantità di *spillover* fra *self-paced reading* e *repetition-maze*, anche se questa ipotesi è teoricamente rilevante, come descritto nel secondo capitolo. In realtà la scelta del maze in questo esperimento è legata più alla possibilità di avere un compito comportamentale sulla ripetizione che avere stime più puntuali sulla parola ove i rallentamenti avvengono. Con l'aumentare delle ripetizioni nel compito, i tempi di reazione decisionale potrebbero sia diminuire a causa dell'automatizzazione del processo di *repetition maze*, che aumentare, dato il deterioramento della traccia mnestica della frase da ricordare, a causa dello svolgimento del compito Maze che può essere visto come interferente. Per tutte le tipologie di frasi target nei punti delle violazioni. Questa relazione può essere descritta utilizzando una regressione lineare, dove i tempi di reazione decisionale y sono funzione del numero di ripetizioni del compito x , tale che:

$$y = mx + b$$

Dove m è il coefficiente angolare della retta di regressione e indica la pendenza della relazione tra tempi di reazione e numero di ripetizioni, mentre b è il termine noto che rappresenta il valore iniziale dei tempi di reazione decisionale.

È possibile pertanto scrivere l'ipotesi alternativa riguardo l'effetto di ripetizione nel seguente modo:

$$H2: m < 0 \quad \text{o} \quad H2: m > 0$$

indicando che i tempi di reazione decisionale diminuiscono all'aumentare delle ripetizioni del compito, per tutte le tipologie di frasi *target* e nei punti delle violazioni. Siccome il coefficiente angolare rappresenta la pendenza della retta di regressione, quando m è negativo, significa che la retta ha una pendenza discendente, cioè che la variabile dipendente diminuisca al crescere della variabile indipendente (il numero di ripetizioni del compito).

Nel contesto di uno studio esplorativo, caratterizzato dalla scoperta e dall'indagine preliminare di un fenomeno o di un'area di interesse, la formulazione di ipotesi ben precise può risultare complessa. Questo perché uno studio esplorativo spesso manca di precedenti ricerche su cui basarsi. In assenza di dati consolidati o di una comprensione approfondita del fenomeno in questione, è possibile trovarsi ad affrontare una vastità di variabili e fattori, i quali rendono ardua l'identificazione di relazioni causali o di pattern significativi. Inoltre, la natura stessa della ricerca esplorativa favorisce l'apertura a nuove prospettive e alla scoperta di nuove domande di ricerca, rendendo il processo di formulazione delle ipotesi un'impresa fluida e in continua evoluzione. Nel contesto degli studi esplorativi, è essenziale adottare un approccio flessibile e aperto, consentendo l'emergere spontaneo di ipotesi sulla base dei dati e delle osservazioni raccolte durante il processo di ricerca.

3.6 Analisi dei dati.

Per analizzare i tempi di lettura nel *self-paced reading* e quelli di reazione decisionale nel Maze Task, sono stati scelti due approcci fondamentali. Il primo è un approccio descrittivo, volto a visualizzare la distribuzione dei dati. La statistica descrittiva negli studi di psicologia è infatti cruciale per ottenere intuizioni sui modelli e le caratteristiche sottostanti ai dati (Pastore, Lionetti & Altoè, 2019). Ciò consente ai ricercatori di identificare tendenze, anomalie e potenziali relazioni, fornendo una comprensione di base che informa le successive analisi statistiche inferenziali. Questa esplorazione visiva non solo migliora l'interpretazione dei risultati ma informa anche la verifica delle ipotesi, contribuendo infine a formulare interpretazioni informative dei risultati. Il secondo è l'approccio inferenziale; specificamente, sono stati selezionati modelli di regressione lineare multipla per modellare statisticamente gli effetti delle condizioni sperimentali nel compito di *self-paced reading* (frasi con violazioni: *regular*, *syntactic*, *semantic*; *word position*: da 0 a 6), e nel Maze Task (Frase con violazioni: *regular*, *syntactic*, *semantic*; numero di ripetizioni: da 1 a 5), ai tempi di reazione, con un approccio di analisi di regressione multipla multilivello. Per eseguire e visualizzare l'analisi dei risultati, abbiamo utilizzato il software R versione 4.2.1 (R Core Team, 2022) insieme al pacchetto lme4 (Bates et al., 2009) e a SjPlot. (Lüdtke, 2023).

3.7 Risultati e Discussione.

Nei paragrafi successivi, verranno esaminati dettagliatamente e discussi i risultati delle analisi dei dati, concentrando il focus sulle variazioni nei tempi di risposta osservati durante il *self-paced reading* e nella scelta tra le alternative nel Maze Task. Verrà descritto l'impatto delle violazioni semantiche e sintattiche sulla comprensione degli *input* linguistici e discusse le differenze nei RTs tra le diverse condizioni sperimentali. Durante l'esecuzione del compito decisionale Maze, è stato osservato un tasso di errori generalmente basso. Il basso numero di errori assicura che l'analisi dei RTs relativamente ai *trial* corretti non comporti un ampio sbilanciamento della numerosità dei trials nelle varie condizioni sia per il *self-paced*, nel quale tutti i trial risultano chiaramente corrette, che per il Maze Task.

3.7.1 Error Rates.

Il primo dato che è importante sottolineare è che i tassi di errore al compito decisionale sono stati in generale bassi. Infatti, risulta che i partecipanti abbiano svolto il compito con un'accuratezza del 97,4%, il che fa sì che il numero di errori sia trascurabile e non impatti l'analisi dei dati. Questa è una caratteristica coerente con i risultati ai *lexical maze*, i quali risultano essere più semplici delle varianti *grammatical* (Witzel et al., 2012; Witzer & Forster, 2014). Il *pilot* qui discusso è stato condotto con delle alternative “distrattore” *non-word* precisamente allo scopo di contenere i tassi di errore e permettere ai partecipanti di eseguire il compito senza un'eccessiva difficoltà. Data la natura preliminare dello studio e la grandezza del campione, la preferenza è stata quella di avere il massimo possibile di dati analizzabili sui tempi di reazione piuttosto che rischiare che gli effetti fossero distribuiti in modo complesso nelle due variabili dipendenti (velocità e accuratezza). Un alto livello di errore avrebbe potuto ridurre e sbilanciare i tempi di reazione analizzabili e, data la numerosità campionaria, fornire risultati sui tempi di reazione difficilmente interpretabili.

Una raccolta dati con un tasso di errore pari al 2,6% è un buon punto di partenza per l'analisi dei tempi di risposta, è possibile pertanto ritenere che un primo obiettivo sia stato raggiunto.

3.7.2 Analisi dei tempi di lettura nel *self-paced reading*.

La **Figura 3.2** presenta la distribuzione di densità dei tempi di reazione (filtrati: >100ms; < 1500ms), escludendo dall'analisi tutte le risposte inferiori o superiori a questa soglia. Nel grafico (3.2. a) è possibile osservare come i partecipanti siano stati leggermente più rapidi nella lettura parola per parola di frasi regolari, rispetto a quelle contenenti violazioni semantiche e sintattiche, con un rallentamento maggiore per le frasi contenenti violazioni sintattiche rispetto a quelle contenenti violazioni semantiche. A livello puramente qualitativo, questo si vede dai picchi decrescenti sui tempi di reazione più veloci ≤ 400 ms, con le frasi *regular* più ‘densamente’ rapide. Ad ogni modo lo scarto è minimo. Inoltre, osservando le distribuzioni di densità divise per posizione di parola emerge che le ultime due parole delle frasi sembrano essere state lette più lentamente. In particolare, è importante notare l'andamento a “U” dei tempi di lettura. È possibile infatti notare che in tutte le tipologie di frasi le curve in Fig. 3.2 (b) 5 e 6, corrispondenti alla sesta e settima parola della frase violata, hanno visto nel SPR dei tempi di

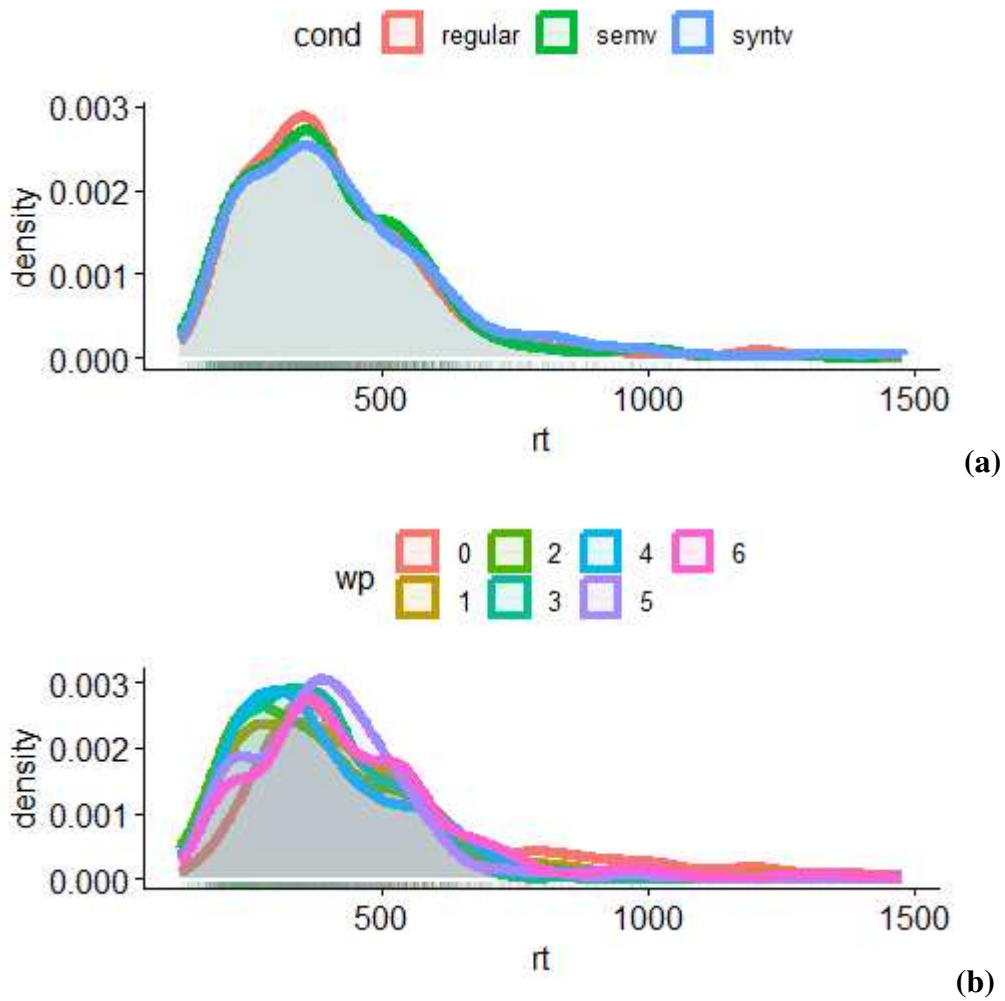


Figura 3.2:

(a) Grafico della densità dei tempi di reazione per condizione (in alto, *regular*= frasi regolari, *semv* =frasi con violazioni semantiche, *syntv* = frasi con violazioni sintattiche).

(b) Grafico della densità dei tempi di reazione per ordine di parole nella frase, in tutte le frasi *target* (da 0 a 6 parole).

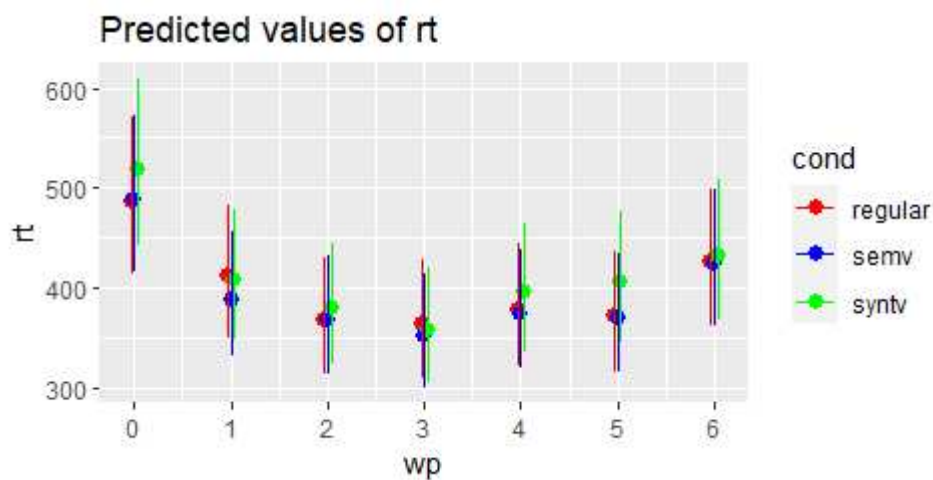


Figura 3.3: Mostra gli effetti marginali stimati dal modello di regressione generalizzato ad effetti misti.

reazione superiori a quelli registrati per tutte le altre parole, esclusa la prima. L'analisi con modelli generalizzati ad effetti misti (Gamma family e Log link function) suggerisce che il modello con interazione Frasi x Word Position è più plausibile di un modello nullo per spiegare i dati osservati (AIC= 38173, BIC= 38221, Chi-sq = 39.35, $p < 0.001$). La **Figura 3.3** mostra l'andamento stimato dei tempi di reazione. In questo grafico è rappresentato l'effetto statisticamente rilevante della *word position* ($\beta = -0.02$, $SE = 0.005$, $t = -3.848$), il quale suggerisce sicuramente una riduzione dei tempi di lettura nel tempo rispetto la prima parola. Risulta essere rilevante notare la direzione opposta degli effetti stimati per le violazioni, rispettivamente: delle frasi regolari rispetto alle frasi con violazioni sintattiche ($\beta = 0.03$, $SE = 0.03$, $t = 1$), e alle frasi con violazioni semantiche ($\beta = -0.02$, $SE = 0.03$, $t = -0.74$), il che suggerisce un trend numerico al rallentamento solo a carico delle frasi con violazioni sintattiche. I tempi di reazione per la prima parola sono plausibilmente molto alti poiché il partecipante ha appena iniziato l'SPR, e non ha ancora adottato un *pace* stabile con cui scorrere attraverso la frase. Le ultime due parole invece, le quali seguono le violazioni in posizione 2 e 3 (terza parola in *semv* e quarta parola in *syntv*) vedono un incremento nei tempi di lettura, forse a causa degli effetti di *spillover* tipici di questo compito (Smith & Levy, 2013), come espresso nel paragrafo 2.2.1, o al fatto che questo compito è stato somministrato online, per cui la tendenza del partecipante è quella di passare da parola a parola più velocemente (Enochson & Culbertson, 2015), cosa che potrebbe far emergere questi effetti in maniera più netta e quindi su parole ancora più distanti dalla violazione.

3.7.3 Effetti delle violazioni e della ripetizione nel Maze Task.

La **Figura 3.4** presenta la distribuzione di densità dei tempi di reazione (filtrati: $>100\text{ms}$; $< 2000\text{ms}$), escludendo dall'analisi anche in questo caso tutte le risposte inferiori o superiori a questa soglia. Questo grafico suggerisce come i partecipanti siano stati più rapidi nella selezione della parola per le frasi regolari e per quelle contenenti violazioni semantiche, con un rallentamento ancor maggiore per le frasi con violazioni sintattiche. Questo risultato è in gran parte coerente con quelli trovati per la fase di *self-paced reading* di questo esperimento e con i risultati dello studio di Mascelloni et al. (2019). Inoltre, considerando le distribuzioni di densità per ognuna delle cinque ripetizioni è possibile osservare a livello descrittivo (variabilità e indici

centrali) che i rallentamenti emergono al progredire delle ripetizioni, contrariamente all'ipotesi formulata, per cui, all'aumentare delle ripetizioni, i tempi di reazione decisionale al compito sarebbero progressivamente diminuiti. L'analisi con modelli generalizzati ad effetti misti (Gamma family e Log link function) suggerisce che il modello con interazione Frasi x Word Position è più plausibile di un modello nullo a spiegare i dati (AIC = 184794, BIC = 184924, Chi-sq = 29.96, $p = 0.002$). La **Figura 3.5** nello specifico, mostra l'andamento crescente dei tempi di reazione per il numero di ripetizioni ($\beta = 0.004$, $SE = 0.002$, $t = 1.94$) suggerendo tempi più lunghi per le frasi con violazioni sintattiche ($\beta = 0.01$, $SE = 0.01$, $t = 1.00$) rispetto a quelle regolari. Le frasi con violazioni semantiche mostrano invece un andamento molto simile alle frasi regolari ($\beta = 0.001$, $SE = 0.01$, $t = 0.10$), confermando l'ipotesi per cui queste incrementassero in misura minore i costi di elaborazione rispetto a quelle con violazioni sintattiche.

In generale, nella fase di *self-paced reading*, i partecipanti hanno mostrato tempi di lettura più lunghi per le frasi contenenti violazioni sintattiche rispetto a quelle con violazioni semantiche e frasi regolari. Inoltre, si è osservato un rallentamento nelle ultime due parole delle frasi violate, suggerendo un effetto delle violazioni sull'elaborazione della frase. I risultati suggeriscono che le violazioni sintattiche abbiano un impatto significativo sia sui tempi di lettura e di decisione, mentre le violazioni semantiche sembrano influire in misura minore, questo sembra essere coerente con le evidenze presenti in letteratura. Si è evidenziato un rallentamento progressivo dei tempi di reazione al crescere delle ripetizioni nel Maze Task, soprattutto per le frasi con violazioni sintattiche. Questo è un risultato sicuramente interessante, poiché l'idea di fondo che ha guidato le ipotesi, era che i partecipanti migliorassero nel Maze all'aumentare delle ripetizioni. Questo si sarebbe potuto plausibilmente verificare nel caso in cui le alternative *target* e quelle "distrattore" fossero apparse sempre nei medesimi punti sulla schermo, e non in modo casuale, com'è stato invece nel caso di questa procedura sperimentale. Un'ipotesi per interpretare questo dato potrebbe essere che, data la natura decisionale del compito, il costo coinvolto nella discriminazione e la necessità di una elaborazione completa di ogni alternativa prima che il partecipante possa passare alla coppia successiva richieda livelli sostenuti di attenzione per l'interezza della sua durata e risulti stancante o possa comportare un deterioramento della traccia mnestica col passare delle ripetizioni.

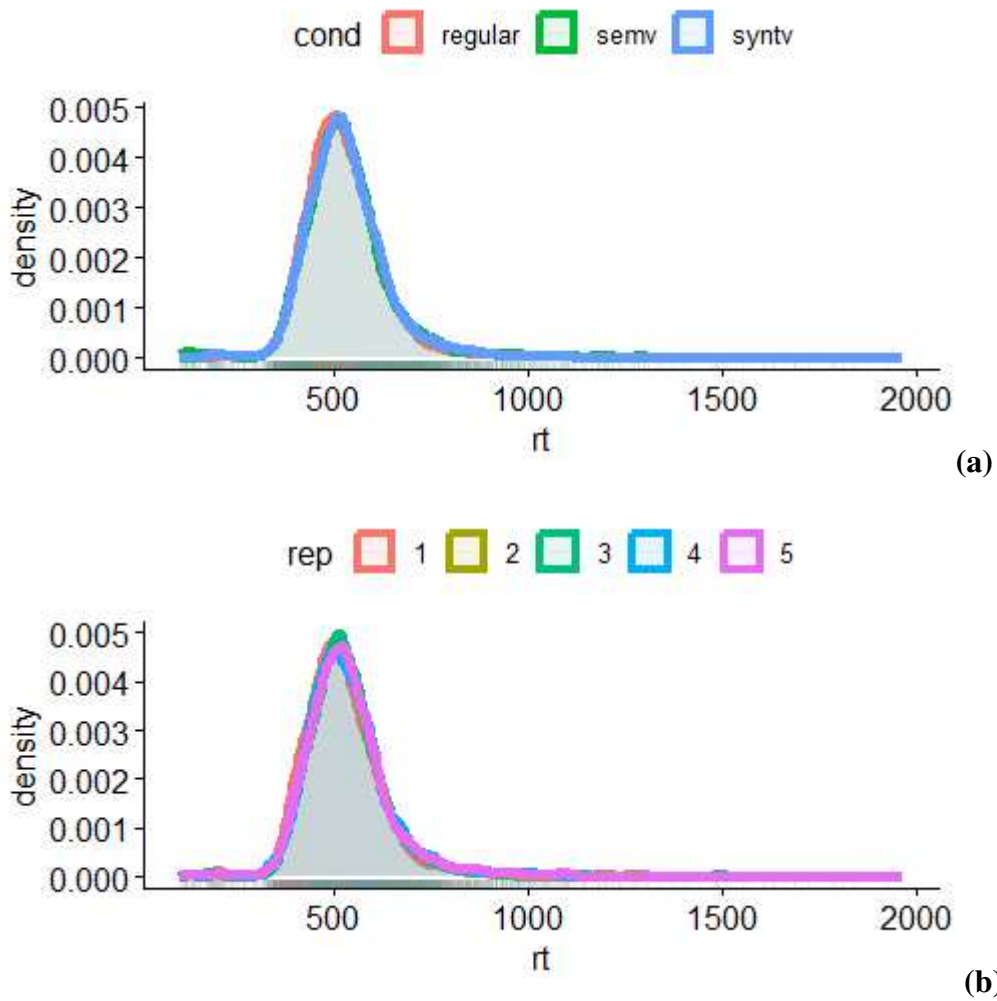


Figura 2.4:

(a) Grafico della densità dei tempi di reazione nella selezione delle parole nel Maze task per condizione (in alto, *regular*=frasi regolari, *semv*=frasi con violazioni sintattiche, *syntv*=frasi con violazioni sintattiche).

(b) Grafico della densità dei tempi di reazione nella selezione delle parole nel Maze Task per numero di ripetizioni (rep = da 1 a 5 ripetizioni per ciascuna frase).

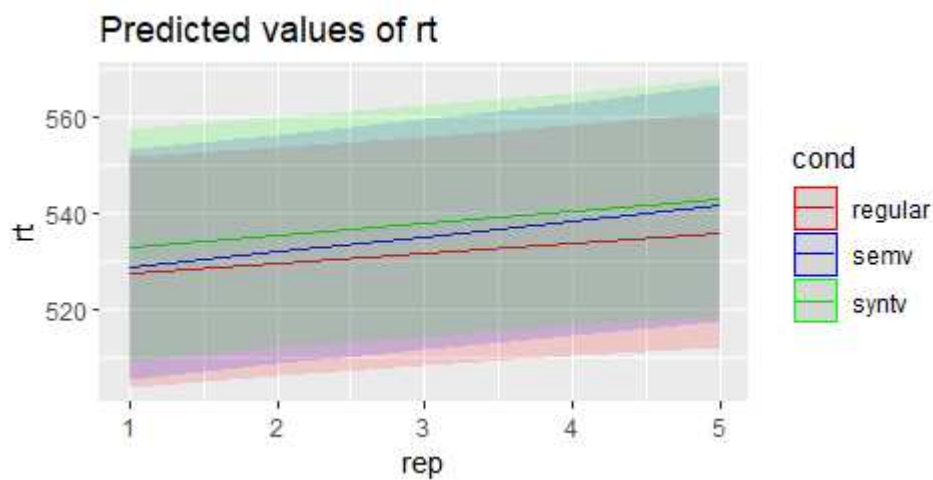


Figura 3.5: Mostra gli effetti marginali stimati dal modello di regressione generalizzato ad effetti misti.

3.7.4 Limiti dell'esperimento.

Sebbene lo scopo del nostro pilota non fosse quello di presentare un'importante potenza statistica, le dimensioni ridotte del campione limitano la rappresentatività dei risultati, incidendo sulla generalizzabilità delle conclusioni ottenute. La bassa numerosità del campione aumenta la sensibilità agli effetti casuali e alle variabili estranee, rendendo difficile distinguere con precisione l'impatto delle variabili indipendenti sulle risposte osservate. La limitata dimensione potrebbe anche compromettere la validità interna dello studio, poiché la presenza di *outlier* o la distribuzione non rappresentativa delle caratteristiche dei partecipanti potrebbero influenzare in modo significativo i risultati, sebbene nel caso del presente esperimento si sia fatta molta attenzione a questi aspetti, filtrando i tempi di risposta al di sopra o sotto di una determinata soglia. Inoltre, la scarsa numerosità potrebbe non consentire l'adeguata esplorazione delle complessità del fenomeno in esame e potrebbe limitare la capacità di individuare sottili variazioni o tendenze emergenti.

Un altro limite di questo esperimento riguarda i “distrattori” utilizzati per la fase di Maze Task. Come descritto nel paragrafo 3.4 riguardante la procedura sperimentale, le alternative “distrattore” presentate durante la fase Maze, risultano essere sempre le stesse per ogni parola e ad ogni ripetizione, cosa che è dovuta principalmente alla mole di materiale creato per questo pilota che, sebbene vasto, è comunque insufficiente a far sì che le alternative “distrattore” varino ad ogni ripetizione. Non si esclude che potrebbe essere consono utilizzare un processo automatizzato (Boyce et al., 2020) di creazione dei “distrattori” per far sì che questi varino ad ogni ripetizione, particolarmente nel caso della somministrazione di alternative *non-words*. Questo allo scopo di prevenire l'anticipazione di alternative “distrattore” già viste in precedenza. Il fatto che i “distrattori” siano sempre gli stessi in tutte le ripetizioni può essere la causa dell'aumento dei tempi di esecuzione del compito. È infatti possibile che i soggetti tendano a ricordare e rievocare non solo la frase ma anche i “distrattori” associati ad ogni parola aumentando il carico di memoria.

Inoltre, un campione più ampio permetterebbe la somministrazione di un G-Maze, cioè composto da alternative “distrattore” costituite da parole reali, cosa che, secondo alcuni studi (Witzel et al., 2012; Witzel & Forster, 2014), dovrebbe permettere al compito di elicitare costi ancor più ampi e localizzati nei punti delle ambiguità o delle violazioni. Nel caso del presente lavoro, un G-Maze avrebbe plausibilmente portato ad alti tassi di errore da parte dei partecipanti, cosa che potrebbe non essere considerata un limite nel caso di campioni molto ampi.

3.8 Prospettive future.

Oltre a fornire un'analisi dei risultati ottenuti, è importante considerare le prospettive future che possono derivare da questo studio. Esaminare le implicazioni di questi risultati può fornire un solido fondamento per sviluppi futuri nell'ambito della ricerca sulla comprensione del linguaggio e dei processi cognitivi associati. In questo contesto, alcune direzioni di ricerca promettenti emergono come potenziali aree di approfondimento e sviluppo. Potrebbe essere possibile esaminare sottogruppi specifici all'interno della popolazione per identificare eventuali differenze nelle risposte alla manipolazione sperimentale. Grazie ad un campione più ampio, come discusso alla fine del paragrafo 2.4, sarebbe possibile inserire tra le variabili indipendenti anche differenti tipologie di “distrattori”, osservando come queste possono incidere sulla variabile dipendente nei punti delle violazioni ed analizzare in che misura costituiscono un fattore che influisce nella difficoltà del compito, sia in termini di accuratezza che di velocità. In particolar modo, un confronto diretto tra G-Maze con “distrattori” *grammatical* e L-Maze con “distrattori” *pseudo-word* potrebbe risultare interessante, data la complessità del primo e le caratteristiche del secondo, diverse dai “distrattori” *non-word*.

Sfruttando l'altra variante recente del Maze, chiamata *interpolated* (I-Maze), la quale utilizza una combinazione di “distrattori” costituiti da parole reali e altri da non-parole (Vani et al., 2021; Wilcox et al., 2021), sarebbe addirittura possibile, modificando il disegno sperimentale, pensare ad un esperimento senza una fase di *self-paced reading* atta a presentare il *target*. In questo caso infatti, se venisse specificato che le alternative rappresentate da parole inesistenti non possono mai costituire una legittima continuazione del Maze, il partecipante sarebbe costretto a privilegiare le alternative esistenti nella lingua di riferimento, anche se queste costituiscono delle violazioni linguistiche, così da fugare ogni dubbio su quale possa essere una legittima continuazione in un G-Maze contenenti frasi *target* violate. A quel punto tuttavia, gli effetti delle violazioni potrebbero apparire sulle parole successive alla violazione e non nel punto della violazione stessa, dato che il partecipante non sarebbe a conoscenza della frase *target* in anticipo, cosa che all'aumentare delle ripetizioni potrebbe originare degli effetti problematici di anticipazione della violazione.

Ad ogni modo, il campo degli studi riguardanti l'applicazione di nuovi metodi di analisi dell'elaborazione del *processing* incrementale, applicato nell'ambito violazioni linguistiche e della ripetizione, è sicuramente un territorio inesplorato. Questo esperimento pilota ha avuto lo scopo di illustrare un disegno sperimentale che può essere sfruttato per comprendere come

combinazioni diverse di queste variabili indipendenti incidano sui tempi di reazione dei partecipanti.

CONCLUSIONE

Il focus principale di questo lavoro di tesi è stato l'applicazione del Maze Task nell'ambito della ripetizione di frasi linguisticamente violate. In particolare, quando la procedura sperimentale fosse adatta a rilevare gli effetti dovuti alla difficoltà di elaborazione di frasi contenenti violazioni, e come questa variasse in base alla ripetizione di queste. Basandosi sull'osservazione e sull'analisi dei risultati ottenuti dal *pilot*, emerge un quadro sufficientemente dettagliato e significativo riguardo agli effetti delle violazioni linguistiche sulle prestazioni dei partecipanti al Maze Task. L'esperimento ha permesso di identificare gli effetti delle manipolazioni sui tempi di lettura e i tempi di reazione decisionali associati alle diverse tipologie di violazioni. Si è potuto osservare un rallentamento nei tempi di lettura e di reazione decisionale per le frasi contenenti violazioni sintattiche, mentre le violazioni semantiche sembrano influire in misura minore. È emerso che all'aumentare delle ripetizioni vi è stato un rallentamento progressivo nei tempi di reazione, soprattutto per le frasi con violazioni sintattiche, contrariamente all'ipotesi iniziale. L'approccio metodologico adottato, seppur con alcune limitazioni dovute alla dimensione ridotta del campione e alla scelta dei "distrattori", ha fornito una base solida per l'analisi dell'elaborazione delle violazioni linguistiche e per l'individuazione di aree di interesse per lo sviluppo futuro della ricerca. L'uso di un approccio born open-data riflette un impegno per la trasparenza e l'accessibilità dei dati, promuovendo una cultura della ricerca basata sulla collaborazione e la condivisione delle conoscenze. Future implementazioni della ricerca necessitano di un aumento della numerosità campionaria, in modo da consentire una maggiore generalizzazione dei risultati e una migliore comprensione delle interazioni tra le variabili e dei loro impatti sui processi cognitivi. Inoltre, l'inclusione di diverse tipologie di "distrattori" potrebbe arricchire ulteriormente l'analisi, consentendo di esplorare la manipolazione della difficoltà del compito sulla variabile dipendente. La procedura sperimentale qui adottata sembra essere promettente ma, nonostante non sembri aver rivelato particolari problematiche, non si esclude che eventuali modifiche possano permettere una migliore localizzazione e rilevamento della grandezza degli effetti. In definitiva, i risultati ottenuti forniscono una base interessante per lo sviluppo futuro della ricerca sulla comprensione del linguaggio e dei processi cognitivi associati, contribuendo a una migliore comprensione delle modalità con cui il cervello elabora le informazioni linguistiche.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Acheson, D. J., & MacDonald, M. C. (2009). Verbal working memory and language production: Common approaches to the serial ordering of verbal information. *Psychological bulletin*, 135(1), 50. <https://doi.org/10.1037/a0014411>
- Albert, M. L., Goodglass, H., Helm, N. A., Rubens, A. B., & Alexander, M. P. (2013). *Clinical aspects of dysphasia* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Alexander, M. P., & Benson, D. F. (1992). The aphasia and related disturbances. *Clinical neurology*, R. J. Joynt (ed.) Philadelphia, Lippincott.
- Angosto, A., Sánchez, P., Álvarez, M., Cuevas, I., & León, J. A. (2013). Evidence for top-down processing in reading comprehension of children. *Psicología Educativa*, 19(1), 83-88. [https://doi.org/10.1016/S1135-755X\(13\)70014-9](https://doi.org/10.1016/S1135-755X(13)70014-9)
- Ardila, A., & Rosselli, M. (1992). Repetition in aphasia. *Journal of Neurolinguistics*, 7(1-2), 103-113. [https://doi.org/10.1016/0911-6044\(92\)90013-M](https://doi.org/10.1016/0911-6044(92)90013-M)
- Baker, M. (2016). Reproducibility crisis. *nature*, 533(26), 353-66. <https://doi.org/10.1038/533452a>
- Bakhtin, M. M. (1981). *The dialogic imagination: Four essays*. Austin, TX, University of Texas Press.
- Balota, D. A., Pollatsek, A., & Rayner, K. (1985). The interaction of contextual constraints and parafoveal visual information in reading. *Cognitive psychology*, 17(3), 364-390. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(85\)90013-1](https://doi.org/10.1016/0010-0285(85)90013-1)
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R.H.B., Singmann, H., Green, P. (2009). Package 'lme4'. Available online: <http://lme4.r-forge.r-project.org>
- Becker, A. L., & Becker, A. L. (2000). *Beyond translation: Essays toward a modern philology*. University of Michigan Press.
- Benson, D. F., & Gerschwind, N. (1977). The aphasia and related disturbances. *Handbook of clinical neurology*, 1. Clinical Neuropsychology, A. B. Baker and L. H. Baker (Eds.), New York, Harper and Row.

- Benson, D. F., Sheremata, W. A., Bouchard, R., Segarra, J. M., Price, D., & Geschwind, N. (1973). Conduction aphasia: a clinicopathological study. *Archives of Neurology*, 28(5), 339-346. <https://doi.org/10.1001/archneur.1973.00490230075011>
- Berndt, R. S. (1988). Repetition in aphasia; implications for models of language processing. *Handbook of neuropsychology*, 1, 329-348.
- Binder, J. R., Swanson, S. J., Hammeke, T. A., & Sabsevitz, D. S. (2008). A comparison of five fMRI protocols for mapping speech comprehension systems. *Epilepsia*, 49(12), 1980-1997. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2008.01683.x>
- Bles, M., Alink, A., & Jansma, B. M. (2007). Neural aspects of cohort-size reduction during visual gating. *Brain Research*, 1150, 143-154. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.02.071>
- Boyce, V., & Levy, R. P. (2023). A-maze of Natural Stories: Comprehension and surprisal in the Maze task. *Glossa Psycholinguistics*, 2(1), 1–34. <https://doi.org/10.5070/G6011190>
- Boyce, V., Futrell, R., & Levy, R. P. (2020). Maze made easy: Better and easier measurement of incremental processing difficulty. *Journal of Memory and Language*, 111, 104082. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2019.104082>
- Burns, T., & Rajan, R. (2015). Combining complexity measures of EEG data: multiplying measures reveal previously hidden information. *F1000Research*, 4. <https://doi.org/10.12688/f1000research.6590.1>
- Calvo, M. G., & Meseguer, E. (2002). Eye movements and processing stages in reading: Relative contribution of visual, lexical, and contextual factors. *The Spanish Journal of Psychology*, 5(1), 66-77. <https://doi.org/10.1017/S1138741600005849>
- Caplan, D., Vanier, M., & Baker, C. (1986). A case study of reproduction conduction aphasia I: Word production. *Cognitive Neuropsychology*, 3(1), 99-128. <https://doi.org/10.1080/02643298608252671>
- Caramazza, A., Basili, A. G., Koller, J. J., & Berndt, R. S. (1981). An investigation of repetition and language processing in a case of conduction aphasia. *Brain and language*, 14(2), 235-271. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(81\)90078-X](https://doi.org/10.1016/0093-934X(81)90078-X)
- Carreiras, M., & Clifton, Jr., C. (2004). *The On-line Study of Sentence Comprehension: Eyetracking, ERPs and Beyond* (1st ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203509050>

- Carroll, J. M. (1979). Complex compounds: Phrasal embedding in lexical structures.
<https://doi.org/10.1515/ling.1979.17.9-10.863>
- Casler, K., Bickel, L., & Hackett, E. (2013). Separate but equal? A comparison of participants and data gathered via Amazon's MTurk, social media, and face-to-face behavioral testing. *Computers in human behavior*, 29(6), 2156-2160.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.05.009>
- Chacón, D. A., Kohrt, A., O'Neill, P., & Sorensen, T. (2021). Limits on semantic prediction in the processing of extraction from adjunct clauses. *PsyArXiv*. October, 27.
<https://doi.org/10.31234/osf.io/9rfmw>
- Coulson, S., King, J. W., & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: Event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and cognitive processes*, 13(1), 21-58.
<https://doi.org/10.1080/016909698386582>
- Crepaldi, D., Amenta, S., Mandera, P., Keuleers, E., & Brysbaert, M. (2015, September). Quality, not quantity: Register is more important than size in corpus-based frequency estimation. In *19th Conference of the European Society for Cognitive Psychology (ESCoP)*, Paphos, Cyprus. <https://osf.io/4q38v>
- Curran, T., & Dien, J. (2003). Differentiating amodal familiarity from modality-specific memory processes: An ERP study. *Psychophysiology*, 40(6), 979-988.
<https://doi.org/10.1111/1469-8986.00116>
- Daneman, M., Merikle, P.M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review* 3, 422–433.
<https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- de Leeuw, J. R. (2015). jsPsych: A JavaScript library for creating behavioral experiments in a Web browser. *Behavior research methods*, 47, 1-12.
<https://doi.org/10.3758/s13428-014-0458-y>
- de Leeuw, J. R. (2023). DataPipe: Born-open data collection for online experiments. *Behavior Research Methods*, 1-8. <https://doi.org/10.3758/s13428-023-02161-x>
- de Oliveira, C. S. F., de Sá, T. M. M., Gonçalves, R. S., & Viegas, J. B. The Maze Task Mobile: Using a Psycholinguistic Experimental Technique as a Pedagogical Tool for Language Learning.
- Deleuze, G. (1994). *Difference and repetition*. New York, Columbia University Press.

- Duranti, A., Ochs, E., & Schieffelin, B. B. (Eds.). (2014). *The handbook of language socialization*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8969-9>
- Enkin, E., & Forster, K. (2014). The maze task: Examining the training effect of using a psycholinguistic experimental technique for second language learning. *Journal of Linguistics and Language Teaching*, 5(2), 161-180.
- Enochson, K., & Culbertson, J. (2015). Collecting psycholinguistic response time data using Amazon Mechanical Turk. *PloS one*, 10(3), e0116946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116946>
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. MIT press.
- Forster, K. I. (1979). Levels of processing and the structure of the language processor. In W.E. Cooper and E. Walker (Eds.), *Sentence Processing: Psycholinguistic studies presented to Merrill Garrett*, Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 27-85.
- Forster, K. I., & Davis, C. (1984). Repetition priming and frequency attenuation in lexical access. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(4), 680. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.10.4.680>
- Forster, K. I., Guerrero, C., & Elliot, L. (2009). The maze task: Measuring forced incremental sentence processing time. *Behavior research methods*, 41, 163-171. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.1.163>
- Frazier, L. (1990). Exploring the architecture of the language-processing system. In G. T. M. Altmann (Ed.), *Cognitive models of speech processing: Psycholinguistic and computational perspectives*, The MIT Press, 409-433.
- Frazier, L., & Rayner, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive psychology*, 14(2), 178-210. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(82\)90008-1](https://doi.org/10.1016/0010-0285(82)90008-1)
- Freedman, S. E., & Forster, K. I. (1985). The psychological status of overgenerated sentences. *Cognition*, 19(2), 101-131. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90015-0)
- Friederici, A. D., Hahne, A., & Saddy, D. (2002). Distinct neurophysiological patterns reflecting aspects of syntactic complexity and syntactic repair. *Journal of psycholinguistic research*, 31, 45-63. <https://doi.org/10.1023/a:1014376204525>

- Friederici, A. D., Pfeifer, E., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive brain research*, 1(3), 183-192.
[https://doi.org/10.1016/0926-6410\(93\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0926-6410(93)90026-2)
- Goldstein, K. 1948 *Language and Language Disturbances*, New York: Grune and Stratton.
- Goodkind, A., & Bicknell, K. (2018). Predictive power of word surprisal for reading times is a linear function of language model quality. In *Proceedings of the 8th workshop on cognitive modeling and computational linguistics (CMCL 2018)*, 10-18.
<https://doi.org/10.18653/v1/W18-0102>
- Gordon, B. (1983). Lexical access and lexical decision: Mechanisms of frequency sensitivity. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22(1), 24-44.
[https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(83\)80004-8](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(83)80004-8)
- Gulordava, K., Bojanowski, P., Grave, E., Linzen, T., & Baroni, M. (2018). Colorless green recurrent networks dream hierarchically. *arXiv preprint arXiv:1803.11138*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1803.11138>
- Hagoort, P., & Brown, C. M. (2000). ERP effects of listening to speech compared to reading: the P600/SPS to syntactic violations in spoken sentences and rapid serial visual presentation. *Neuropsychologia*, 38(11), 1531-1549.
[https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(00\)00053-1](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(00)00053-1)
- Hagoort, P., Brown, C., & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language and cognitive processes*, 8(4), 439-483.
<https://doi.org/10.1080/01690969308407585>
- Hale, J. (2001). A probabilistic Earley parser as a psycholinguistic model. In *Second meeting of the north american chapter of the association for computational linguistics*, 159–166.
<https://doi.org/10.3115/1073336.1073357>
- Hill, A. A. (1961). Grammaticality. *Word*, 17(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1080/00437956.1961.11659742>
- Holmes, V. M. (1984). Parsing strategies and discourse context. *Journal of Psycholinguistic Research*, 13(3), 237-257. <https://doi.org/10.1007/BF01068465>

- Howard, K. M. (2009). Breaking in and spinning out: Repetition and decalibration in Thai children's play genres. *Language in Society*, 38(3), 339-363.
<https://doi.org/10.1017/S0047404509090526>
- Hutton, S. B. (2019). Eye tracking methodology. *Eye movement research: An introduction to its scientific foundations and applications*, 277-308.
- Hyönä, J. (1993). Effects of thematic and lexical priming on readers' eye movements. *Scandinavian Journal of Psychology*, 34(4), 293-304.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.1993.tb01126.x>
- Hyönä, J., & Kaakinen, J. K. (2019). Eye movements during reading. *Eye movement research: An introduction to its scientific foundations and applications*, 239-274.
- Inhoff, A. W., & Rayner, K. (1986). Parafoveal word processing during eye fixations in reading: Effects of word frequency. *Perception & psychophysics*, 40(6), 431-439.
<https://doi.org/10.3758/BF03208203>
- Jacoby, L. L., & Dallas, M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110(3), 306.
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.110.3.306>
- Jozefowicz, R., Vinyals, O., Schuster, M., Shazeer, N., & Wu, Y. (2016). Exploring the limits of language modeling. *arXiv preprint arXiv:1602.02410*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1602.02410>
- Kaan, E., & Swaab, T. Y. (2003). Electrophysiological evidence for serial sentence processing: A comparison between non-preferred and ungrammatical continuations. *Cognitive Brain Research*, 17(3), 621-635. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(03\)00175-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(03)00175-7)
- Keenan, E. O. (1977). Making it last: Repetition in children's discourse. In *Child discourse* (pp. 125-138). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-241950-8.50013-7>
- Keuleers, E., & Brysbaert, M. (2010). Wuggy: A multilingual pseudoword generator. *Behavior research methods*, 42, 627-633. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.3.627>
- Keuleers, E., Brysbaert, M., & New, B. (2010). SUBTLEX-NL: A new measure for Dutch word frequency based on film subtitles. *Behavior research methods*, 42(3), 643-650.
<https://doi.org/10.3758/BRM.42.3.643>

- Kimball, J. (1973). Seven principles of surface structure parsing in natural language. *Cognition*, 2(1), 15-47. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(72\)90028-5](https://doi.org/10.1016/0010-0277(72)90028-5)
- Klem, M., Melby-Lervåg, M., Hagtvet, B., Lyster, S. A. H., Gustafsson, J. E., & Hulme, C. (2015). Sentence repetition is a measure of children's language skills rather than working memory limitations. *Developmental science*, 18(1), 146-154. <https://doi.org/10.1111/desc.12202>
- Kliegl, R., Grabner, E., Rolfs, M., & Engbert, R. (2004). Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading. *European journal of cognitive psychology*, 16(1-2), 262-284. <https://doi.org/10.1080/09541440340000213>
- Koornneef, A. W., & Van Berkum, J. J. (2006). On the use of verb-based implicit causality in sentence comprehension: Evidence from self-paced reading and eye tracking. *Journal of Memory and Language*, 54(4), 445-465. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2005.12.003>
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading between the lines: Event-related brain potentials during natural sentence processing. *Brain and language*, 11(2), 354-373. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(80\)90133-9](https://doi.org/10.1016/0093-934X(80)90133-9)
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307(5947), 161-163. <https://doi.org/10.1038/307161a0>
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related brain potential investigations. In M. A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics*, 83–143. San Diego, CA: Academic Press.
- Levy, R. (2008). Expectation-based syntactic comprehension. *Cognition*, 106(3), 1126–1177. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.05.006>
- Lüdecke, D. sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science. R Package Version 2.8.15. 2023. Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>
- Luke, S. G., & Christianson, K. (2016). Limits on lexical prediction during reading. *Cognitive psychology*, 88, 22-60. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2016.06.002>
- Luria, A. R. (2011). *Basic problems of neurolinguistics* (Vol. 73). Walter de Gruyter.
- MacDonald, M. C. (1993). The interaction of lexical and syntactic ambiguity. *Journal of memory and language*, 32(5), 692-715. <https://doi.org/10.1006/jmla.1993.1035>

- MacDonald, M. C., Pearlmutter, N. J., & Seidenberg, M. S. (1994). The lexical nature of syntactic ambiguity resolution. *Psychological review*, 101(4), 676.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.4.676>
- Marks, L. E., & Miller, G. A. (1964). The role of semantic and syntactic constraints in the memorization of English sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 3(1), 1-5. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(64\)80052-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(64)80052-9)
- Marslen-Wilson, W., & Tyler, L. K. (1980). The temporal structure of spoken language understanding. *Cognition*, 8(1), 1-71. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(80\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(80)90015-3)
- Marslen-Wilson, W., & Tyler, L. K. (1987). Against modularity.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/4735.003.0006>
- Mascelloni, M., Zamparelli, R., Vespignani, F., Gruber, T., & Mueller, J. L. (2019). Distinct neural processes for memorizing form and meaning within sentences. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 412. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00412>
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological review*, 88(5), 375. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375>
- McClelland, J. L., St. John, M., & Taraban, R. (1989). Sentence comprehension: A parallel distributed processing approach. *Language and cognitive processes*, 4(3-4), SI287-SI335. <https://doi.org/10.1080/01690968908406371>
- Merritt, M. (1998) Of ritual matters to master: Structure and improvisation in language development at primary school. In S. M. Hoyle and C. T. Adger (Eds.), *Kids Talk: Strategic Language use in later childhood*. 134–50. New York, Oxford University Press.
- Merritt, M. (1994). Repetition in situated discourse-Exploring its forms and functions. In B. Johnstone (ed.), *Repetition in Discourse: Interdisciplinary Perspectives*. 23–36. Norwood, NJ: Ablex.
- Misra, M., & Holcomb, P. J. (2003). Event-related potential indices of masked repetition priming. *Psychophysiology*, 40(1), 115-130. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00012>
- Mitchell, D. C. (1984). An evaluation of subject-paced reading tasks and other methods for investigating immediate processes in reading. In D. Kieras, & M. A. Just (Eds.). In *New methods in reading comprehension research*. Hillsdale, NJ: Earlbaum.

- Miyakawa, T. (2020). No raw data, no science: another possible source of the reproducibility crisis. *Molecular brain*, 13, 1-6. <https://doi.org/10.1186/s13041-020-0552-2>
- Monsell, S. (1985). Repetition and the lexicon. In A. W. Ellis (Ed.), *Progress in the psychology of language 2*, 147-195. London: Erlbaum.
- Monsell, S., Doyle, M. C., & Haggard, P. N. (1989). Effects of frequency on visual word recognition tasks: Where are they?. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(1), 43. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.118.1.43>
- Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76(2), 165–178. <https://doi.org/10.1037/h0027366>
- Nagata, H. (1988). The relativity of linguistic intuition: The effect of repetition on grammaticality judgments. *Journal of Psycholinguistic Research*, 17, 1-17. <https://doi.org/10.1007/BF01067178>
- Nespulous, J., & Villiard, P. (Eds.). Morphology, phonology, and aphasia. (1990). In *Springer series in neuropsychology*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8969-9>
- Norris, D. (1984). The effects of frequency, repetition and stimulus quality in visual word recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36(3), 507-518. <https://doi.org/10.1080/14640748408402174>
- Ochs, E. and Schieffelin, B. B. (1984) Language acquisition and socialization: Three developmental stories and their implications. In R. A. Shweder and Robert A. LeVine (Eds.), *Culture Theory: Essays on Mind, Self, and Emotion*, 276-313. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pastore, M., Lionetti, F., & Altoè, G. (2017). When one shape does not fit all: A commentary essay on the use of graphs in psychological research. *Frontiers in psychology*, 8, 303994. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01666>
- Pesciarelli, F., Kutas, M., Dell'Acqua, R., Peressotti, F., Job, R., & Urbach, T. P. (2007). Semantic and repetition priming within the attentional blink: An event-related brain potential (ERP) investigation study. *Biological psychology*, 76(1-2), 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.05.003>
- Petten, C. V., Kutas, M., Kluender, R., Mitchiner, M., & McIsaac, H. (1991). Fractionating the word repetition effect with event-related potentials. *Journal of cognitive neuroscience*, 3(2), 131-150. <https://doi.org/10.1162/jocn.1991.3.2.131>

- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. Scientific American Library/Scientific American Books.
- Potter, M. C., & Lombardi, L. (1998). Syntactic priming in immediate recall of sentences. *Journal of memory and Language*, 38(3), 265-282.
<https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2546>
- Pritchett, B. L. (1988). Garden path phenomena and the grammatical basis of language processing. *Language*, 539-576. <https://doi.org/10.2307/414532>
- Qiao, X., Shen, L., & Forster, K. (2012). Relative clause processing in Mandarin: Evidence from the maze task. *Language and Cognitive Processes*, 27(4), 611-630.
<https://doi.org/10.1080/01690965.2011.578394>
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2022. Available online: <https://www.R-project.org/>
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>
- Rayner, K. (2009). The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly journal of experimental psychology*, 62(8), 1457-1506. <https://doi.org/10.1080/17470210902816461>
- Rayner, K., & Duffy, S. A. (1986). Lexical complexity and fixation times in reading: Effects of word frequency, verb complexity, and lexical ambiguity. *Memory & cognition*, 14(3), 191-201. <https://doi.org/10.3758/BF03197692>
- Rayner, K., & Well, A. D. (1996). Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(4), 504-509.
<https://doi.org/10.3758/BF03214555>
- Rayner, K., Ashby, J., Pollatsek, A., & Reichle, E. D. (2004). The effects of frequency and predictability on eye fixations in reading: implications for the EZ Reader model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30(4), 720.
<https://doi.org/10.1037/0096-1523.30.4.720>
- Rodd, J. M., Davis, M. H., & Johnsrude, I. S. (2005). The neural mechanisms of speech comprehension: fMRI studies of semantic ambiguity. *Cerebral cortex*, 15(8), 1261-1269.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhi009>

- Rösler, F., Pütz, P., Friederici, A., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials while encountering semantic and syntactic constraint violations. *Journal of cognitive neuroscience*, 5(3), 345-362. <https://doi.org/10.1162/jocn.1993.5.3.345>
- Rugg, M. D., & Doyle, M. C. (1992). Event-related potentials and recognition memory for low-and high-frequency words. *Journal of cognitive neuroscience*, 4(1), 69-79. <https://doi.org/10.1162/jocn.1992.4.1.69>
- Scarborough, D. L., Cortese, C., & Scarborough, H. S. (1977). Frequency and repetition effects in lexical memory. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.3.1.1>
- Schegloff, E. A. (1987). Analyzing single episodes of interaction: An exercise in conversation analysis. *Social psychology quarterly*, 101-114. <https://doi.org/10.2307/2786745>
- Schendan, H. E., & Kutas, M. (2003). Time course of processes and representations supporting visual object identification and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(1), 111-135. <https://doi.org/10.1162/089892903321107864>
- Schneegans, T., Bachman, M. D., Huettel, S. A., & Heekeren, H. (2021). Exploring the potential of online webcam-based eye tracking in decision-making research and influence factors on data quality. <https://doi.org/10.31234/osf.io/zm3us>
- Semmelmann, K., & Weigelt, S. (2018). Online webcam-based eye tracking in cognitive science: A first look. *Behavior Research Methods*, 50, 451-465. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0913-7>
- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1977). Auditory-verbal short-term memory impairment and conduction aphasia. *Brain and Language*, 4(4), 479-491. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(77\)90040-2](https://doi.org/10.1016/0093-934X(77)90040-2)
- Simonov, A., Valletti, T. M., & Veiga, A. (2023). Attention Spillovers from News to Ads: Evidence from an Eye-Tracking Experiment. Available at SSRN 3836531. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3836531>
- Smith, N. J., & Levy, R. (2013). The effect of word predictability on reading time is logarithmic. *Cognition*, 128(3), 302–319. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.02.013>

- Staub, A. (2010). Eye movements and processing difficulty in object relative clauses. *Cognition*, 116(1), 71-86. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.04.002>
- Suzuki, Y., & Sunada, M. (2018). Automatization in second language sentence processing: Relationship between elicited imitation and maze tasks. *Bilingualism: Language and Cognition*, 21(1), 32-46. <https://doi.org/10.1017/S1366728916000857>
- Swinney, D. A. (1979). Lexical access during sentence comprehension:(Re) consideration of context effects. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 18(6), 645-659. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(79\)90355-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(79)90355-4)
- Tanenhaus, M. K., & Trueswell, J. C. (1995). Sentence comprehension. In J. L. Miller & P. D. Eimas (Eds.), *Speech, language, and communication* (pp. 217–262). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012497770-9.50009-1>
- Tannen, D. (2007 [1989]). *Talking voices: Repetition, dialogue, and imagery in conversational discourse* (Vol. 26). New York, Cambridge University Press.
- Vani, P., Wilcox, E. G., & Levy, R. (2021). Using the interpolated maze task to assess incremental processing in english relative clauses. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 43, No. 43).
- Vos, S. H., Gunter, T. C., Schriefers, H., & Friederici, A. D. (2001). Syntactic parsing and working memory: The effects of syntactic complexity, reading span, and concurrent load. *Language and Cognitive Processes*, 16(1), 65-103. <https://doi.org/10.1080/01690960042000085>
- Wilcox, E., Gauthier, J., Hu, J., Qian, P., & Levy, R. (2020). On the predictive power of neural language models for human real-time comprehension behavior. *arXiv:2006.01912 [Cs]*. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-long.76>
- Witzel, J., & Forster, K. (2014). Lexical co-occurrence and ambiguity resolution. *Language, Cognition and Neuroscience*, 29(2), 158-185. <https://doi.org/10.1080/01690965.2012.748925>
- Witzel, N., Witzel, J., & Forster, K. (2012). Comparisons of online reading paradigms: Eye tracking, moving-window, and maze. *Journal of psycholinguistic research*, 41, 105-128. <https://doi.org/10.1007/s10936-011-9179-x>
- Yang, X., & Krajbich, I. (2021). Webcam-based online eye-tracking for behavioral research. *Judgment and Decision making*, 16(6), 1485-1505. <https://doi.org/10.1017/S1930297500008512>

