

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

**GRAFICI SONORI. MULTICANALITÀ E INCLUSIVITÀ NELLA DIDATTICA DELLE STEM.**

**This is a pre print version of the following article:**

*Original Citation:*

*Availability:*

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1869886> since 2022-07-18T14:18:20Z

*Publisher:*

Università di Torino

*Terms of use:*

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

## **GRAFICI SONORI. MULTICANALITÀ E INCLUSIVITÀ NELLA DIDATTICA DELLE STEM.**

**Tiziana Armano, Anna Capietto, Davide Maietta, Carola Manolino, Adriano Sofia**  
**Dipartimento di Matematica “G. Peano” - Università di Torino**  
tiziana.armano@unito.it, anna.capietto@unito.it, davide.maietta@unito.it,  
carola.manolino@unito.it, adriano.sofia@unito.it

### **Abstract**

La rivoluzione informatica è certamente una delle trasformazioni più evidenti della seconda metà del XX secolo. Se l'uso dell'*informazione automatica* era inizialmente accessibile solo a pochi esperti, la diffusione di *Personal Computer* sempre più orientati alla multimedialità ha cambiato il modo di lavorare, scrivere, leggere di miliardi di persone. Negli anni '50 un utente di un computer Univac doveva inserire gli input tramite schede perforate e ottenere gli output via stampa. Pochi decenni dopo, i computer furono dotati di schermo elettronico, che permetteva la realizzazione di interfacce grafiche, e della possibilità di produrre suoni: era nato il *multimedia*, cioè l'uso dell'informatica per trasmettere informazioni su canali sensoriali diversi tra loro.

Progressivamente nei decenni ci si è resi conto delle sempre maggiori opportunità offerte dalla multimedialità. Lungi dall'essere uno strumento puramente ludico, l'uso combinato di testi, grafica, audio e video ha reso possibile la didattica a distanza durante l'emergenza pandemica da COVID-19. La multimedialità, consentendo l'uso di sensi differenti, risulta offrire enormi possibilità d'inclusione verso le persone con disabilità visive, motorie, uditive et al.

Noi ci focalizzeremo sulle possibilità della *sonificazione*, poiché permette la fruizione di informazioni anche a persone che non possono utilizzare efficacemente il *medium* visivo, siano esse persone non vedenti, ipovedenti o persone affette da DSA. Nello specifico presenteremo la sonificazione dei grafici matematici.

Tre tool gratuiti presenti on line per creare grafici ed esplorarli tramite sonificazione rappresentano oggi strumenti indispensabili per la didattica inclusiva delle STEM. *AudioFunctions.web*, *Desmos* e *SAS Graphics Accelerator* sono infatti adoperati da utenti con disabilità visiva, tramite tecnologie assistive come lo screen reader. Tali strumenti oltre a tracciare il grafico sullo schermo ne consentono l'esplorazione tramite sonificazione. La capacità di questi strumenti di veicolare le informazioni sfruttando la multimedialità, coinvolgendo vista e udito, conferisce l'inclusività, incuriosisce e aiuta tutti gli utenti nella comprensione dell'andamento del grafico.

### **Parole-chiave**

Didattica, sonificazione, inclusione, multimedialità.

### **TECNOLOGIA E DIDATTICA**

Ormai da diversi decenni la tecnologia elettronica è entrata nella Scuola Italiana, trovando fin da subito la sua naturale applicazione all'interno dei laboratori tecnico-scientifici. Progressivamente la multimedialità offerta dalle tecnologie elettroniche ha consentito a queste ultime di farsi strada anche in ambiti di natura umanistica; basti pensare alla fruizione di materiale audio-visivo a sostegno della didattica: è ad esempio possibile arricchire lo studio delle materie umanistiche fornendo agli studenti

opere documentarie e cinematografiche, oppure fare uso di registrazioni audio per potenziare l'apprendimento delle lingue straniere.

Oggi la tecnologia ha rivoluzionato gli oggetti e il modo di comunicare e collaborare tra le persone. Questo si ripercuote anche sulle metodologie e tecnologie didattiche: la tradizionale lavagna si è trasformata in una LIM (Lavagna Interattiva Multimediale), la quale con la sua multicanalità e multimodalità di interazione sia in input che in output è un esempio paradigmatico di cosa possa fare oggi la tecnologia in campo didattico. Con la pandemia da COVID-19 la tecnologia si è resa indispensabile per continuare a svolgere le attività da remoto, abbattendo sempre più dubbi e resistenze sulla sua utilità: la lavagna, che fino a 15 anni fa era una lastra su cui si poteva semplicemente scrivere con un gessetto o con un pennarello, in seguito alla digitalizzazione si è resa “smart”. Oltre al gesto didattico di scrivere e tracciare grafici, già coadiuvato dalla sua antenata analogica, la LIM consente di interagire tramite tocco e gesture particolari, navigare su Internet, visualizzare video, eseguire applicazioni ed effettuare molte altre attività rendendo multicanale l'interazione con essa. Inoltre gli strumenti di web collaboration consentono di lavorare in classi virtuali anche da remoto e, in particolare in seguito alla pandemia, sono entrati a tutti gli effetti nella routine della Scuola.

Probabilmente, in un futuro molto vicino, nelle scuole saranno presenti occhiali per la realtà aumentata, caschetti per la realtà virtuale e dispositivi indossabili, quali ad esempio i guanti con feedback aptico, che daranno la possibilità di fare delle esperienze permettendo l'acquisizione di informazioni in modo coinvolgente e diretto e incrementando gli artefatti semiotici a disposizione di docenti e studenti.

## **SONIFICAZIONE**

La sonificazione è una tecnica sinestetica che consente di trasformare e veicolare informazioni che per loro natura non sono sonore, sotto forma di stimoli uditivi [1, 2]. La sonificazione consente di percepire informazioni facendo leva sulle capacità che l'udito umano ha di distinguere le variazioni dei parametri del suono come l'ampiezza, la frequenza, la durata, il timbro e la direzione. Inoltre, vi è la possibilità di percepire più fonti sonore contemporaneamente e di “ricostruirle” mentalmente (polifonia), proprio come avviene quando si ascolta un'orchestra che esegue un concerto e si sentono suonare contemporaneamente tanti strumenti, diversi per timbro, potenza e frequenza del suono.

La possibilità di sonificare grafici che rappresentano dati complessi aiuta coloro i quali devono leggerli ad interpretarli con maggiore successo e apre una nuova modalità esplorativa alle persone con disabilità visiva [3, 4]. Vi sono vari esempi nei campi più disparati: in astronomia e astrofisica, nella fisica delle particelle - in cui sono stati sonificati i dati provenienti dall'acceleratore LHC, e anche in molte branche della medicina come in cardiologia o in scienze ambientali [5 -9].

Tre strumenti sono disponibili gratuitamente online, i quali non solo permettono di tracciare i grafici sullo schermo, ma ne consentono l'esplorazione associando appunto un suono peculiare ad ogni punto del grafico stesso, rendendo inclusiva ai disabili visivi (studenti o docenti) un'attività che se svolta in modo analogico con carta e penna non lo sarebbe.

## **AUDIOFUNCTIONS.WEB**

AudioFunctions.web è una web application disponibile on-line gratuitamente [10], sviluppata dal Laboratorio “S. Polin” dell'Università degli Studi di Torino, basata su tecnologie di sviluppo front-end che consentono di disegnare su una pagina web di un browser funzioni matematiche a una incognita e di poterle “tradurre” in suono. In particolare, tale software consente di esplorare le funzioni tramite suono facendo uso della tastiera, del mouse, del touchpad o - se con dispositivi muniti di touch screen - anche dell'esplorazione con il tocco del dito, aggiungendo l'aspetto propriocettivo all'esperienza

dell'utente. Per sonificare e trasmettere informazioni sulle funzioni matematiche vengono usati più parametri del suono stesso quali: frequenza, volume e direzione [11].

Le caratteristiche principali di Audiofunctions.web sono:

1. utilizzo tramite differenti interfacce quali touchscreen, tastiera, mouse e touchpad;
2. utilizzo tramite device mobile e tradizionali;
3. indipendenza dal sistema operativo;
4. inclusione attraverso l'uso simultaneo di presentazione visiva ed uditiva;
5. accesso diretto ai grafici accessibili da documenti digitali e da pagine web.

Audiofunctions.web prevede anche funzionalità che permettono di avere informazioni sulla posizione di massimi, minimi e origine degli assi, conoscere le coordinate del punto che si sta esplorando e la relativa derivata. L'applicazione è stata oggetto di un'accurata fase di test con l'ausilio di 12 sperimentatori con disabilità visive.

Per ottenere il grafico di una funzione si utilizza la form (Figura 1) disponibile sul sito di AudioFunctions.web (<https://ewserver.di.unimi.it/audifunctions/>) inserendo l'espressione analitica della funzione e altri parametri (l'intervallo di visualizzazione, il fattore di scaling, le coordinate della posizione centrale). Cliccando sul bottone Explore si ottiene il grafico della funzione (Figura 2). Il grafico generato può essere incluso in altri contenuti digitali tramite link o codice incorporato.

### Configure

**Function Definition**

The function you want to explore

**Center Position**

Set the center position using the syntax [x,y]

**Scale Factor**

Set the scale factor

**Range to display**

Set the range to display using the syntax [minimum, maximum]

**Sound Cues**  Enable cues

[Read instructions](#)

**Figura 1**

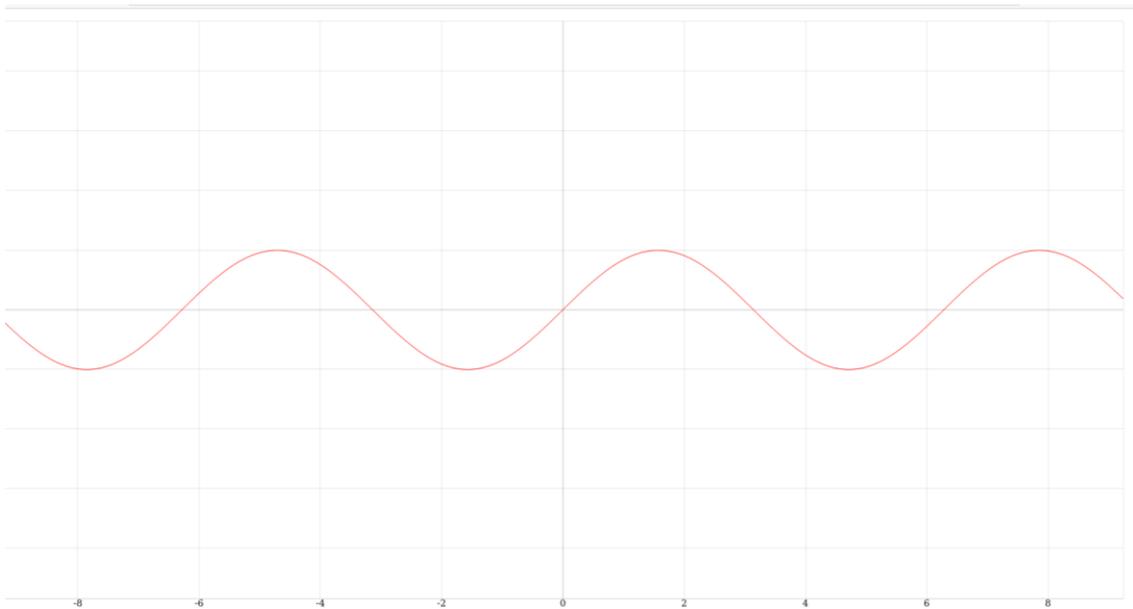


Figura 2

## DESMOS

Desmos è una calcolatrice grafica avanzata presente on-line [12] equipaggiata con tutte le funzionalità convenzionali di una calcolatrice scientifica. Concede delle estensioni previa registrazione, quali ad esempio: la memorizzazione di dati, esercizi e personalizzazioni del software. In aggiunta Desmos comprende la sonificazione delle funzioni che traccia sul piano cartesiano presente a schermo, con ottime prestazioni sonore e annunciando con un segnale anche la sovrapposizione di due o più funzioni. La selezione della funzione e la “navigazione” sonora di tale grafico da parte dell’utente avvengono tramite la tastiera del computer. Desmos, al contrario di AudioFunctions.web, non prevede l’esplorazione a tocco con device touch screen.

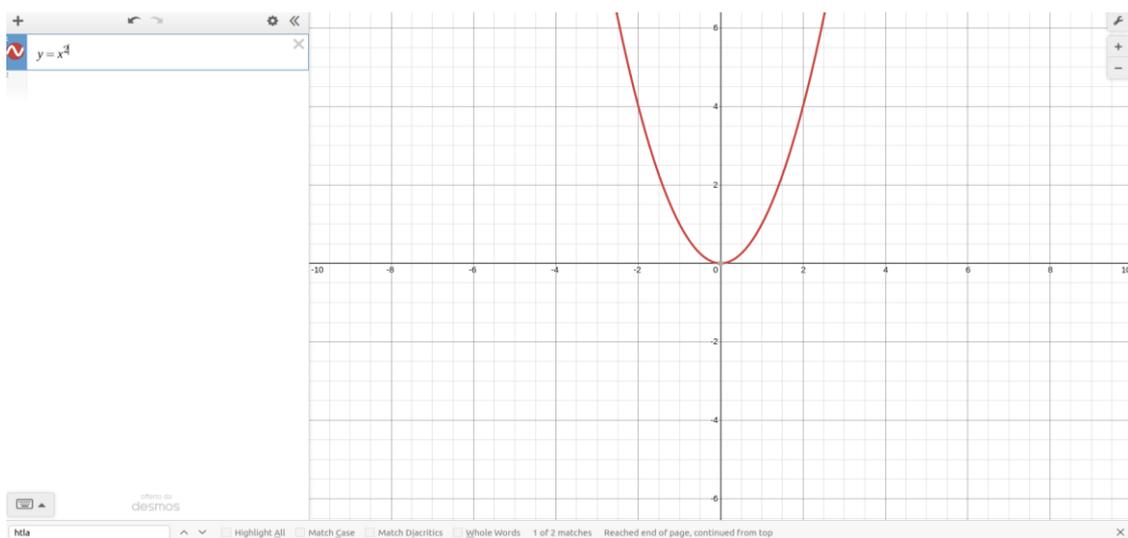


Figura 3

## **SAS GRAPHICS ACCELERATOR**

Tra le estensioni del browser Google Chrome, SAS Graphics Accelerator (SGA) è presente regolarmente e gratuitamente nel Chrome Web Store [13]. SGA permette la creazione di pacchetti di dati o la loro acquisizione da file presenti sul computer dell'utente, e la creazione di vari tipi di grafici a seconda delle esigenze e dei dati con cui si sta lavorando (grafici a linee, a barre, a torta, box plot, istogrammi ecc.). SGA può acquisire svariati formati di file, come .xlsx, .csv., tsv. ed altri.

SGA è uno strumento molto potente, che fornisce numerose funzionalità. L'utente ha la possibilità di salvare i grafici in formato .html e .png e di esportarli sul proprio computer. È possibile settare le impostazioni di sonificazione dei grafici per esplorarli in modalità manuale (con l'uso della tastiera) o in modalità scansione automatica.

## **IL WORKSHOP**

Durante il Workshop abbiamo introdotto il concetto di accessibilità e la tecnica della sonificazione, abbiamo cercato di far vivere in prima persona l'esperienza di un utente di screen reader con disabilità visiva servendoci della possibilità di condividere lo schermo e l'audio di sistema di un PC.

In particolare è stato utilizzato un PC con sistema operativo Microsoft Windows 10, Firefox e Google Chrome come browser ed equipaggiato dello screen reader NVDA.

L'utente ha mostrato in successione AudioFunctions.web, Desmos e SAS Graphics Accelerator spiegandone comandi generali per disegnare, impostare visualizzazione e sonificazione, esplorare ed eventualmente esportare i grafici.

## **CONCLUSIONI**

Il pubblico del Workshop ha potuto constatare in prima persona che un utente con disabilità visiva può padroneggiare gli strumenti dell'ICT con autonomia, velocità e sicurezza: l'adeguato uso di uno screen reader abilita non vedenti e ipovedenti ad attività che gli sarebbero state altrimenti precluse. Abbiamo quindi approfondito questo discorso relativamente all'attività di creazione e consultazione di grafici con l'uso della sonificazione.

La tecnica sinestetica della sonificazione gioca un ruolo fondamentale per l'accessibilità delle materie STEM nei confronti di persone con disabilità visive; ma può anche essere proficuamente utilizzata da persone prive di disabilità visive per affrontare determinati argomenti tecnico-scientifici in maniera nuova, facendo leva sul divertimento di utilizzare uno strumento multimediale.

Siamo convinti che le tecniche sinestetiche in futuro possano essere integrate nella maggior parte degli strumenti tecnologici di uso comune per studenti e lavoratori; l'uso di strumenti siffatti potrà così colmare il divario che passa tra persone prive di disabilità e persone con disabilità, dando a queste ultime un ruolo sempre più attivo e partecipe nella nostra società.

## **BIBLIOGRAFIA**

[1] Armano T., Capietto A., Ahmetovic D., Bernareggi C., Coriasco S., Ducci M., Magosso C., Mazzei A., Murru N., Sofia A., (2020), *Accessibilità di contenuti digitali per le STEM: un problema aperto. Alcune soluzioni inclusive per l'accessibilità di formule e grafici*, Mondo Digitale Volume 89.

[2] Sorge V., Ahmetovic D., Bernareggi C., Gardner J. (2019) "Scientific Documents", in Yesilada Y., Harper S. (a cura di) *Web Accessibility: A Foundation for Research*, Springer, Chapter 22.

- [3] Balik S., Mealin S., Stallmann M., Rodman R., Glatz M., Sigler V. (2014) *“Including blind people in computing through access to graphs”*, ASSETS14 -Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ACM, pp 91–98.
- [4] Sarkar R., Bakshi S.(2012) *“Review on image sonification: a non-visual scene representation”*, 1st International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT), IEEE, pp 86–90.
- [5] Ye S. Y., Gurnett D. A., Menietti J. D., Kurth W. S., and Fischer G. (2012) *“Cassini Observation of Jovian Anomalous Continuum Radiation”*, J. Geophys. Res., 117, A04211, 15 pages, doi:10/1029/2011JA017135.
- [6] Diaz-Merced W. L., Candey R. M., Brickhouse N., Schneps M., Mannone J. C. Brewster, S.(2012) *“Sonification of Astronomical Data”*. New Horizons in Time-Domain Astronomy, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 285, p. 133-136.
- [7] Candey R. M., Schertenleib A. M., Diaz Merced W. L (2006) *“Xsonify sonification tool for space physics”*, International Conference on Auditory Display.
- [8] Kather J. N., Hermann T., Bukschat Y., Kramer T., Schad L. R., Gerrit Zöllner F. (2017) *“Polyphonic sonification of electrocardiography signals for diagnosis of cardiac pathologies”*, Scientific Reports, volume 7, Article number: 44549.
- [9] Sawe N., Chafe C., Treviño J. (2020) *“Using Data Sonification to Overcome Science Literacy”, Numeracy, and Visualization Barriers in Science Communication. Frontiers in Communication.*
- [10] <https://ewserver.di.unimi.it/audiofunctions/>
- [11] Ahmetovic D., Bernareggi C., Guerreiro J., Mascetti S., Capietto A. (2019) *“AudioFunctions. web: Multimodal Exploration of Mathematical Function Graphs”*, International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A), San Francisco.
- [12] <https://www.desmos.com/calculator?lang=it>
- [13] <https://chrome.google.com/webstore/detail/sas-graphics-accelerator/ockmipfaiiahknlinepcaogdillgoko>