

Orientamento e mobilità nella disabilità visiva

Luigi F. Cuturi

Unit for Visually Impaired People

Istituto Italiano di Tecnologia





ISTITUTO ITALIANO
DI TECNOLOGIA
UNIT FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Neuroscience and Biobehavioral Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/neubiorev



Review article

From science to technology: Orientation and mobility in blind children and adults



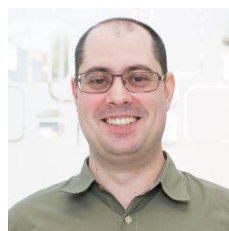
Luigi F. Cuturi^a, Elena Aggius-Vella^a, Claudio Campus^a, Alberto Parmiggiani^b,
Monica Gori^{a,*}

^a U-VIP: Unit for Visually Impaired People, Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia, Genova, Italy

^b iCub Facility, Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia, Italy



Elena Aggius-Vella



Claudio Campus



Alberto Parmiggiani



Monica Gori

Orientamento e mobilità delle persone con disabilità

- **Orientamento** →

Capacità di comprendere le **proprietà spaziali di un ambiente** ed essere **consapevoli della propria posizione e della sua relazione con l'ambiente circostante**.

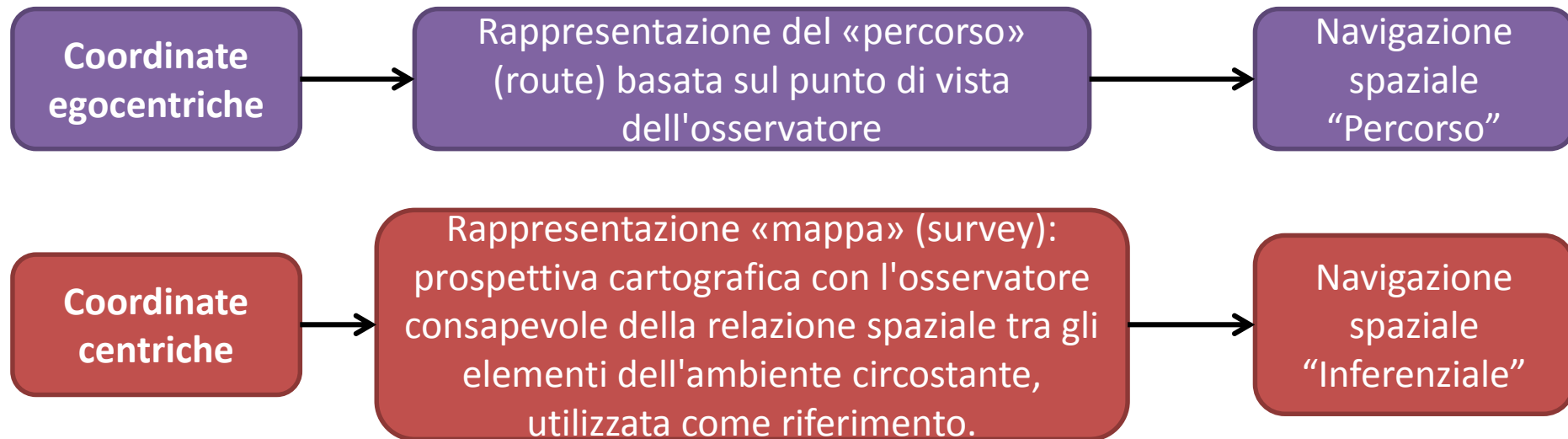
- **Mobilità** →

Capacità di **muoversi** in modo **efficiente e sicuro** in un ambiente (ad esempio in una città utilizzando i mezzi di trasporto pubblico) **senza accompagnatore**

Navigazione spaziale: Coordinate egocentriche e allocentriche

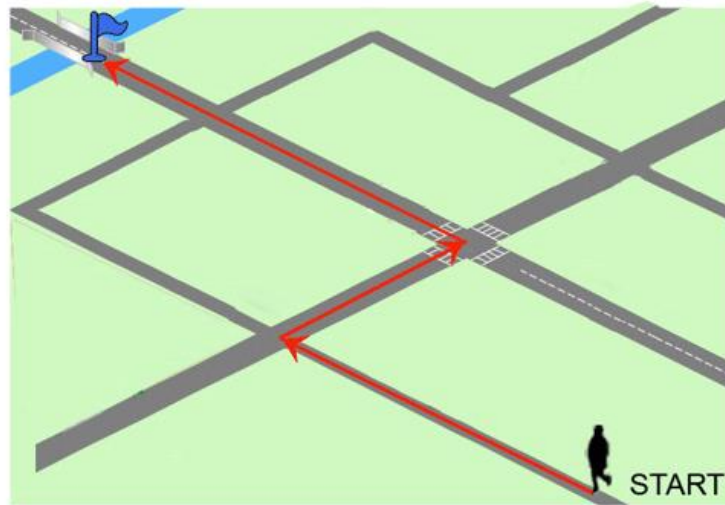
Rappresentazioni mentali basate su segnali sensoriali che forniscono informazioni su come viene realizzato il nostro movimento.

- in **relazione all'ambiente** circostante (es. visivo, uditivo)
- o **assolutamente** nello **spazio** (es. vestibolare e propriocettivo).

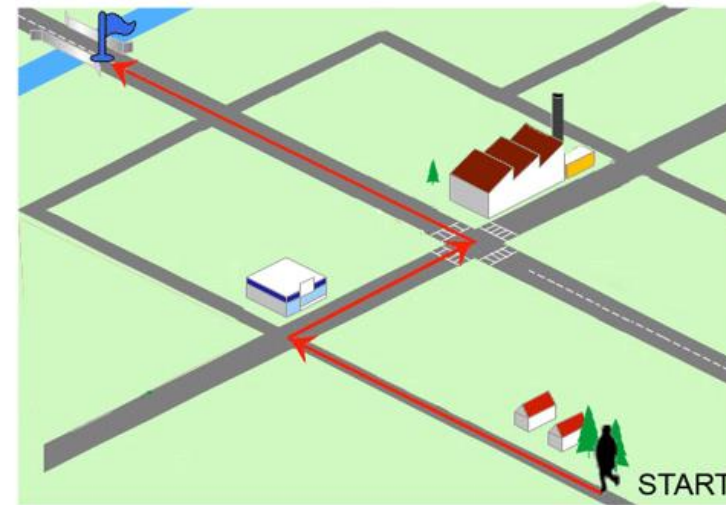


Esempi di navigazione spaziale

Egocentric



Allocentric



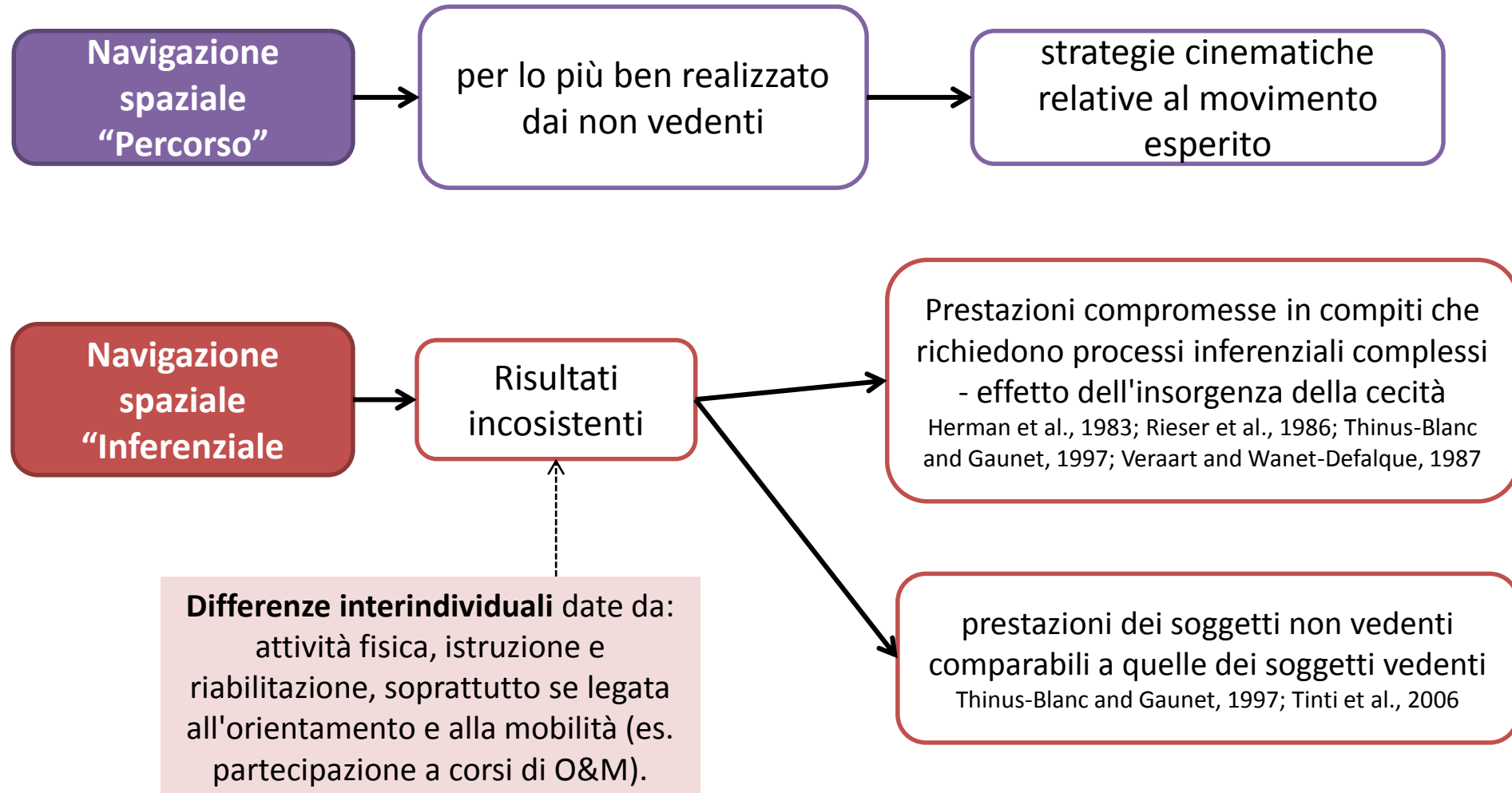
Navigazione spaziale "Percorso"



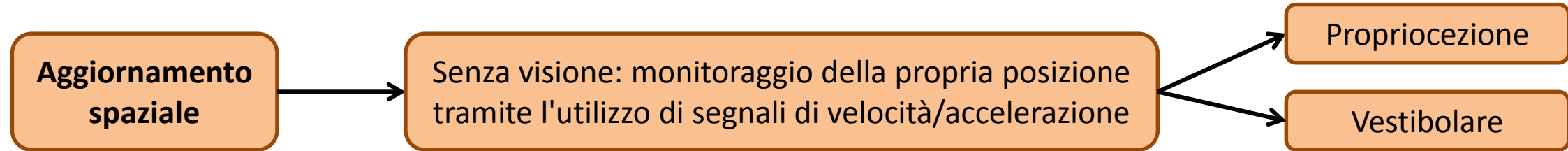
Navigazione spaziale "Inferenziale"



Navigazione spaziale nei non vedenti



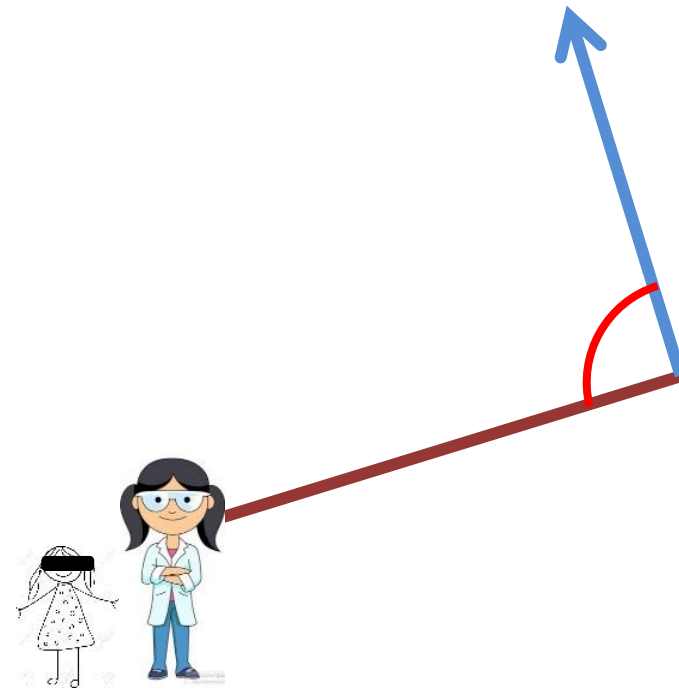
Aggiornamento spaziale senza visione



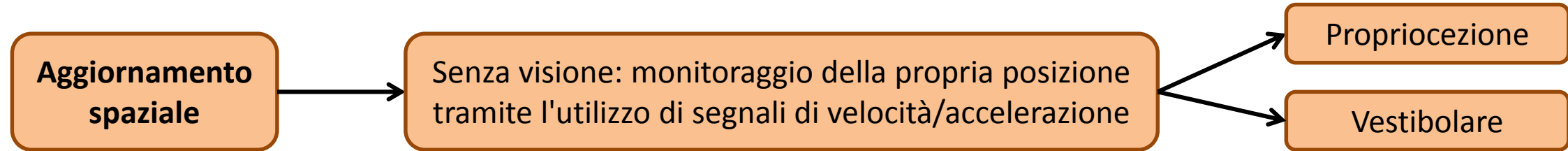
Il compito di completamento del triangolo

(Sholl, 1989; Loomis et al., 1993; Berthoz et al., 1999; Philbeck et al., 2001).

- lo sperimentatore guida il soggetto lungo i due lati del triangolo



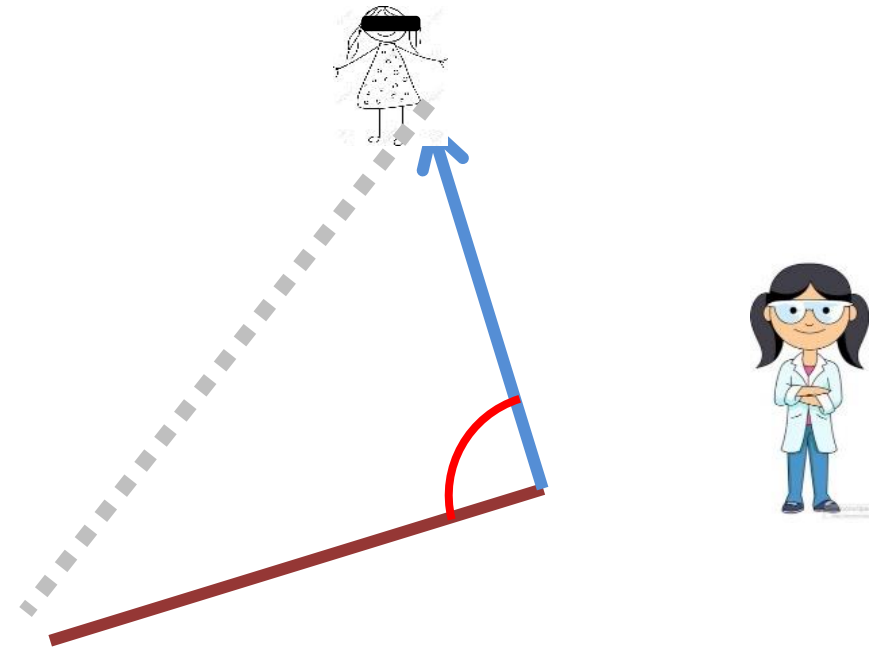
Aggiornamento spaziale senza visione



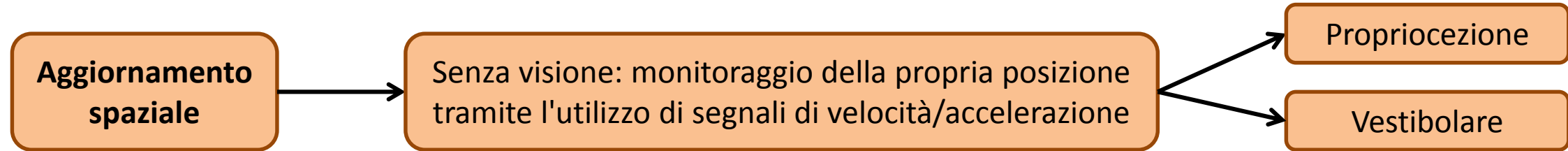
Il compito di completamento del triangolo

(Sholl, 1989; Loomis et al., 1993; Berthoz et al., 1999; Philbeck et al., 2001).

- lo sperimentatore guida il soggetto lungo i due lati del triangolo
- Poi al soggetto viene chiesto di tornare alla posizione di partenza camminando lungo il terzo lato del triangolo senza la guida dello sperimentatore.



Aggiornamento spaziale senza visione



Il compito di completamento del triangolo

(Sholl, 1989; Loomis et al., 1993; Berthoz et al., 1999; Philbeck et al., 2001).

- lo sperimentatore guida il soggetto lungo i due lati del triangolo
- Poi al soggetto viene chiesto di tornare alla posizione di partenza camminando lungo il terzo lato del triangolo senza la guida dello sperimentatore.

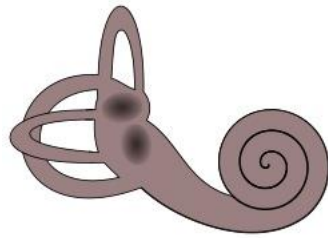
Le prestazioni sembrano dipendere:

- Movimenti attivi VS passivi
- Conoscenza dello spazio contestuale (Rieser e Frymire, 1995; Rieser, 1999)
- Presenza/distanza dei punti di riferimento (Rieser et al., 1997)
- Antepima visiva (Philbeck et al., 2001)
- Danni alla vista (Rieser et al., 1986)
- Età (Smith et al., 2013)

Qual è il ruolo dei sistemi sensoriali nella navigazione spaziale in caso di cecità?

Esplorando il contributo di:

- Vestibolare



- Uditivo



- Aptico



Contributi vestibolari alla navigazione spaziale

Forte legame funzionale tra gli indizi sensoriali visivi e vestibolari per codificare il proprio movimento

Le persone non vedenti congenite mostrano disabilità nella navigazione inferenziale vestibolare

I compiti di navigazione "percorso" sono paragonabili a quelli degli individui vedenti (strategie cinetiche intatte).

Seemungal et al., 2007

Le soglie vestibolari per i movimenti di rollio a bassa frequenza sono più basse per i non vedenti congeniti e i non vedenti tardivi.

Moser et al., 2015

Contributi uditivi alla navigazione spaziale

Referenze uditive

consentiscono la percezione
allocentrica dell'ambiente circostante
(Loomis et al., 2001)

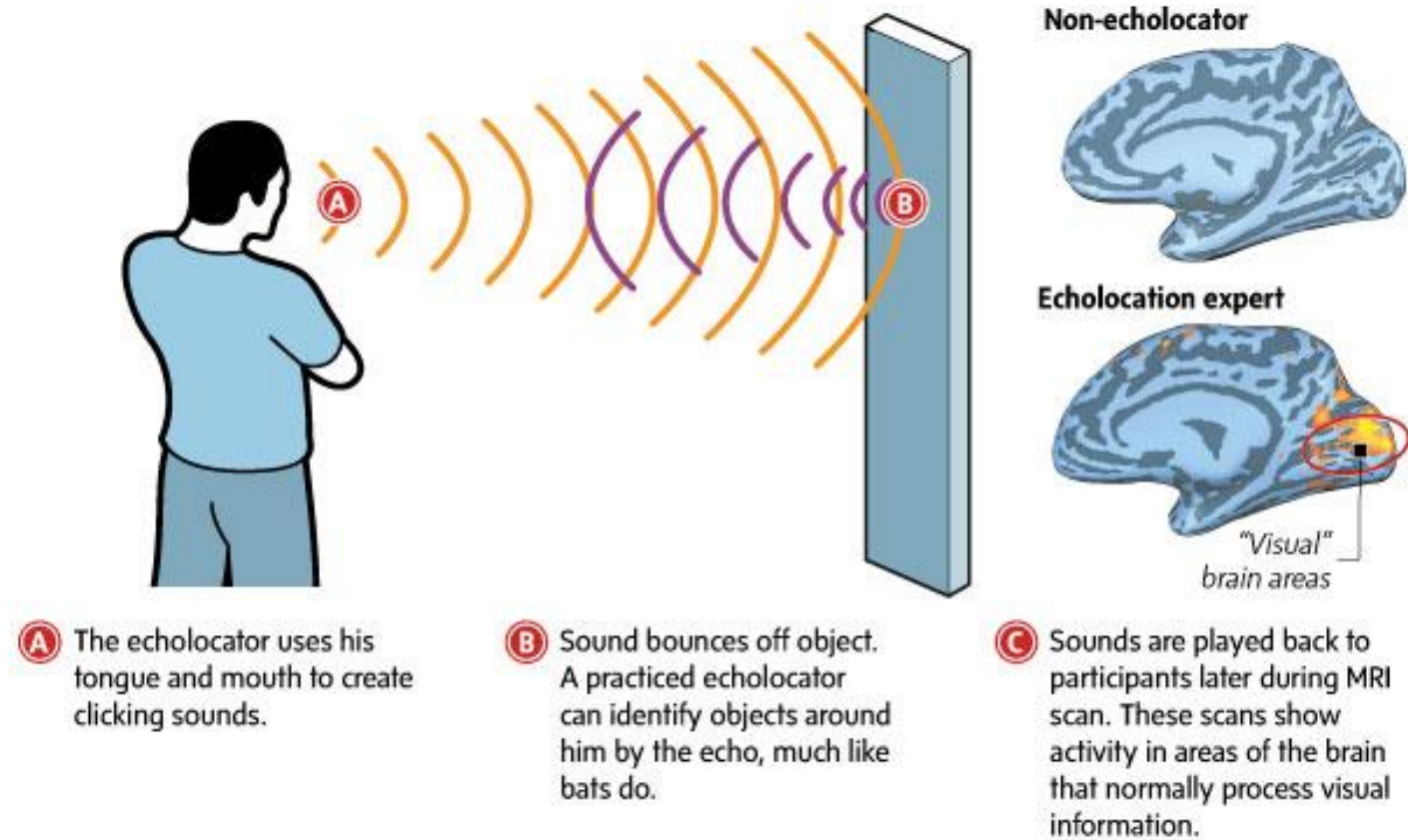
Persone cieche all'inizio della loro vita

**compromissione della riproduzione
assoluta della distanza basata su
segnali acustici** (Cappagli et al., 2015)

Ecolocazione

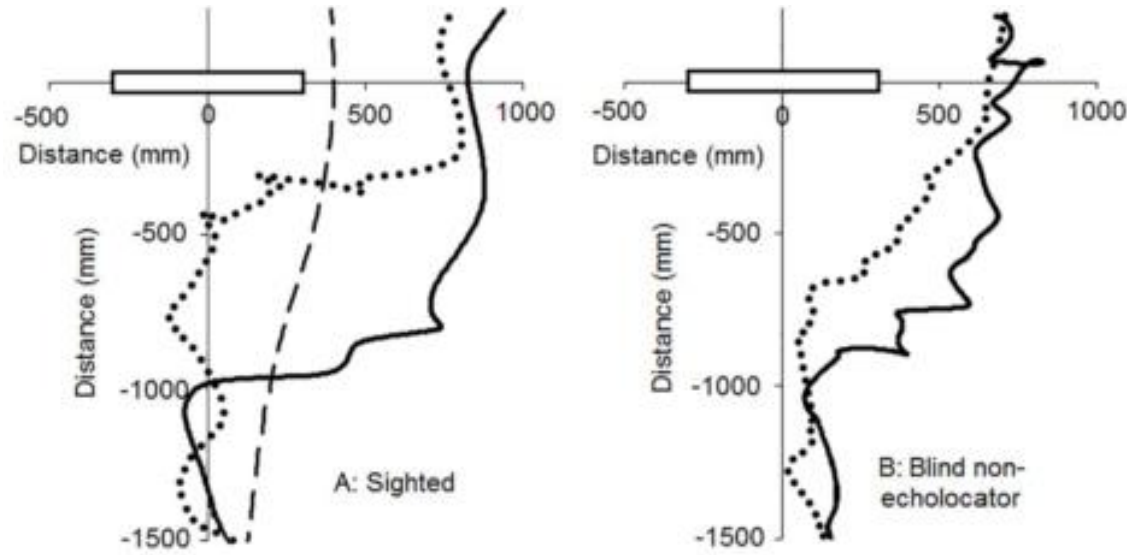
capacità di calcolare la propria posizione e la
posizione degli oggetti rilevando l'eco emesso
dopo aver prodotto attivamente un suono

Ecolocazione e navigazione spaziale



MATTHEW BAMBACH/THE GLOBE AND MAIL » SOURCE: UNIVERSITY OF WESTERN ONTARIO

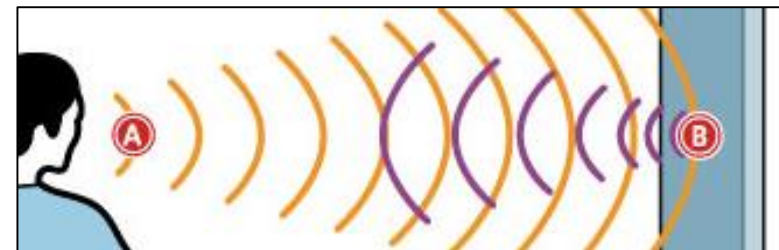
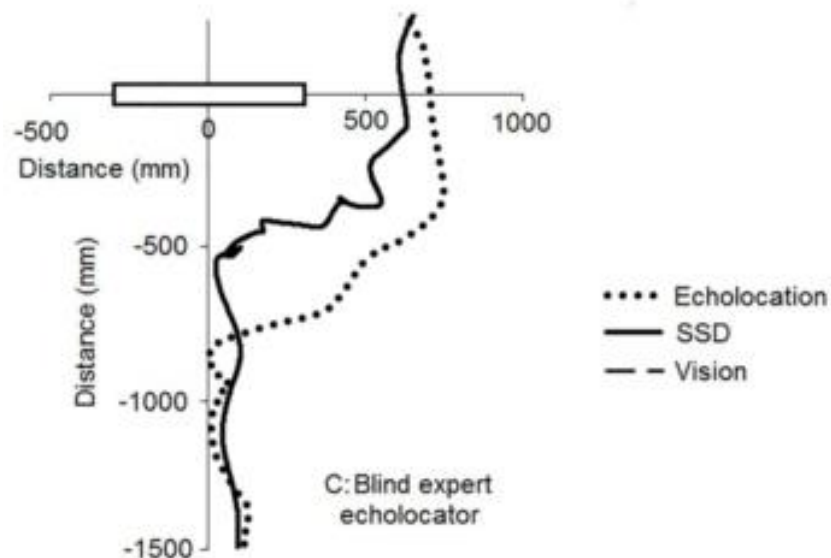
Ecolocazione e navigazione spaziale



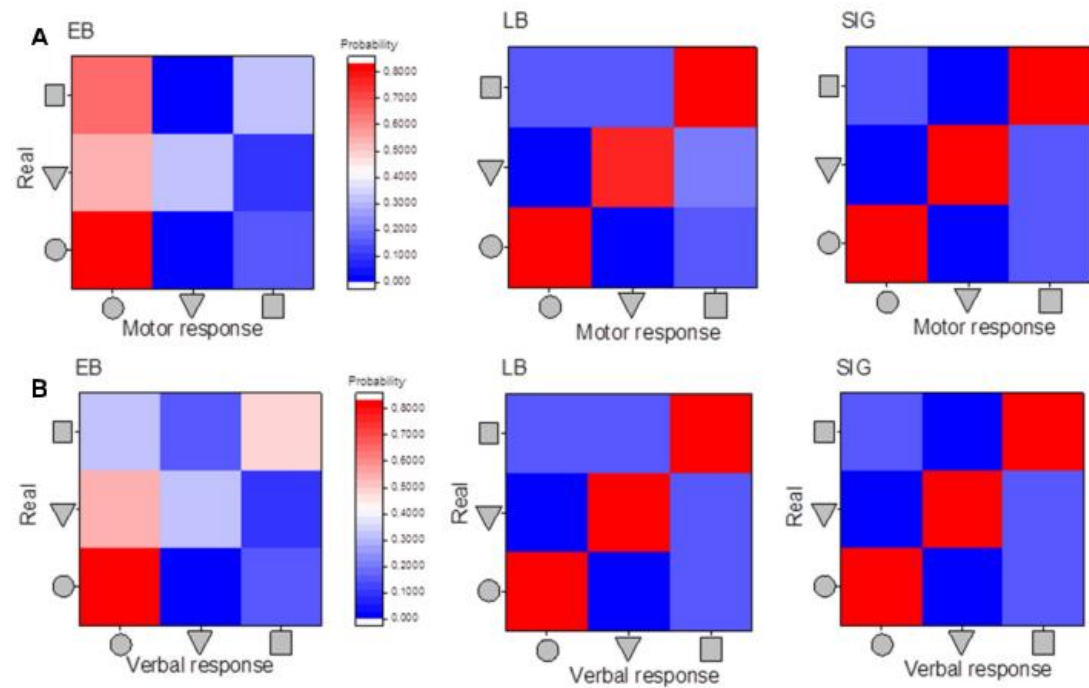
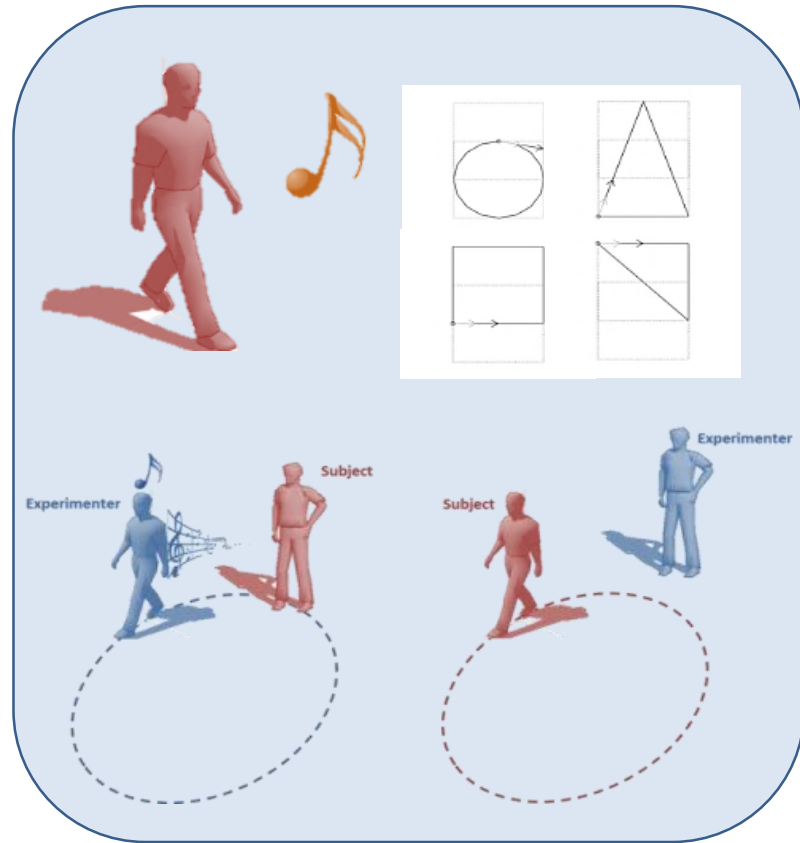
Miniguide / Polaron



VS



Percezione della forma e navigazione negli adulti non vedenti



Contributi tattili alla navigazione spaziale

Indicazioni aptiche di orientamento spaziale attraverso un supporto tattile

migliorare la stabilità posturale più rapidamente nelle persone non vedenti che nelle persone vedenti (Schieppati et al., 2014)

Mappe spaziali aptiche



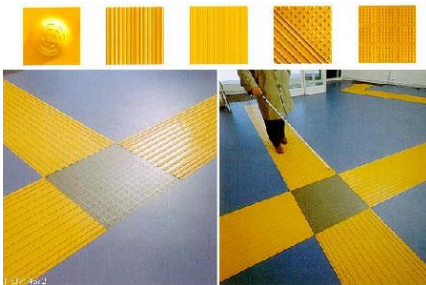
paragonabile alle mappe basate sulla visione (Giudice et al., 2011)

migliora le prestazioni in complessi compiti spaziali uditivi complessi (Tonelli et al. 2016)

formazione di rappresentazioni allocentriche (Morash et al., 2012).

feedback sensoriale dai passi

Loges



l'esplorazione tattile della superficie plantare del piede può essere utilizzata per sondare il terreno (Patla et al., 2004)

il suono dei passi fornisce informazioni ritmiche che potrebbero migliorare la locomozione (Molloy-Daugherty, 2013)

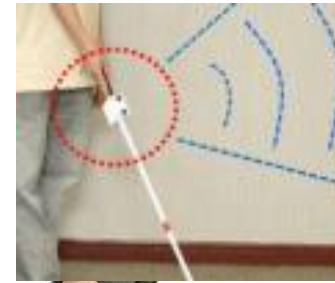
Dispositivi tecnologici per adulti

Bastoni tecnologici

- = set di sensori e display multisensoriali
 - montato sul classico bastone bianco
 - rimosso dalla canna e utilizzato in modo indipendente (a volte)

Informazioni sull'ambiente
circostante

- Utile per evitare gli ostacoli



Dispositivi tecnologici per adulti

Bastoni tecnologici

Table 1

Summary of technological canes and information about the sensors used, the feedback produced and the participants tested.

Name	Sensors	Feedback	Participants tested
LaserCane (Bolgiano and Meeks, 1967)	Laser	Non-verbal audio, Vibrotactile	Not found
RecognizeCane (Scherlen et al., 2007)	Infrared, Brilliance, Water	Not developed	Not found
Mini-Radar (Dakopoulos and Bourbakis, 2010)	Ultrasound	Non-verbal audio, Vibrotactile	Not found
K-Sonar Cane (Bay Advanced Technologies Ltd, 2016)	Ultrasound	Non-verbal audio, Vibrotactile	Not found
Miniguide (Jacquet et al., 2006)	Ultrasound	Non-verbal audio, Vibrotactile	Not found
iSONIC (Kim et al., 2009)	Ultrasound, Color, Brightness	Verbal audio, Vibrotactile	Not found
Tom Pouce (Hersh et al., 2006)	Infrared	Non-verbal audio, Vibrotactile	Sighted, Visually imp.
Télé tact (Hersh et al., 2006)	Infrared, Laser	Non-verbal audio, Vibrotactile	Sighted, Visually imp.
CyARM (Ito et al., 2005)	Ultrasound	Haptic	Not found
EyeCane (Buchs et al. 2014; Maidenbaum et al., 2014)	Infrared	Non-verbal audio, Vibrotactile	Sighted, Visually imp.
Navigation Aid for Blind People (Bousbia-Salah et al., 2011)	Ultrasound	Vibrotactile	Sighted, Visually imp.
Kinect Cane (Takizawa et al., 2012)	Kinect (Infrared)	Vibrotactile	Not found
GuideCane (Borenstein and Ulrich, 1997)	Ultrasound	Kinesthetic	Sighted, Visually imp.
Roji (Shim and Yoon, 2002)	Ultrasound, Infrared, Antenna	Non-verbal audio	Sighted, Visually imp.

Ultrasuoni: 8

Laser: 2

Infrarossi: 5

Audio non verbale: 8

Vibrotattile: 10

Tattile: 1

iSONIC (Kim 2009)

- Attaccato ad una bastone bianco convenzionale, rileva gli **ostacoli ad altezza testa** che non possono essere coperti da bastone tradizionale e fornisce **avvertenze** sotto forma di **vibrazioni** o **suoni** per evitare situazioni di pericolo.
- **algoritmo** per **limitare il campo di rilevamento** per ridurre i **rilevamenti confusi** e inutili e un metodo per rimuovere gli errori di rilevamento dovuti all'impatto della maschiatura del terreno.
- Oltre al rilevamento di ostacoli, informazioni sul **colore dell'oggetto** e sulla **luminosità ambientale**.



Miniguide /Polaron (Roentgen 2008)

- Il Miniguide utilizza l'**eco-localizzazione ad ultrasuoni** per rilevare gli oggetti.
- Il dispositivo **vibra** per indicare la **distanza dagli oggetti** - più veloce è la velocità di vibrazione, più vicino all'oggetto. C'è anche una presa per le cuffie che può essere utilizzata per fornire un **feedback sonoro**.
- Un singolo pulsante per accendere o spegnere l'apparecchio e anche per modificare le impostazioni. Il dispositivo ha varie modalità e opzioni (**max 8 metri**)
- **Solo gli oggetti di grandi dimensioni** possono essere rilevati a 4 metri o oltre, ad esempio, recinzioni, muri.
- Utile in:
 - **Evitare gli ostacoli** come le auto parcheggiate, i pali e l'arredo urbano.
 - Rilevamento di **ostacoli sporgenti** come rami di alberi.
 - Individuazione del **personale di sportello** e fine delle **code**.
 - Individuazione di **porte, spazi vuoti** e determinazione se le porte degli **ascensori** sono aperte.
 - Navigazione intorno a **tavoli, sedie** e ambienti **d'ufficio**





EyeCane

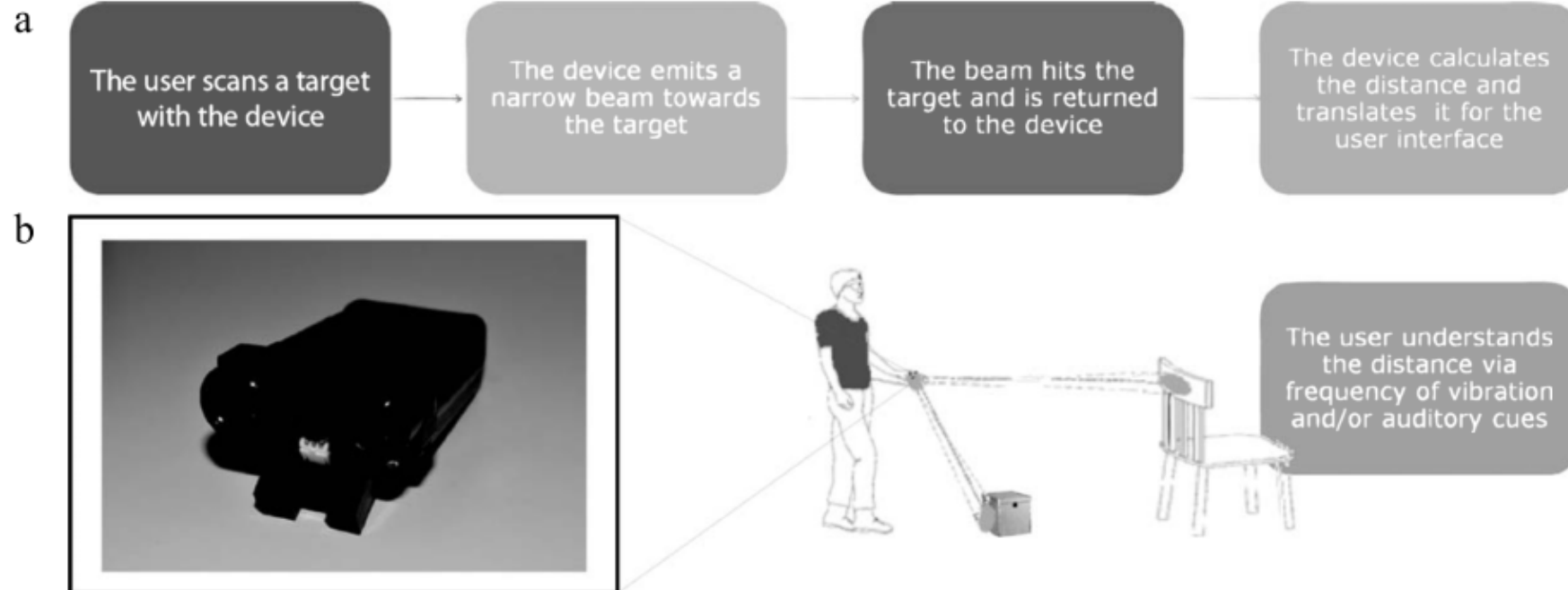


Fig. 1. The EyeCane: (a) A flow chart depicting the use of the device and an illustration of a user. Note the two sensor beams, one pointing directly ahead, and one pointing towards the ground for obstacle detection. (b) Photo of the "EyeCane".

GuideCane

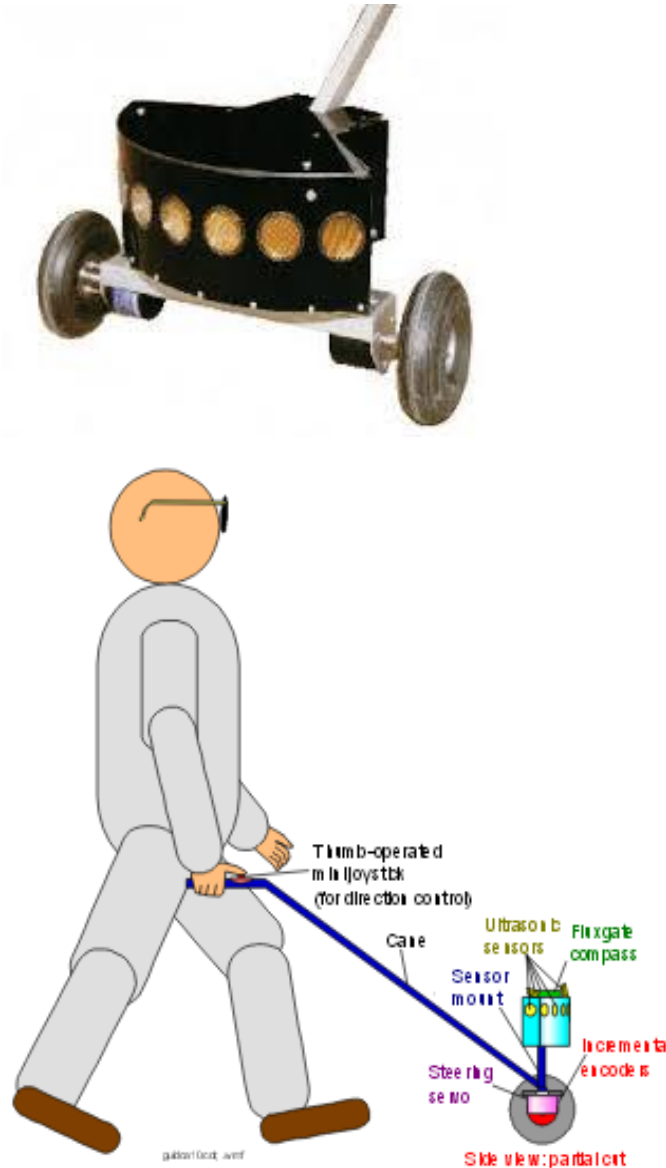


Figure 2:
A blind person walks with the GuideCane.

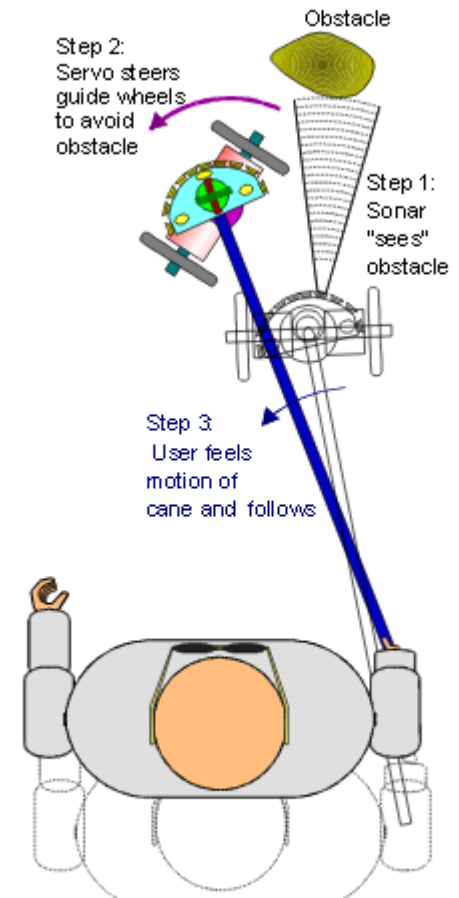


Figure 3: The GuideCane guides a user around an obstacle.

GuideCane (Borenstein 1997)

- Proprio come il bastone bianco ampiamente usato, l'utente tiene il GuideCane **di fronte** a se stesso mentre cammina.
- Il GuideCane rotola su **ruote di guida**
- Un **servomotore sterzante**, che opera sotto il controllo del computer integrato di GuideCane, può guidare le ruote di guida a sinistra e a destra, rispetto al bastone.
- Una serie di **sensori a ultrasuoni** è montata a semicerchio **sopra le ruote guida**.
- I sonar aggiuntivi sono rivolti verso l'alto e lateralmente. Sopra le ruote di guida è montata anche una **bussola a portata di flusso a controllo digitale**.
- Ad ogni ruota guida è collegato un **encoder incrementale** e il **computer di bordo** utilizza i dati di questi encoder e della bussola fluxgate per **calcolare il movimento relativo del viaggiatore e la velocità di marcia momentanea**.
- Un **mini joystick** che può essere azionato con il pollice permette all'utente di **specificare la direzione di movimento desiderata**.

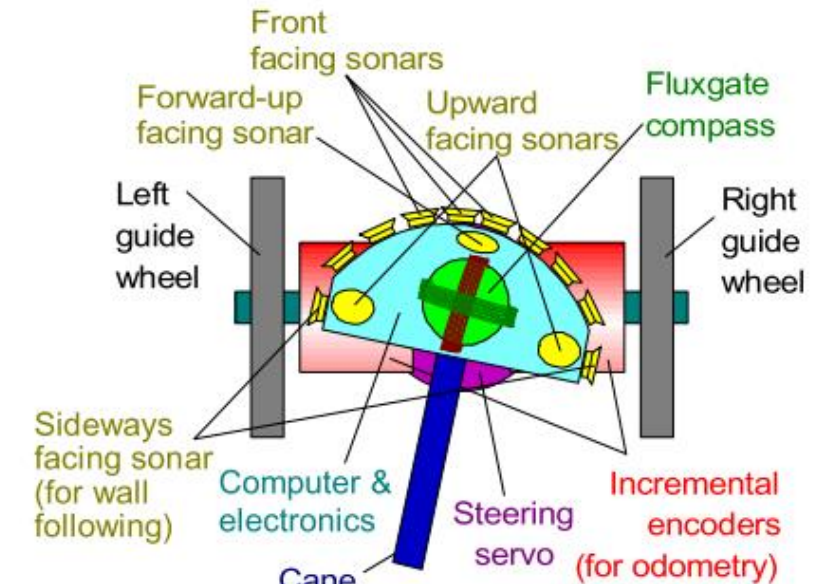


Figure 4: The GuideCane sensor-head.

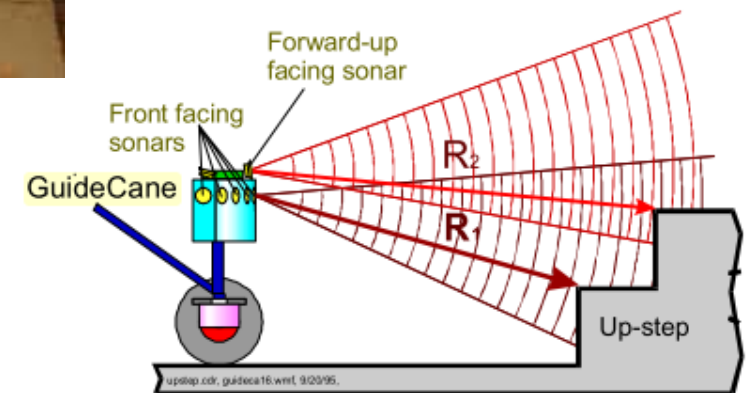


Figure 5: How the GuideCane identifies up-steps. An up-step is distinguished from a vertical wall by the forward-up facing sensor.

Dispositivi tecnologici per adulti

- Bastoni tecnologici

LIMITATION



Dispositivi tecnologici per adulti

- Bastoni tecnologici - **limitazioni**:
 - I **test in soggetti umani sono rari** (specialmente in soggetti non vedenti). Al test hanno partecipato per lo più persone vedenti con gli occhi bendati. **Intervallo spaziale relativamente ristretto** (tra 0,5 e 8 m)
 - La **tipologia e lo stato degli ostacoli** (in movimento o meno) è terminato.
 - **Nessuna formazione riabilitativa specifica** per migliorare la locomozione
 - **Assenza di un indizio spaziale globale** al contesto ambientale
 - **Non molto usato da persone ipovedenti e non vedenti**

Dispositivi tecnologici per adulti

- **Robot per la mobilità**
 - Rispondere all'esigenza di trovare un **sistema più flessibile e indipendente** per guidare le persone **con disabilità visiva**.
 - Guida per **ambienti interni ed esterni**
 - Rispetto ai sistemi di navigazione portatili, sono di solito **migliori per evitare ostacoli e supporto fisico** per mantenere l'equilibrio mentre si cammina



Dispositivi tecnologici per adulti

- Robot per la mobilità

Table 2

Summary of robots for mobility and information about the sensors used, the feedback produced and the participants tested.

Name	Sensors	Feedback	Tested participants
MELDOG MARK (Tachi et al., 1981)	Ultrasound	Verbal audio, Electrocutaneous	Sighted, Visually impaired
HITOMI (Mori et al., 1994)/HARONOBU (Mori and Sano, 1991)	Vision system, Ultrasonic, Global Positioning System (GPS), Geographical Information System (GIS)	Braille key, Verbal audio	Sighted, Visually impaired
PAM-AID (MacNamara and Lacey, 2000)/VA-PAMAID (Rentschler et al., 2003)	Ultrasound, Laser	Verbal audio	Sighted, Visually impaired
Care-O-bot (Graf, 2001)	Laser	Kinesthetic	Sighted
Robotic Guide/Robocart (Kulyukin et al., 2004)	Ultrasound, Laser, Radio Frequency Identification (RFID)	Verbal audio	Sighted, Visually impaired
Guide-Dog Robot (Saegusa et al., 2011)	Laser	Kinesthetic	Not found
ROVI (Melvin et al., 2009)	Ultrasound, Infrared	Kinesthetic	Sighted, Visually impaired
Robotic System to Assist Visually Impaired People (Capi and Toda, 2011)	Laser, Vision system	Verbal and non-verbal audio	Not found
EyeDog (Galatas et al., 2011)	Laser	Kinesthetic	Not found
Omnidirectional-type cane robot (Wakita et al., 2013)	Laser, Tilt angle sensors	Kinesthetic	Not found

Dispositivi tecnologici per adulti

- Robot per la mobilità



Dispositivi tecnologici per adulti

- Robot per la mobilità - limitazioni:
 - Scarsa portabilità (spesso ingombrante)
 - Guida passiva piuttosto che attiva
 - Sono bravi a mostrare il percorso da una posizione corrente alla destinazione, ma non possono camminare su e giù per le scale.
 - Basso tasso di test su utenti ipovedenti (0-3 soggetti)

Dispositivi (non) tecnologici per adulti



Orientamento e mobilità in bambini con e senza disabilità visive

- Studi di sviluppo forniscono informazioni sul ruolo della visione nella calibrazione multisensoriale.
 - Orientamento percepito e dimensione degli oggetti (Gori et al., 2008)
 - Navigazione spaziale (Nardini et al., 2008)

L'integrazione multisensoriale viene acquisita intorno
a 8-10 anni di età

Orientamento e mobilità in bambini con e senza disabilità visive

La riduzione dell'orientamento e della mobilità dipende dal coinvolgimento della vista durante lo sviluppo.

La mancanza di visione ha un impatto su:

1. legame tra percezione e azione, cardine della rappresentazione mentale dello spazio circostante (Anderson, 1955; Gori et al., 2010)
2. integrazione sensomotoria e processi cognitivi associati alla locomozione
3. coinvolgimento dei restanti segnali sensoriali e motori. La visione calibra (educa) gli altri sensi sulla rappresentazione spaziale (Gori et al., 2008; Pasqualotto e Newell, 2007)

Orientamento e mobilità in bambini con e senza disabilità visive

Le soluzioni tecnologiche esistenti possono essere classificate in:

1. Dispositivi per la mobilità elettrica

- Utilizzare la parte superiore del corpo
- Principalmente usato per le disabilità motorie
- Non molto usato dai bambini ipovedenti

2. Pre-bastoni

3. Tecnologia di realtà virtuale

- **ABES** (Audio-Based Environments Simulator) (Connors et al., 2013) - esplorazione della navigazione spaziale attraverso segnali acustici.
- **BLINDAID** (Symposium et al., 2015) - Esplorazione della mappa attraverso un dispositivo tattile fantasma.
- **HOMERE** (Lecuyer et al., 2003) - simulazione di segnali spaziali di navigazione come feedback di forza del bastone e feedback termico (es. sole).
- **BlindSquare** (BlindSquare, 2016) - applicazione per iPhone per sintetizzatore vocale
- **Ultrabike** (Sound Foresight Technology Limited, 2016) - Una bicicletta per non vedenti: ultrasuoni per rilevare gli ostacoli attraverso il feedback tattile al ciclista

Soluzioni tecnologiche per i bambini

Concentrarsi su :

- Intervento precoce
- Soluzioni tecnologiche adatte ai bambini
- Linguaggio semplice: sfruttare la potenza di calcolo e la plasticità del cervello



Roball (Michaud et al. 2005)

ABBI



DAVID CHIOSSONE ONLUS
PER CIECHI E IPOVEDENTI



UNIVERSITY
WeDRAWof
GLASGOW



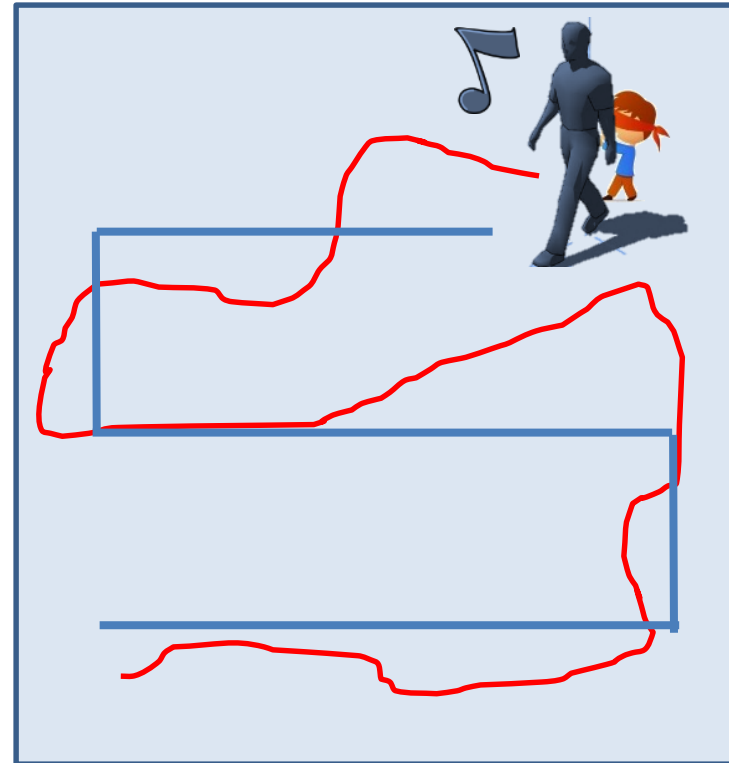
LUND
UNIVERSITY

Training di riabilitazione

PROTOCOLLO DI RIABILITAZIONE

Esercizi audio in cui il bracciale ABBI viene indossato dal riabilitatore professionista (45 minuti alla sett.) o dal genitore (5 ore alla sett.).

L'obiettivo è quello di migliorare il senso dello spazio utilizzando il suono di ABBI come facilitatore.



Esercizio di riproduzione del percorso

Esempio: Il bambino riproduce le traiettorie sonore tracciate dal riabilitatore/genitore. Linee rette nello spazio frontale (semplici) o forme geometriche, spirali e movimenti casuali nello spazio anteriore e posteriore (complesso).

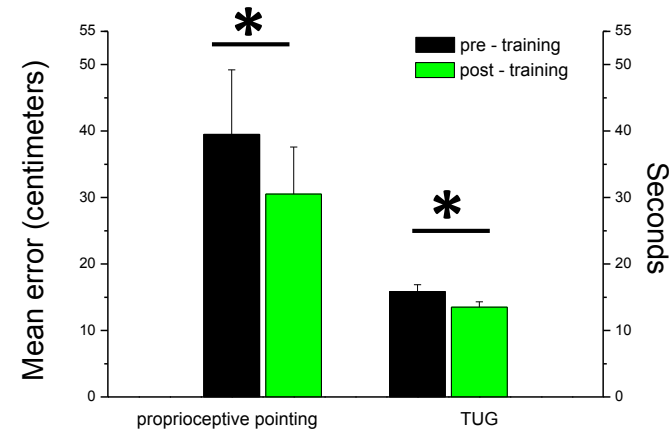
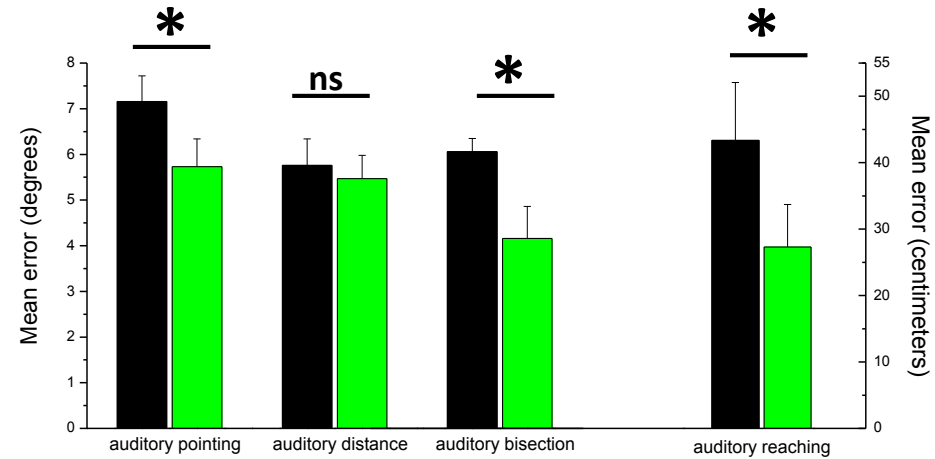






Effetto del training con ABBI

		PRE TRAINING	POST TRAINING
AUDITORY	Distance	✗	✗
	Localization (pointing)	✗	✓
	Localization (walk)	✗	✓
	Bisection	✗	✓
MOTOR	Path reproduction (hand)	✗	✗
	Path reproduction (walk)	✗	✓
	Go and come test	✗	✓



Only motor tasks

21 children

ABBI sport





Anderson S.C. Oliveira

Blind Football



Sara Finocchietti





Anderson S.C. Oliveira

Blind Football



Sara Finocchietti



Sviluppo tecnologico e movimento al servizio
dell'insegnamento

H2020 ICT “Technologies for Learning and skills”.



Coordinator Monica Gori and Gualtiero Volpe
<http://wedraw.eu/>
@WeDrawproject



TECNOLOGIA INCLUSIVA PER L'INSEGNAMENTO MULTISENSORIALE

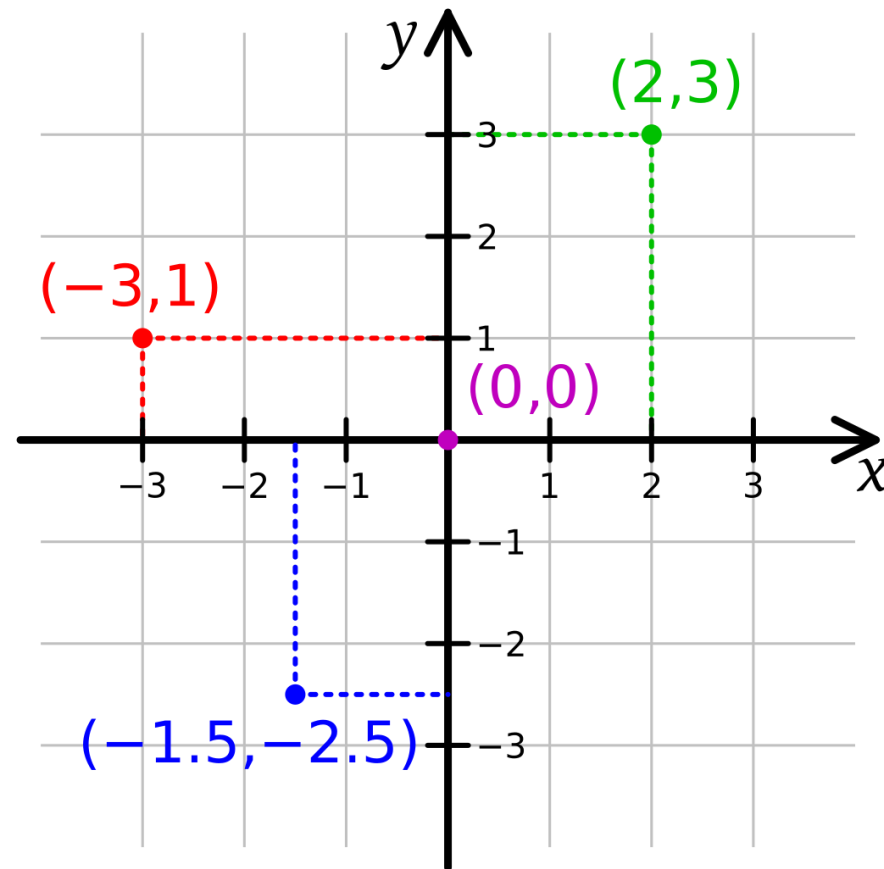
Tecnologia a scuola



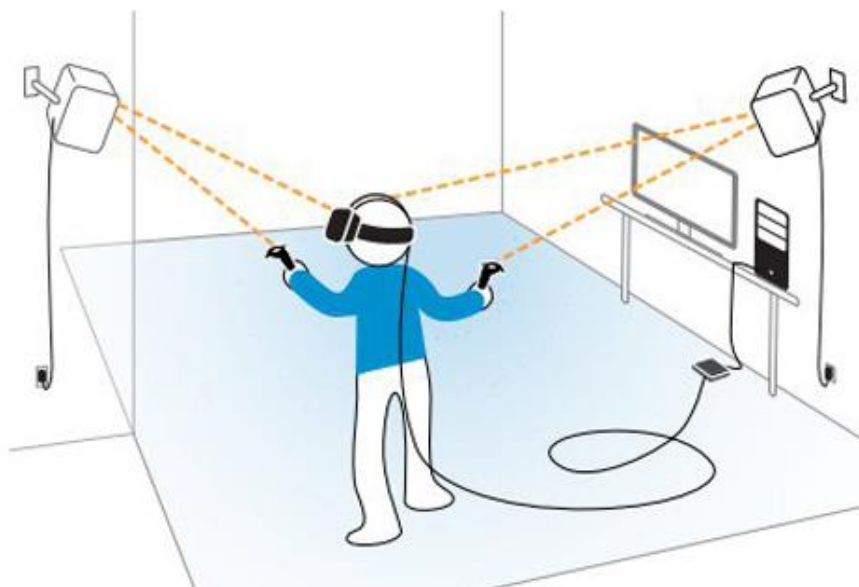
Geometria sensorimotoria



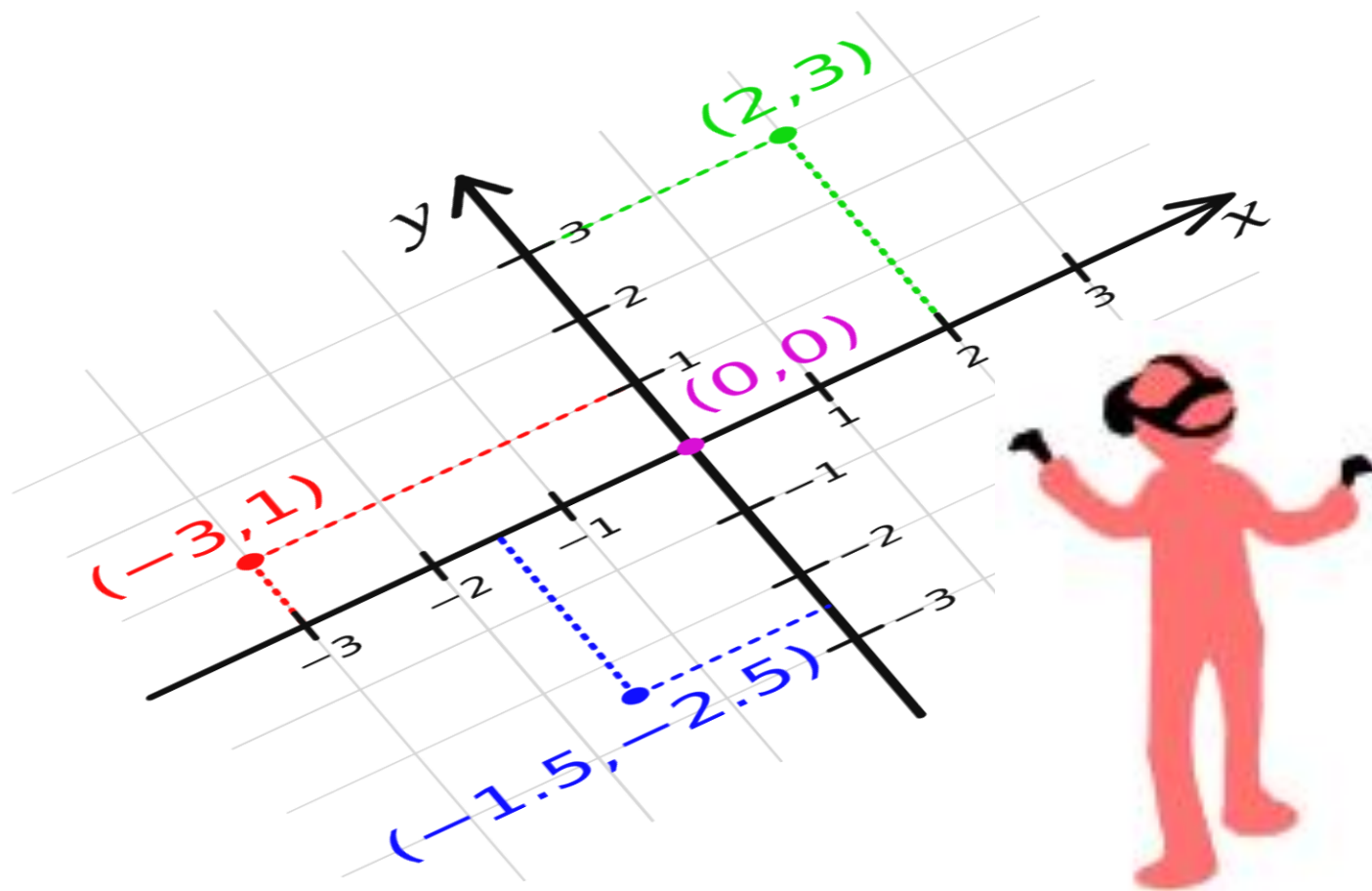
Geometria sensorimotoria



Geometria sensorimotoria



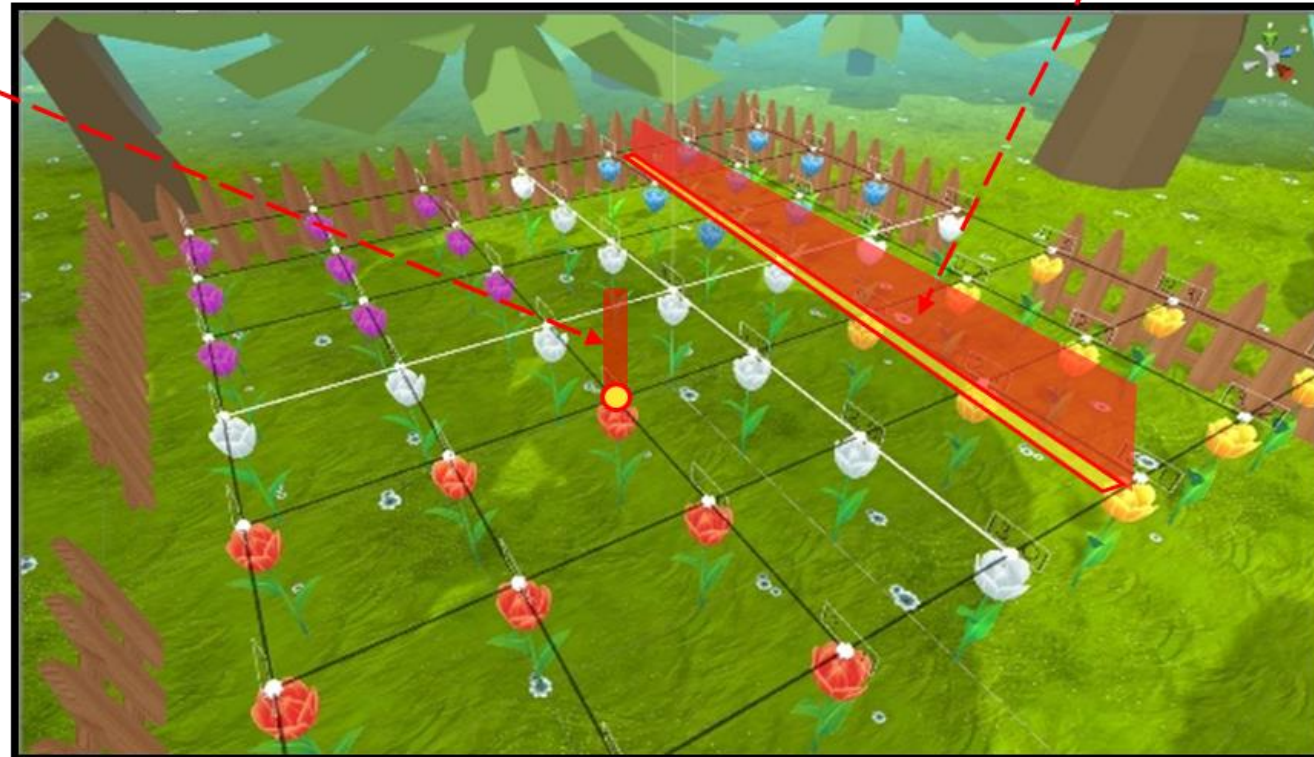
Geometria sensorimotoria



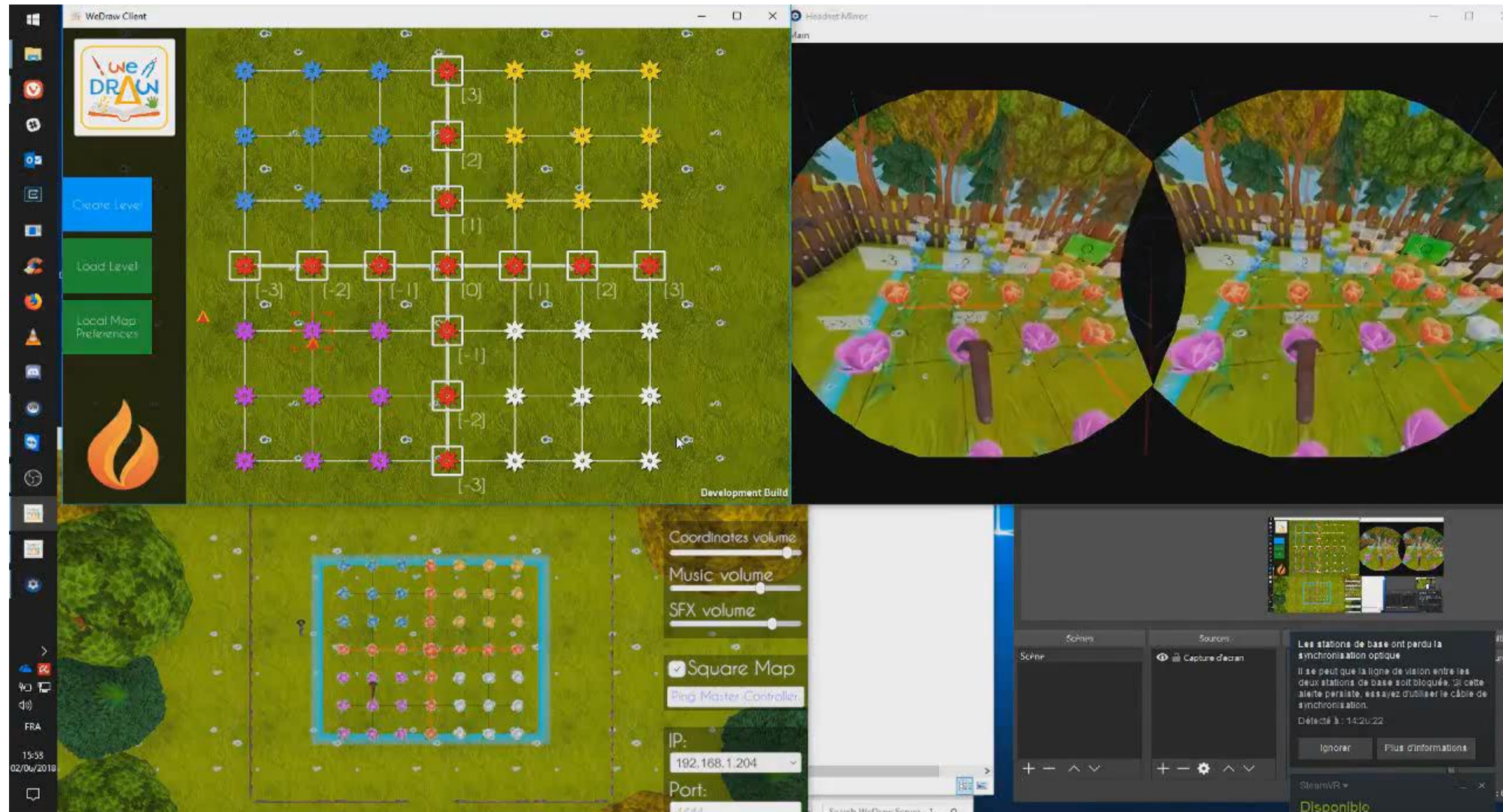
Cartesian garden



Cartesian garden

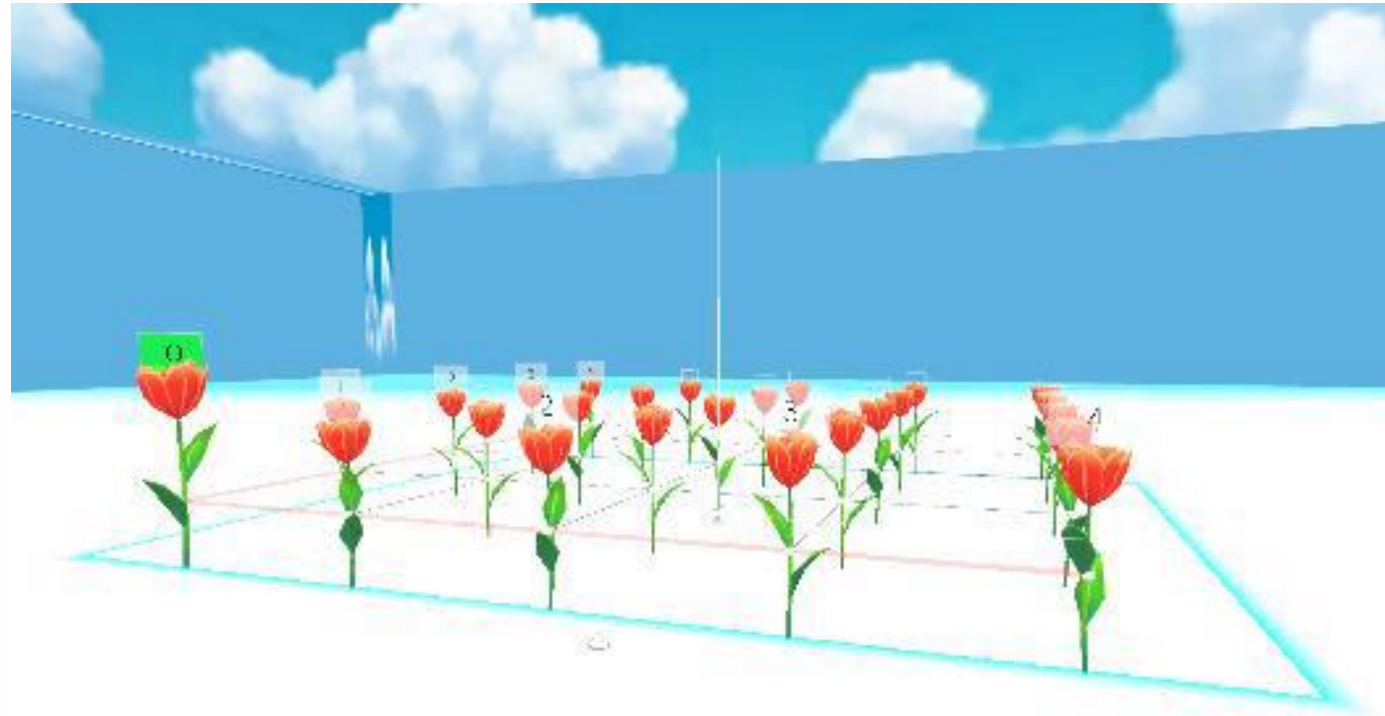
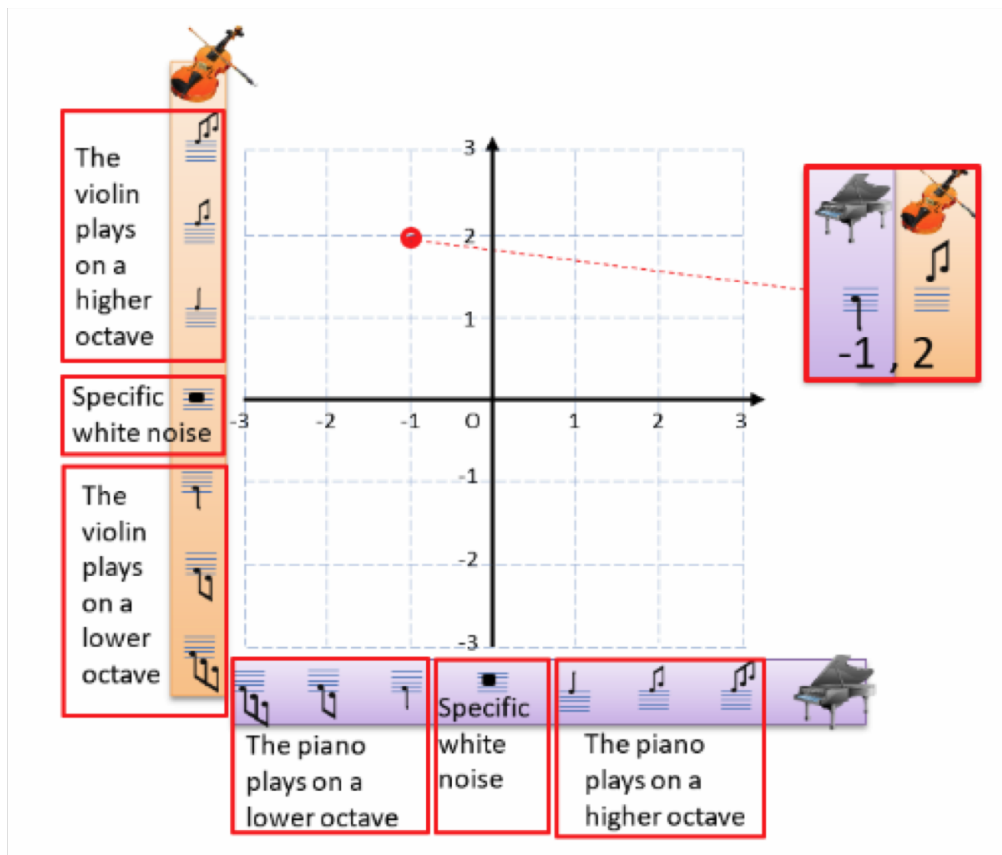


Cartesian garden



Due modelli di sonificazione

- **note musicali** di due strumenti (nella fattispecie **flauti e archi**)
- metafora dell'esplorazione di una mappa sonora di **ambienti** ed **animali** associati.



Cartesian garden per ipovedenti



Take home message

- Migliorare la **comunicazione tra scienza e sviluppo tecnologico**
- Concentrarsi di più sul **dispositivo riabilitativo** piuttosto che assistivo
- L'obiettivo è quello di **sviluppare soluzioni tecnologiche** prendendo in considerazione
 - i **meccanismi cerebrali** che sottendono il deficit
 - le **capacità attentivo-cognitive** che bambini e adulti sfruttano per elaborare i segnali sensoriali forniti dalla soluzione tecnologica

Grazie per l'attenzione

U-VIP group



ABBI group



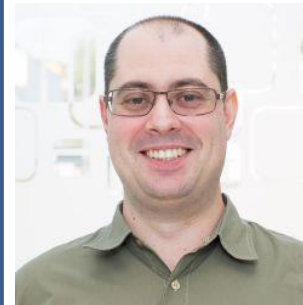
weDRAW group



Monica Gori



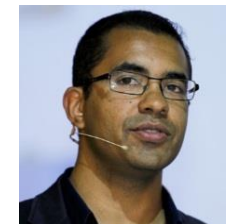
Alberto Parmiggiani



Claudio Campus



Elena Aggius-Vella



Anderson S.C.
Oliveira



Sara Finocchietti

Extra slides

Vestibular facility

RT-Chair

Rotational-translational chair

- Vestibular/proprioceptive research
- Self-motion perception
- Multisensory integration

