

BRICKS | TEMA

# Fare matematica con LaTeX in presenza di disabilità visiva

L'esperienza di Marco

*a cura di:*

Emilia Giovanna Fazzino,  
Eugenia Taranto



Disabilità visiva, Matematica accessibile, LaTeX, Accessibility

Il testo matematico è caratterizzato da una notazione non soltanto ricca di simboli, ma anche distribuita su più linee. Visivamente, tali caratteristiche consentono al lettore di percepire istantaneamente la struttura della formula o dell'espressione e il ruolo di ciascun elemento presente in esse. Uno studente con disabilità visiva che si appresta a fare matematica può, quindi, imbattersi in alcune difficoltà. Inoltre, le tecnologie assistive - come barre Braille e lettori di schermo - riescono a gestire un testo in riga, ma presentano dei limiti in caso contrario. Dunque, per sfruttare tali tecnologie, è necessario passare ad una forma linearizzata della notazione matematica.

## Una sperimentazione didattica con uno studente non vedente

Nel seguito racconteremo l'esperienza di Marco (nome di fantasia), uno studente non vedente che abbiamo coinvolto in una sperimentazione didattica, oggetto del lavoro di Tesi di Laurea Magistrale in Matematica del primo autore, sotto la supervisione del secondo autore. In particolare, condivideremo i risultati emersi dall'attività sperimentale, nata con l'obiettivo di valutare l'impatto di alcune potenziali soluzioni di accessibilità sull'apprendimento della matematica dello studente. Le soluzioni di accessibilità prese in considerazione sono state suggerite dai ricercatori del Laboratorio "S. Polin" dell'Università degli Studi di Torino (<http://www.integr-abile.unito.it/>), grazie ad una collaborazione di ricerca in corso tra questi e il secondo autore del presente contributo.

### Contesto di ricerca

Marco frequenta il quarto anno di un Istituto Tecnico Informatico della provincia di Catania. È affetto da amaurosi congenita di Leber, una malattia genetica che colpisce la retina e che può causare cecità o danneggiare gravemente la vista. Non è nato non vedente ma, negli anni, la malattia ha ridotto sempre più la sua acuità visiva: oggi riesce a vedere soltanto qualche ombra e soltanto in condizioni particolari<sup>1</sup>.

Per lo studio della matematica, Marco usa il computer: tastiera per scrivere, barra Braille e/o voce dell'insegnante di sostegno per leggere. Prima della sperimentazione, quando Marco doveva scrivere del testo contenente formule matematiche lo faceva linearizzando le formule, utilizzando una convenzione sintattica istituita fra l'insegnante di sostegno e lo studente, una sorta di codice *ad hoc* aggiornato ogniqualvolta fosse necessario (Fig. 1).

L'editor di testo utilizzato era Google Docs e ciò rendeva possibile la condivisione del documento su Google Drive. Questa scelta permetteva a Marco e all'insegnante di sostegno di comunicare anche quando non si trovavano l'uno accanto all'altra e consentiva all'insegnante di sostegno di accedere in tempo reale al materiale che lo studente produceva.

---

<sup>1</sup> I risultati dell'ultima visita oculistica hanno mostrato che Marco ha un'acuità visiva inferiore a 1/60 e rientra, secondo le definizioni dell'OMS, nella condizione di *cecità*.

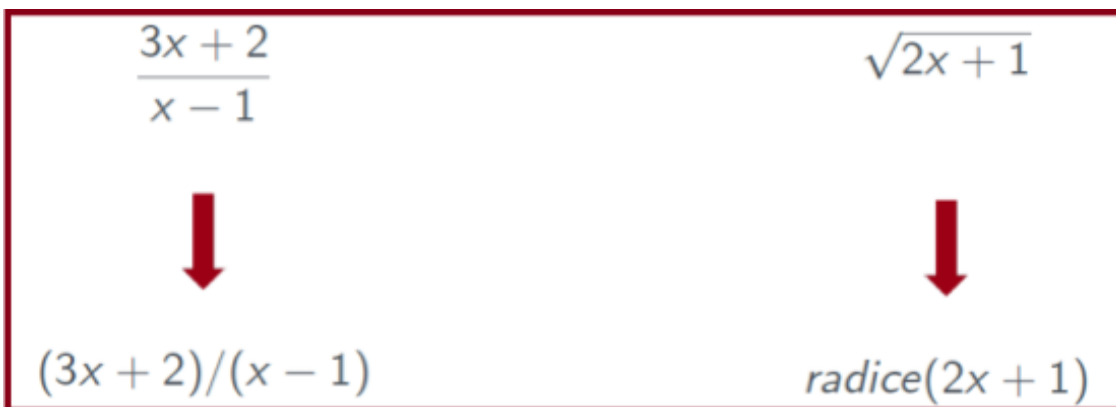


Figura 1 - Convenzione sintattica utilizzata prima della sperimentazione

Dunque, in aula, durante le verifiche e in modo simile durante le lezioni, il flusso di lavoro era il seguente:

- L'insegnante di matematica forniva all'insegnante di sostegno materiale scritto nel formale linguaggio matematico.
- L'insegnante di sostegno operava una traduzione in linea, utilizzando la convenzione sintattica mostrata sopra, e condivideva il documento così tradotto con lo studente.
- Lo studente lavorava sul file condiviso, scrivendo con la tastiera del computer e leggendo con la barra Braille e, talvolta, ascoltando la lettura vocale da parte dell'insegnante di sostegno.
- L'insegnante di sostegno consegnava all'insegnante di matematica l'elaborato così prodotto.

Quando Marco si trovava a casa, lui e l'insegnante di sostegno lavoravano contemporaneamente oppure in modalità asincrona, sfruttando sempre la possibilità di comunicare attraverso il documento condiviso.

### Proposta sperimentale

Abbiamo proposto a Marco, alla sua insegnante curricolare di matematica e alla sua insegnante di sostegno la possibilità di utilizzare il linguaggio di *markup* LaTeX, abbinato ad un insieme di altre tecnologie che forniscono la sonificazione del testo matematico.

In LaTeX i contenuti rispettano una certa struttura e sono inseriti in formato di testo tramite comandi in linea. Quindi, espressioni, formule e simboli matematici si presentano in forma linearizzata. Pertanto, anche se LaTeX non è nato come tentativo di eliminare le barriere che gli studenti con disabilità visiva incontrano di fronte ai contenuti matematici; esso consente di produrre tali contenuti anche senza accesso visivo e permette di poterne fruire mediante tecnologie assistive.

Tra i diversi *editor* specifici per LaTeX, abbiamo scelto di proporre a Marco uno caratterizzato da un'interfaccia semplice ed intuitiva. A partire dal file sorgente tex, l'editor permette di generare il corrispondente file pdf, nel quale i contenuti matematici compaiono in linguaggio matematico formale e, quindi, sotto forma di immagini non accessibili mediante tecnologie assistive (Fig. 2).

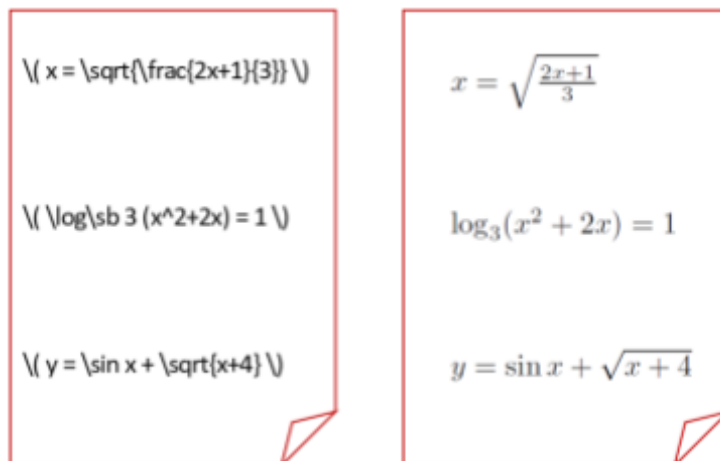


Figura 2 - Esempio di file sorgente tex (a sinistra) e corrispondente file pdf (a destra)

Per superare questo limite, il Laboratorio "S. Polin" sopra citato ha sviluppato il pacchetto *Axessibility*, che rende accessibile il file pdf, inserendo in esso dei commenti nascosti che contengono il codice LaTeX corrispondente a ciascuna formula mostrata come immagine. Così, una volta aperto il pdf, sulla barra Braille compariranno i comandi in codice. Il lettore di schermo, mediante la sintesi vocale, potrà sia leggere il codice così com'è, sia presentare i contenuti in linguaggio *più o meno* naturale, impostando come predefinito un apposito dizionario, sviluppato dai ricercatori di Torino e in continuo aggiornamento<sup>2</sup>. Per sfruttare il pacchetto *Axessibility*, basterà indicarlo nell'intestazione necessaria per redigere un documento in LaTeX e rispettare alcuni accorgimenti nella scelta dei comandi da usare<sup>3</sup>. A titolo di esempio, riportiamo l'intestazione da noi proposta per la sperimentazione (Fig. 3).

```

\documentclass[a4paper]{article}

\usepackage[accsupp]{axessibility}
\usepackage{amssymb,amsmath,amsthm}
\begin{document}

\end{document}

```

Figura 3 - Esempio di intestazione per documento in LaTeX

Infine, abbiamo scelto il lettore di schermo NVDA (poiché questo era quello già utilizzato da Marco) e il browser Google Chrome per l'apertura dei file in formato pdf.

### Fasi della sperimentazione

La sperimentazione si è svolta da settembre 2021 a febbraio 2022 e si distingue in una fase di formazione/apprendimento dello studente e della sua insegnante di sostegno sulle tecnologie da utilizzare ed una fase di impiego di tali tecnologie a scuola e a casa per lo studio della matematica.

<sup>2</sup> Al link <https://github.com/integr-abile/axessdicts> sono disponibili i file contenenti i dizionari per diversi lettori di schermo.

<sup>3</sup>Linee guida all'accessibilità del materiale didattico con formule e grafici

([http://www.integr-abile.unito.it/documenti/accessibilita\\_materiale\\_didattico\\_lab0.pdf](http://www.integr-abile.unito.it/documenti/accessibilita_materiale_didattico_lab0.pdf)).

Nel settembre 2021, poco prima dell'inizio dell'anno scolastico, abbiamo incontrato Marco. Gli incontri sono avvenuti presso casa sua e in due giorni consecutivi. Durante il primo incontro, abbiamo installato sul suo computer i software necessari per la scrittura di contenuti matematici in LaTeX e per la sonificazione degli stessi. Abbiamo poi esposto a Marco come utilizzare le varie tecnologie, fornendo anche una dimostrazione pratica della lettura tramite sintesi vocale. Inoltre, abbiamo presentato allo studente il linguaggio LaTeX, descrivendo la struttura comune a molti dei comandi: spesso questi cominciano con il carattere `\` seguito dall'abbreviazione del termine inglese corrispondente all'oggetto matematico (*frac* per *fraction*, *sqrt* per *square root*, etc.) e sono caratterizzati dalla presenza delle parentesi graffe, che delimitano i diversi elementi all'interno di ciascun comando (il numeratore e il denominatore nelle frazioni, il radicando nelle radici, etc.). Infine, abbiamo creato un manuale per Marco, contenente i comandi LaTeX corrispondenti agli argomenti che lo studente aveva trattato fino a quel momento e a quelli che avrebbe affrontato durante il nuovo anno scolastico. Il secondo incontro è stato dedicato all'esercitazione di Marco sull'utilizzo delle tecnologie proposte e sulla sintassi di LaTeX. La formazione dell'insegnante di sostegno è avvenuta virtualmente, sempre poco prima dell'inizio dell'anno scolastico.

Durante questi incontri, abbiamo presentato a Marco e all'insegnante di sostegno un possibile flusso di lavoro da seguire. Per la produzione di file in LaTeX:

- Marco può utilizzare l'editor, generare così il file pdf ed eventualmente ascoltare ciò che ha prodotto;
- L'insegnante di sostegno può accedere ai file così creati.

Nel caso in cui lo studente debba accedere a contenuti matematici già scritti e, a partire da questi, elaborarne altri (ad esempio, in occasione di una verifica in classe), si può procedere nel modo seguente:

- L'insegnante di sostegno può creare i contenuti in LaTeX e inviarli a Marco nei formati tex o pdf;
- Marco può accedere a questi file e sfruttare la lettura tramite sintesi vocale e/o barra Braille. Se accede direttamente al file tex, può lavorare su questo. Se accede invece al file pdf, può copiare e incollare i comandi LaTeX (che, ricordiamo, vengono inseriti come commenti nascosti sul pdf dal pacchetto *Axessibility*) sull'editor e produrre poi contenuti matematici in LaTeX.

Tra ottobre 2021 e febbraio 2022 abbiamo raccolto i dati relativi all'impatto dell'utilizzo di LaTeX e della sintesi vocale sull'apprendimento della matematica dello studente.

## **Risultati**

Marco e la sua insegnante di sostegno hanno scelto di utilizzare le tecnologie proposte solo in parte e di sostituire le rimanenti con altre. In particolare, hanno utilizzato:

- LaTeX;
- Google Docs su Google Drive (come editor di testo);
- Barra Braille e voce dell'insegnante di sostegno (per la lettura dei contenuti matematici).

In effetti, Marco ha mostrato sin dall'inizio poco interesse nei confronti della sintesi vocale. Infatti, ha affermato *"In classe è scomodo usare la sintesi: dovrei mettere e togliere gli auricolari"* e ancora *"Preferisco fare matematica leggendo in Braille con la barra perché toccando, come per gli altri magari vedendo, le cose le capisco meglio"*. A proposito dell'applicazione Google Docs su Google Drive come editor per LaTeX, l'insegnante di sostegno ha affermato *"Google Docs è comodo perché non ho la necessità di stargli accanto. Posso controllarlo quando voglio e correggerlo facilmente"*. Infine, in merito alla proposta di inviare allo studente il file pdf appositamente compilato con il pacchetto *Axessibility*, l'insegnante di sostegno ha precisato che Marco, a causa della disabilità, non ha ancora molta dimestichezza con alcune funzionalità del computer (aprire cartelle, spostarsi da un file ad un altro e così via). Quindi, durante questi mesi, il flusso di lavoro è rimasto pressoché uguale a quello dello scorso anno, con la differenza che la sintassi

utilizzata per la linearizzazione dei contenuti matematici è quella del linguaggio LaTeX. Inoltre, per le verifiche in classe, l'insegnante di sostegno genera il pdf attraverso l'editor, a partire dai contenuti elaborati da Marco, e lo consegna all'insegnante di matematica.

Durante i mesi di sperimentazione, lo studente ha introdotto la sintassi di LaTeX nello studio della matematica in maniera graduale e ha utilizzato i comandi corrispondenti a:

- Frazioni;
- Radici;
- Funzioni esponenziali;
- Logaritmi e funzioni logaritmiche;
- Limiti e derivate.

Dai dati raccolti è emerso un aspetto interessante: Marco si è servito della struttura di ciascun comando LaTeX in un certo modo e, da questo, ha tratto un beneficio per la comprensione dei contenuti matematici. Per esempio, la scrittura

$$\dfrac{(x-1)(x+1)}{(x-2)(x+2)} \dfrac{1}{x^2-1}$$

gli consente di capire più facilmente rispetto alla scrittura

$$((x-1)(x+1)/(x-2)(x+2))(1/(x^2-1))$$

che si tratta del prodotto di due frazioni e che la prima di queste presenta due fattori al numeratore e due fattori al denominatore:

$$\frac{(x-1)(x+1)}{(x-2)(x+2)} \frac{1}{x^2-1}$$

Ciò accade grazie alla presenza di *dfrac* e delle parentesi graffe. O, ancora, con riferimento all'equazione

$$\log_3(x^2 + 2x) = 1$$

scritta da Marco in LaTeX come

$$\backslash\log_3(x^2 + 2x) = 1$$

ha affermato che la struttura del comando gli consente di distinguere la base dall'argomento del logaritmo e questo gli permette di risolvere con una certa padronanza gli esercizi che, nello svolgimento, prevedono si applichi la definizione di logaritmo. E, infine, ha mostrato di sfruttare la struttura dei comandi LaTeX anche per l'applicazione delle regole di derivazione, ad esempio per il calcolo della derivata di funzioni la cui espressione analitica conteneva prodotti e quozienti.

## Conclusioni

Così come avveniva negli anni precedenti, a Marco viene proposta ancora oggi una versione semplificata dei contenuti matematici proposti ai compagni, sia in fase di comprensione dei contenuti sia in fase di verifica delle conoscenze. Quindi, LaTeX non è servito a passare a contenuti matematici più elaborati. Tuttavia, è emerso che, rispetto allo scorso anno, lo studente è un po' più veloce nella lettura e nella comprensione della matematica. Inoltre, il carattere intuitivo della sintassi di LaTeX lo aiuta a concentrarsi sullo studio della matematica e non sulla notazione da utilizzare. Infine, Marco tende a non accettare facilmente gli strumenti pensati appositamente per i non vedenti: il fatto che LaTeX non sia nato con questo obiettivo ha fatto leva in maniera positiva su di lui, che ha riconosciuto in esso uno strumento potenzialmente valido per il suo futuro ed utile in un'ottica inclusiva.

Quelli descritti sono i risultati ottenuti dopo cinque mesi. È ragionevole ipotizzare che a questi se ne aggiungeranno altri nel lungo periodo, se lo studente continua ad utilizzare questo approccio per lo studio della matematica, eventualmente con l'aggiunta della sintesi vocale.

E non escludiamo, quindi, che possa riuscire nel futuro a lavorare alla pari dei suoi compagni. Dal momento che Marco ha rifiutato di utilizzare la sintesi vocale, non possiamo trarre conclusioni in merito

all'impatto di quest'ultima sull'apprendimento della matematica dello studente. Tuttavia, possiamo affermare che l'utilizzo di LaTeX ha avuto un impatto positivo, funzionale ed efficace all'interno dello stesso contesto. Infatti, a conclusione dell'attività sperimentale, Marco ha affermato "Grazie per avermi insegnato questo nuovo metodo".

---



**Emilia Giovanna Fazzino**

[emiliafazzino@gmail.com](mailto:emiliafazzino@gmail.com)

*Emilia Giovanna Fazzino ha conseguito la Laurea Magistrale in Matematica presso l'Università degli Studi di Catania nel giugno 2022, con una tesi dal titolo "Matematica accessibile in presenza di disabilità visiva: uno studio di caso". Durante gli anni di formazione, ha frequentato un corso di lettura e scrittura Braille presso la sede dell'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti (Sez. Terr.le di Catania) ed ha svolto un soggiorno presso la Linz School of Education (Johannes Kepler University, Linz, Austria) per ricerca tesi.*



**Eugenia Taranto**

[eugenia.taranto@unict.it](mailto:eugenia.taranto@unict.it)

*Dipartimento di Matematica e Informatica, Università degli Studi di Catania*

*Eugenia Taranto ha un Dottorato di ricerca in Matematica Pura e Applicata, conseguito presso l'Università degli Studi di Torino. Attualmente è assegnista di ricerca e docente a contratto presso l'Università degli Studi di Catania e svolge attività di ricerca in Didattica della Matematica. I suoi ambiti di ricerca riguardano: MOOCs (Massive Open Online Courses); formazione docenti di ogni ordine e grado; metodologie e strumenti inclusivi per l'insegnamento/apprendimento della matematica; tecnologie per mediare l'insegnamento/apprendimento della matematica.*