



Dutch Research Council (NWO)

NWO Domain

Applied and Engineering Sciences (AES)

## **KICK-OFF OTOCONTROL-2.0 PROJECT**

January 17, 2024

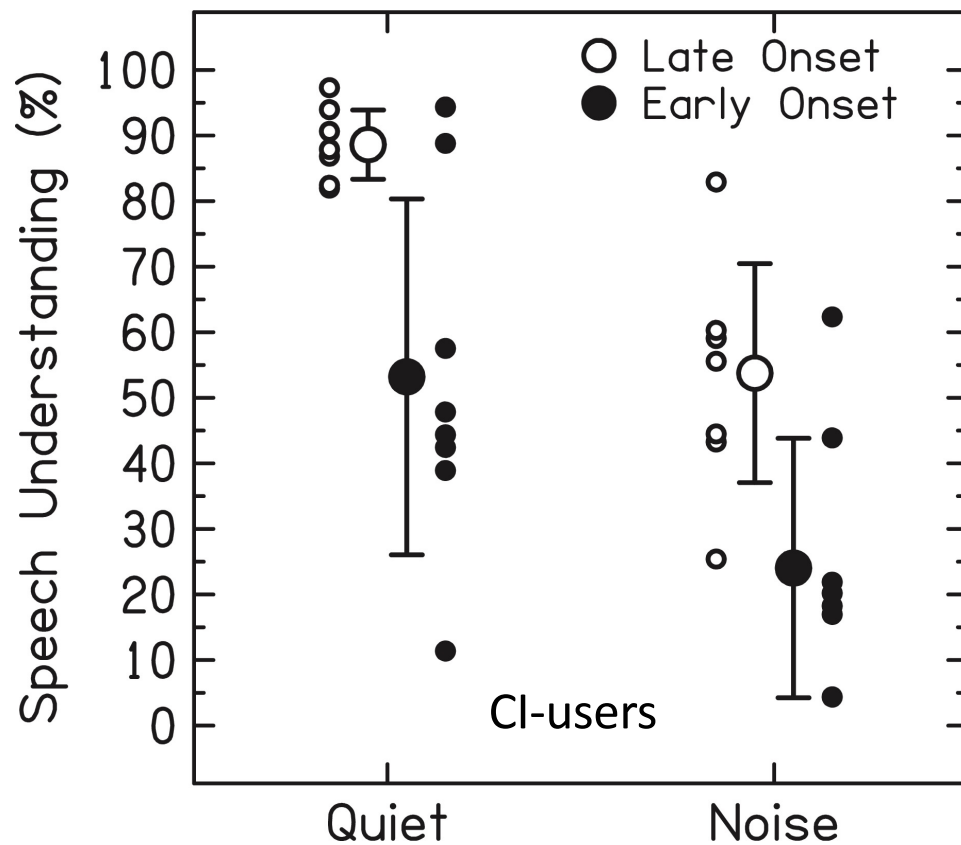
Huize Heyendael, Nijmegen,

**DEEL 1: PROJECT ACHTERGROND**

- HET PROBLEEM
- OTOCONTROL-1.0
- EEG EN REACTION TIJDEN
- SPECTROTEMPORELE GEVOELIGHEID
- RELATIE MET SPRAAKVERSTAAN



## Het probleem:



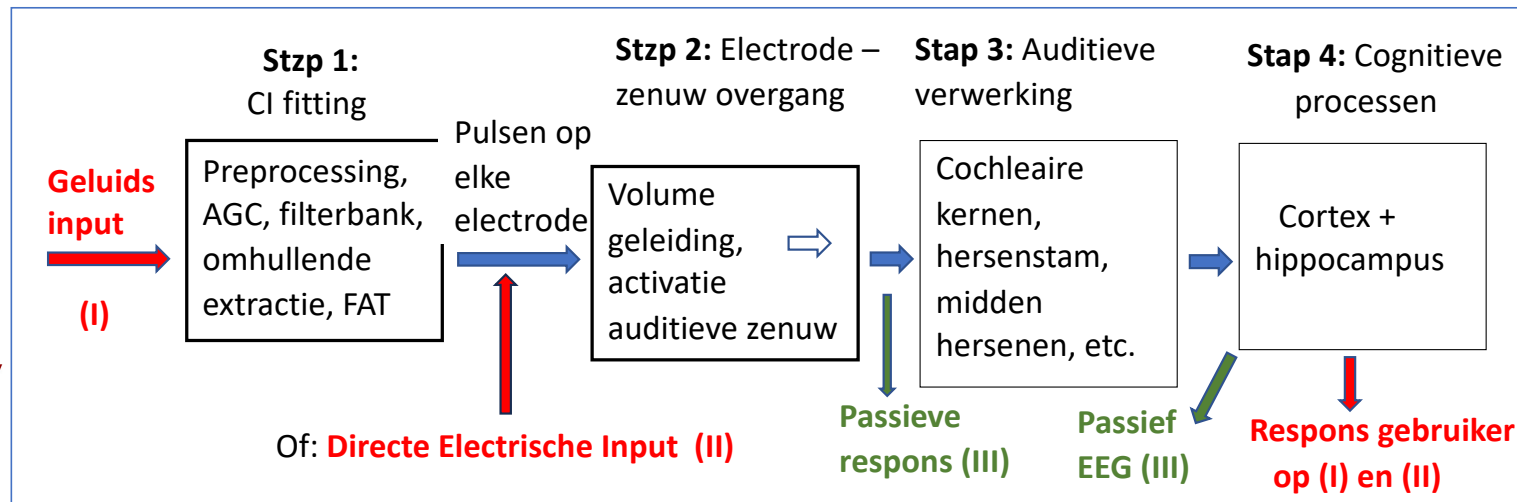
- Er is een aanzienlijke, vooralsnog niet verklaarde, variabiliteit in spraakverstaan tussen CI gebruikers
- Verschillende mogelijke onderliggende factoren:
  - verschillen in auditief-systeem aandoeningen
  - cognitieve factoren (taalkennis, geheugen, e.d.)
  - verschillen in electrode selectiviteit
  - gebrek aan objectieve meetgegevens voor een optimale fitting



## Welke factoren kunnen (in principe) worden meegenomen in de fitting?

- auditieve-systeem aandoeningen
- *cognitieve factoren niet*
- electrode selectiviteit
- objectieve perceptuele data

In **OTOCONTROL-1.0** (NEUROCIMT project TTW 2017-2022) onderzochten we het volgende idee:



**DOEL:** gebruik van hoog-kwalitatieve multimodale data om een model te trainen dat de gebruiker's respons voorspelt na een wijziging in fitting.

## **OTOCONTROL-1.0: Electrofysiologie en Psychofysica op geluids- (I) en directe (II) input**

We recruteerden 21 CI gebruikers via **OPCI** om deel te nemen aan een serie van tests (in verschillende lab sessies, 2-3 hrs per sessie, plus thuis testen met de APP)

- Electrofysiologie:** (passieve metingen)
- electrode kwaliteit (meting van de onderlinge weerstanden)
  - activatie spreiding van elke electrode en de zenuwrespons
  - auditieve EEG metingen (ASSR) [acoustisch: in Normaal Horenden] [CI: met directe stimulatie (omzeilt de fitting) ]
- Psychofysica:** (actieve responsies)
- spraak-in-ruis matrix test (nederlands, 10x5, psychometrie)
  - **reactietijden** op de onverwachte start van een gehoorde modulatie [akoestische (met fitting) en directe (omzeilde fitting) stimulatie]

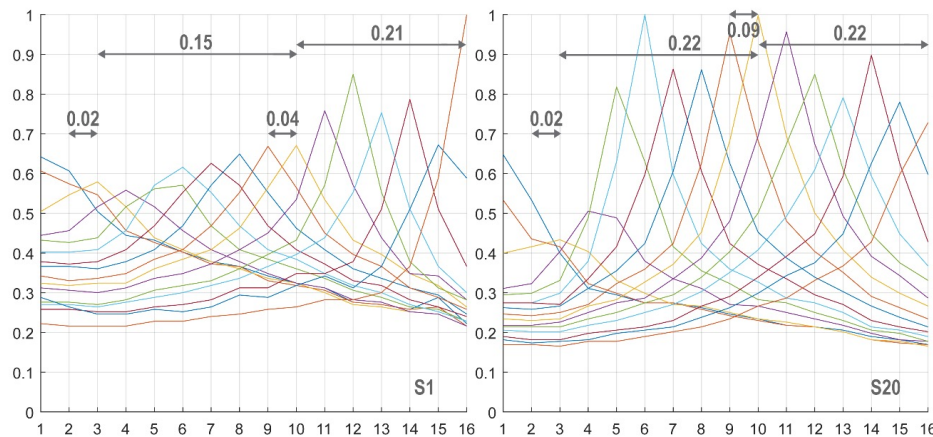
**Verder:** we ontwikkelden een prototype **APP** voor de smartphone om psychofysische metingen (ook) thuis te kunnen doen



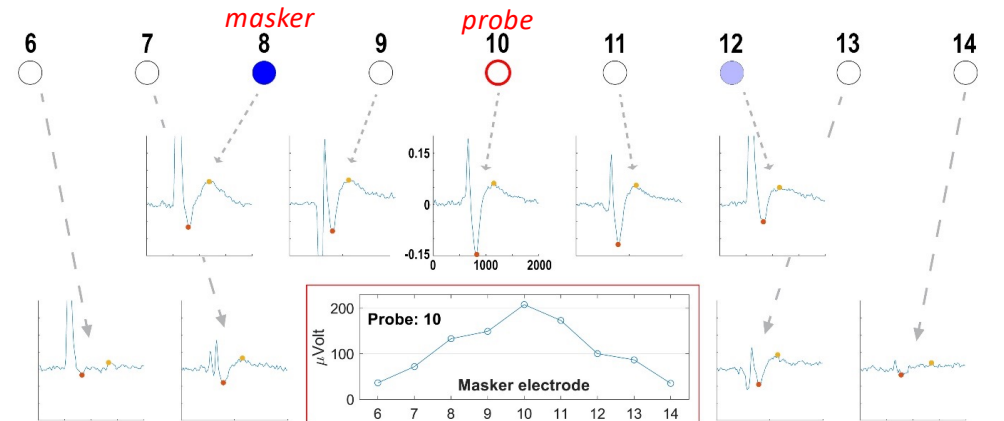
## ELECTROFYSIOLOGIE: de electrode – Zenuw interactie

- electrode trans-impedanties (TIM)
- spreading van de zenuw activaties en neurale respons (SOE)

Transimpedantie meting (TIM)



probe-masker SOE meting



after: Noordanus, in prep.

In het algemeen vonden we een verband tussen TIM en SOE resultaten, maar niet met spraakverstaan of met de directe-stimulatie reactie tijden.

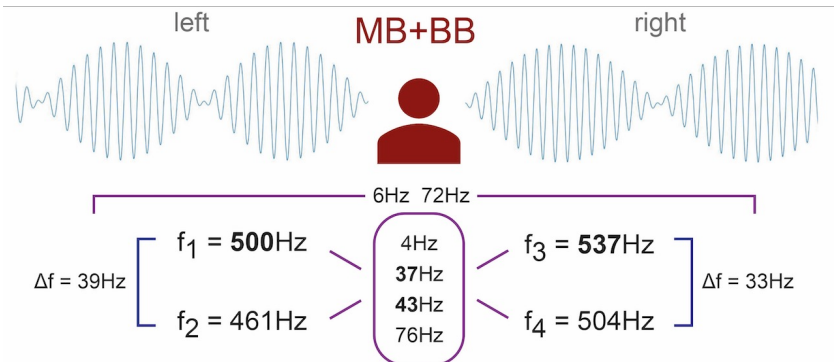
We vermoeden daarom dat een belangrijke component in de SOE metingen te maken heeft met volume geleiding en minder met de neurale respons.



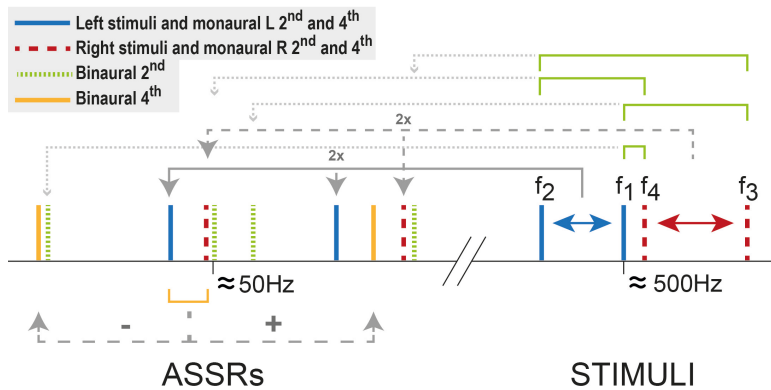
→ **Straks bespreken:** In plaats van de moeizame SOE metingen, met weinig toegevoegde waarde boven TIM, alleen de eCAP (probe=masker) meten, ook bij verschillende stroomsterktes; daarnaast eventueel de nieuwe panoramische speedCAP van Cambridge implementeren (García et al., 2023).

# ELECTROFYSIOLOGIE: EEG

- NH: binauraal, heel veel frekwentie interacties
- CI: directe stimulatie van 2 naburige electrodes



zes 2e-orde interacties + twee 4de orde (6 & 72 Hz)

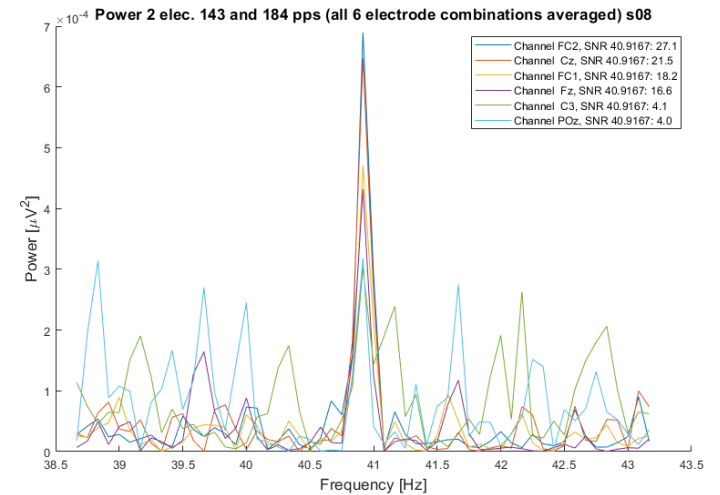
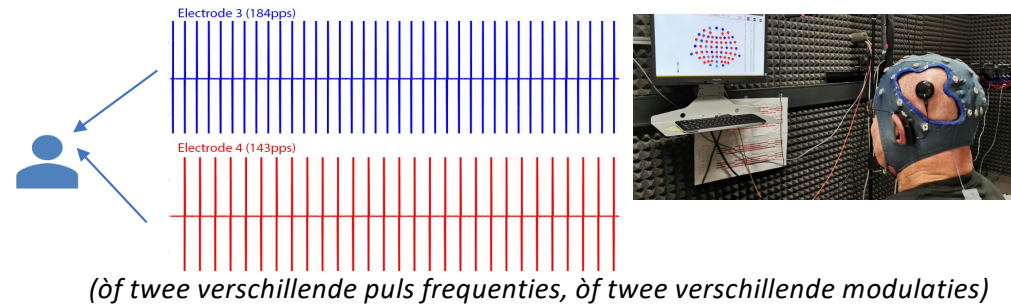


$$f_{NL} = \sum_{k=1}^4 |\pm n_k f_k|$$

$$\text{Orde} = \sum_{k=1}^4 |n_k|$$

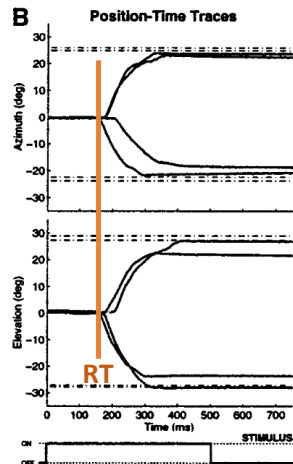
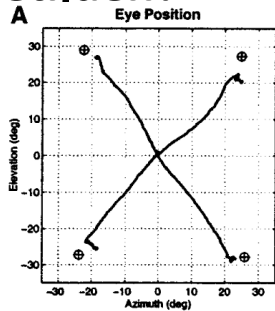
In NH konden we tot wel 8<sup>th</sup> orde niet-lineaire interacties meten (>40 frequenties in het EEG).

bijv,  $f_{3rd} = 2f_1 - f_2$   
 $f_{4th} = 2f_1 - 2f_2$



In CI gebruikers konden we een robuuste 2<sup>e</sup>-orde interactie bij 41 Hz opwekken

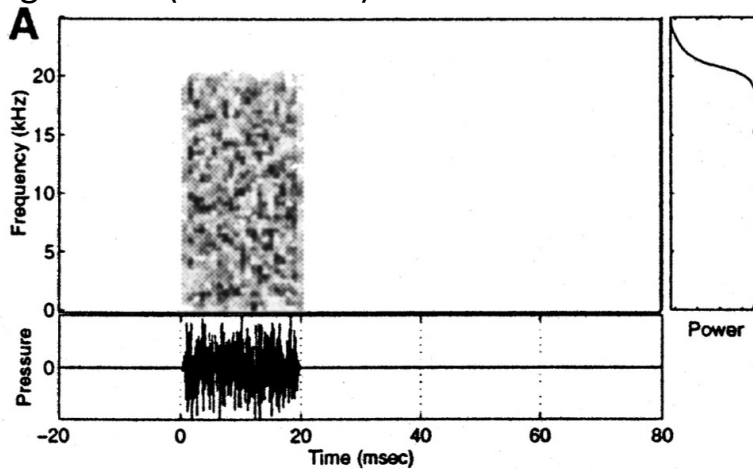
# PSYCHOFYSICA: Waarom Reactietijden?



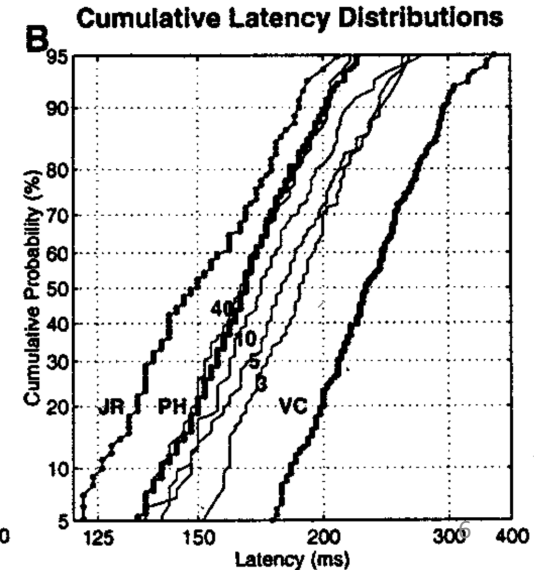
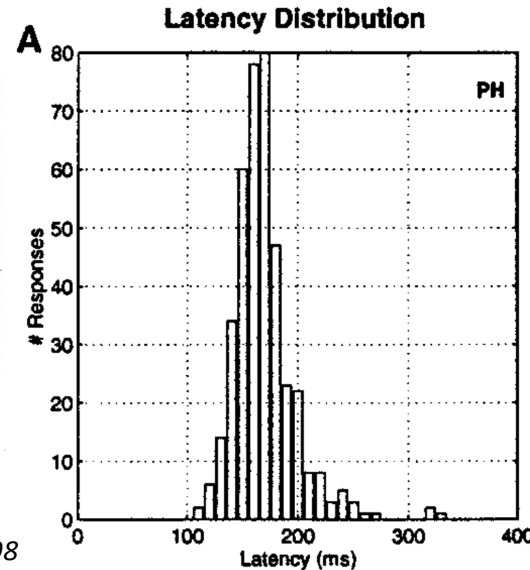
- zijn **eenvoudig** uit te lokken (zelfs bij apen en kinderen ...)
- **weinig instructie** nodig: “druk op de knop zodra je een verandering hoort”
- kan zelfs **thuis** worden uitgevoerd
- kan worden gedaan met **bovendrempelige** geluiden
- zijn **reproduceerbaar** en goed te **kwantificeren**
- zijn **gevoelig** voor subtiele stimulus manipulaties
- geven vooral informatie over de eerste auditieve verwerking in het brein
- zijn **niet** onderhevig aan **cognitieve** factoren
- worden goed begrepen vanuit **statistische hersen mechanismen**
- **afwijkende meetpunten/oplettendheid** worden makkelijk herkend
- bevatten **veel** informatie over de hersenen

## Een voorbeeld:

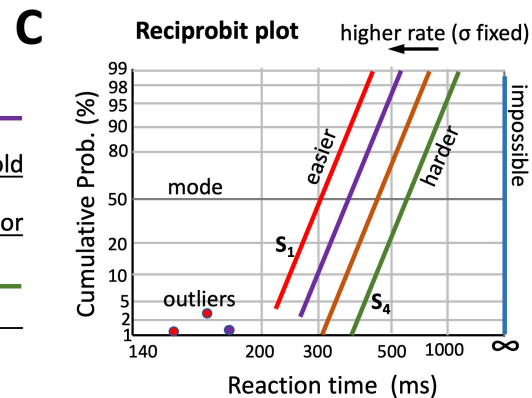
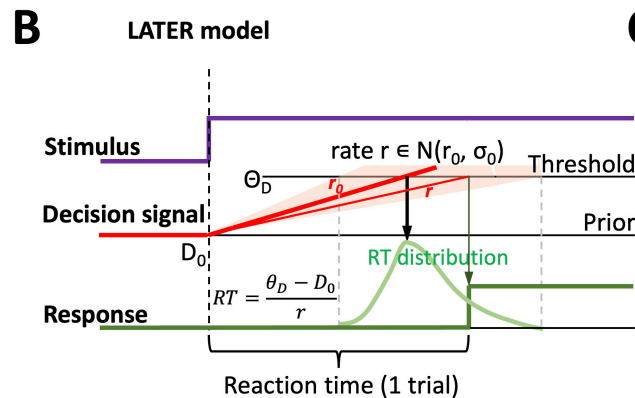
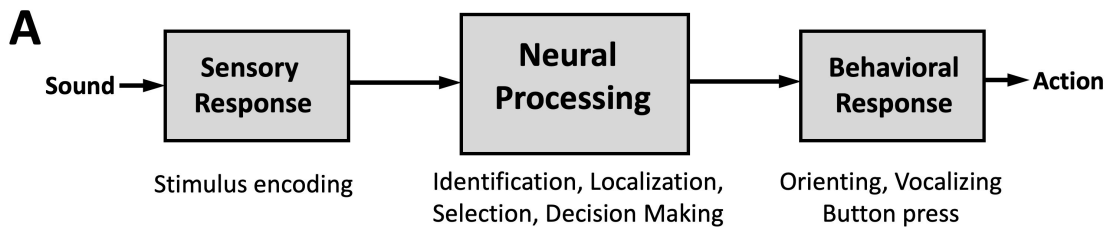
reactietijden (RT) van doelgerichte oogbewegingen naar korte geluiden (3 – 500 ms) in het frontale veld



Hofman & Van Opstal, JASA, 1998

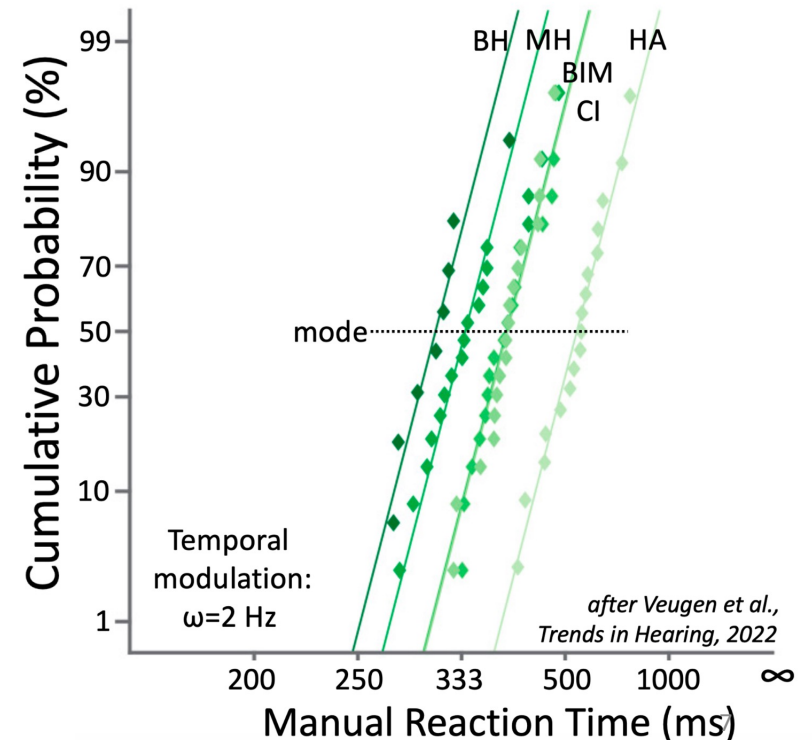


# Het conceptuele idee achter reactietijd analyse: het LATER model (Roger Carpenter, Nature, 1995)



## Ander voorbeeld: drukknop reacties

### Normal/vocoded hearing of AM sound



Het LATER model is geïnspireerd door het visuomotor systeem (oogbewegingen, besluitvorming), maar het is ook toepasbaar op een veel breder scala van gedrag .... waaronder dus ook het auditief systeem!






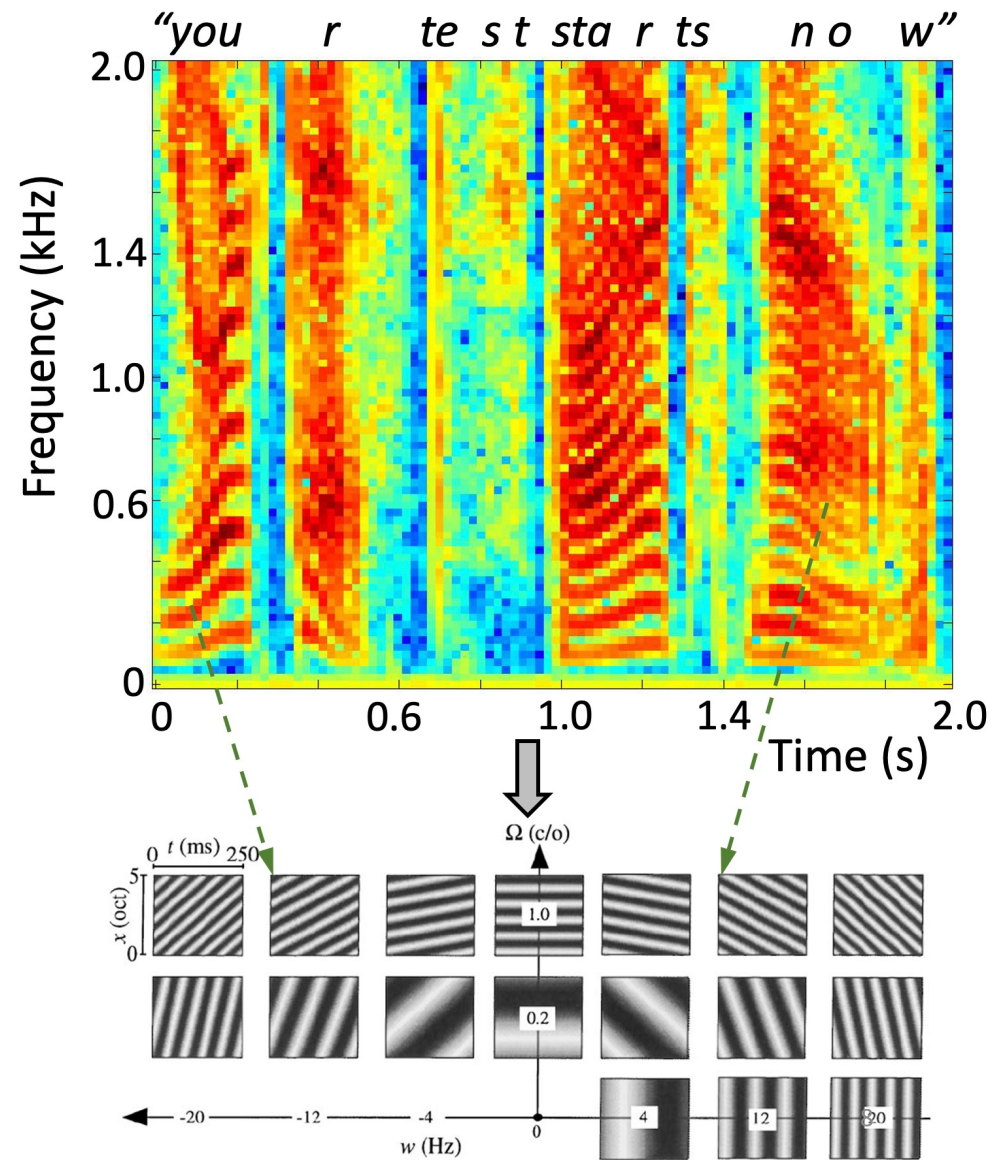
In recente studies én in OtoControl-1.0 maten we de spectrale, temporele, en spectrotemporele (ST) gevoeligheid met reactietijden op zogn. **ST bewegende rippels**

Idee: betere ST gevoeligheid leidt tot een betere spraakperceptie in rumoer

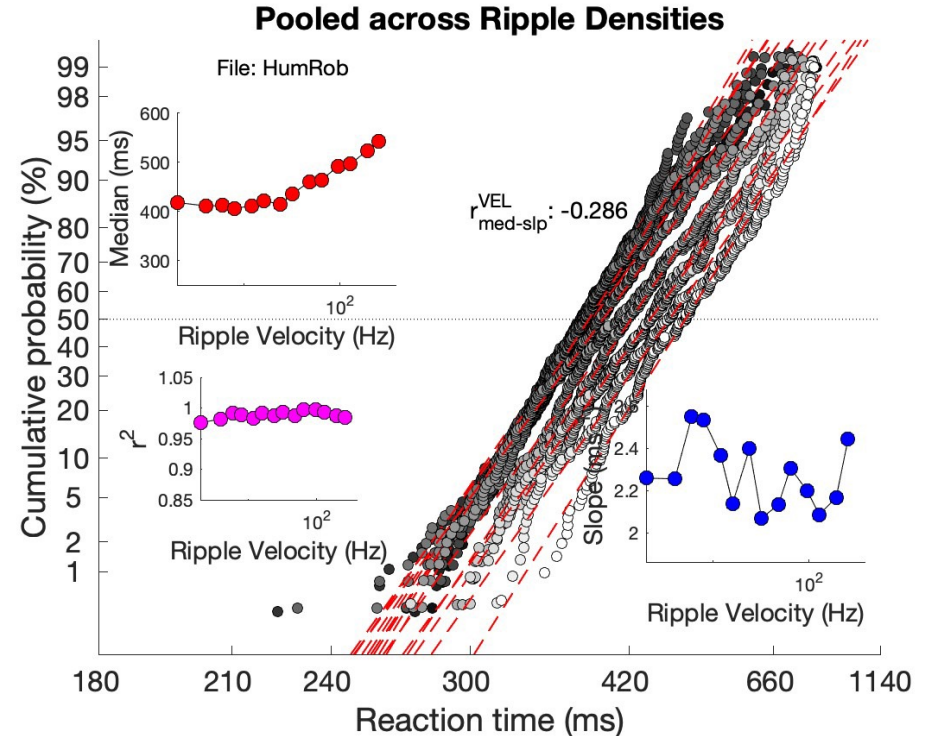
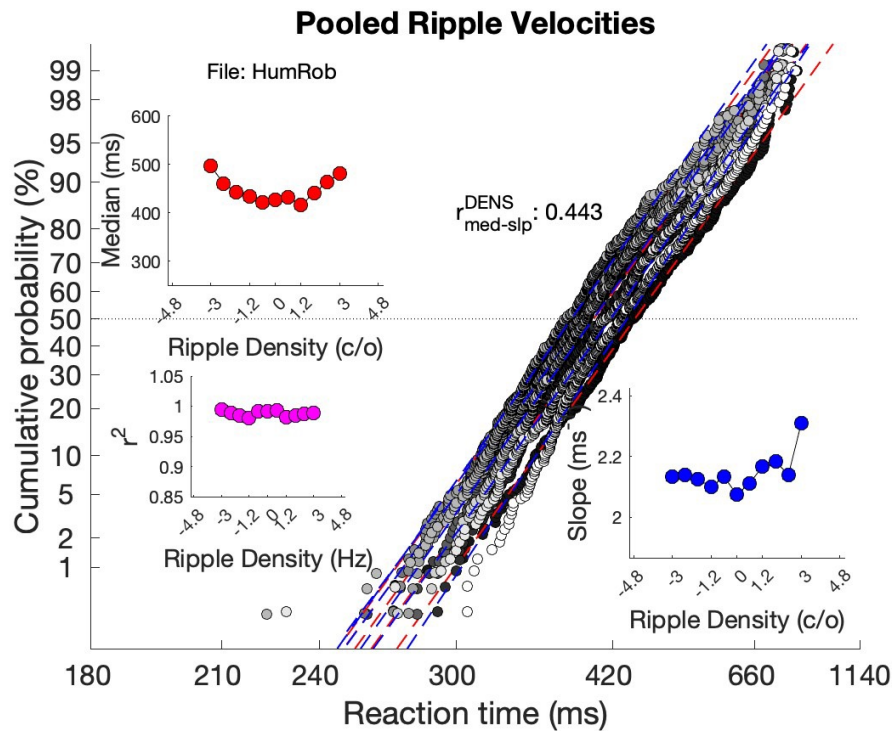
N.B.: ST rippels zijn abstracte geluiden maar vormen de bouwstenen van spraak

Gekarakteriseerd door 3 parameters (modulatie diepte (M), temporele snelheid (T) en spectrale dichtheid (S))

 Natuurlijke spraak: hoge M,  
T < 12 Hz,  
S < 1.5 cycli/octaaf

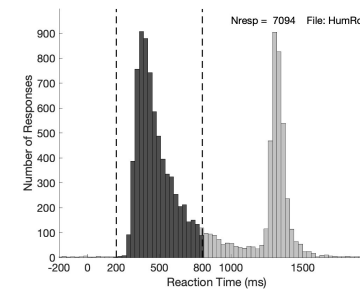


# RT op veel (88) verschillende rippels: Normaal Horend en rhesusapen



Hier een voorbeeld proefpersoon:  
twee doorsneden door de iso-dichtheid/iso-snelheid data voor de  
88 rippels, (over  $M > 50\%$ ; ongeveer 7000 responsies).

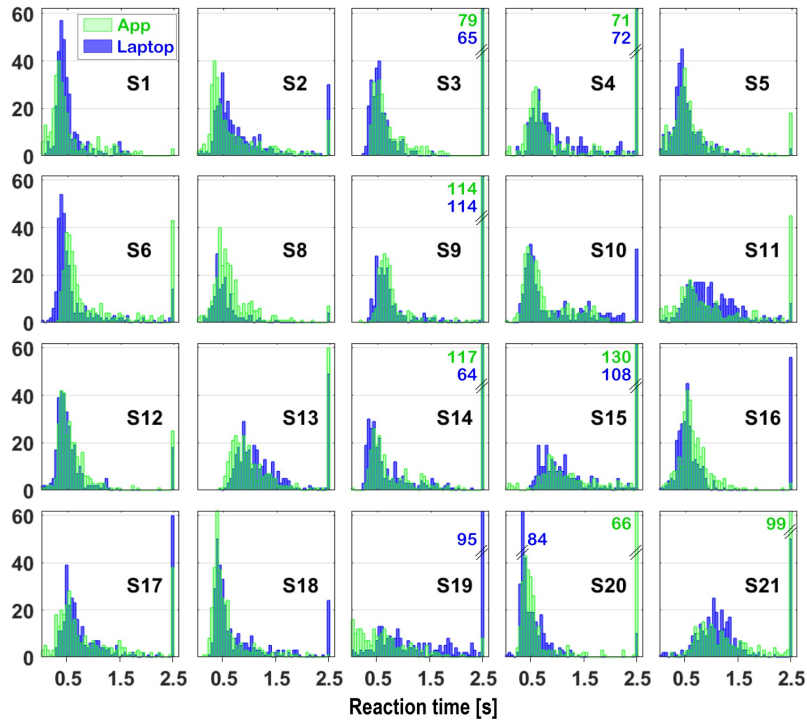
N.B.: lijnen lopen nagenoeg parallel (volgens LATER: constante interne ruis)



## Ons APP prototype: TRaM



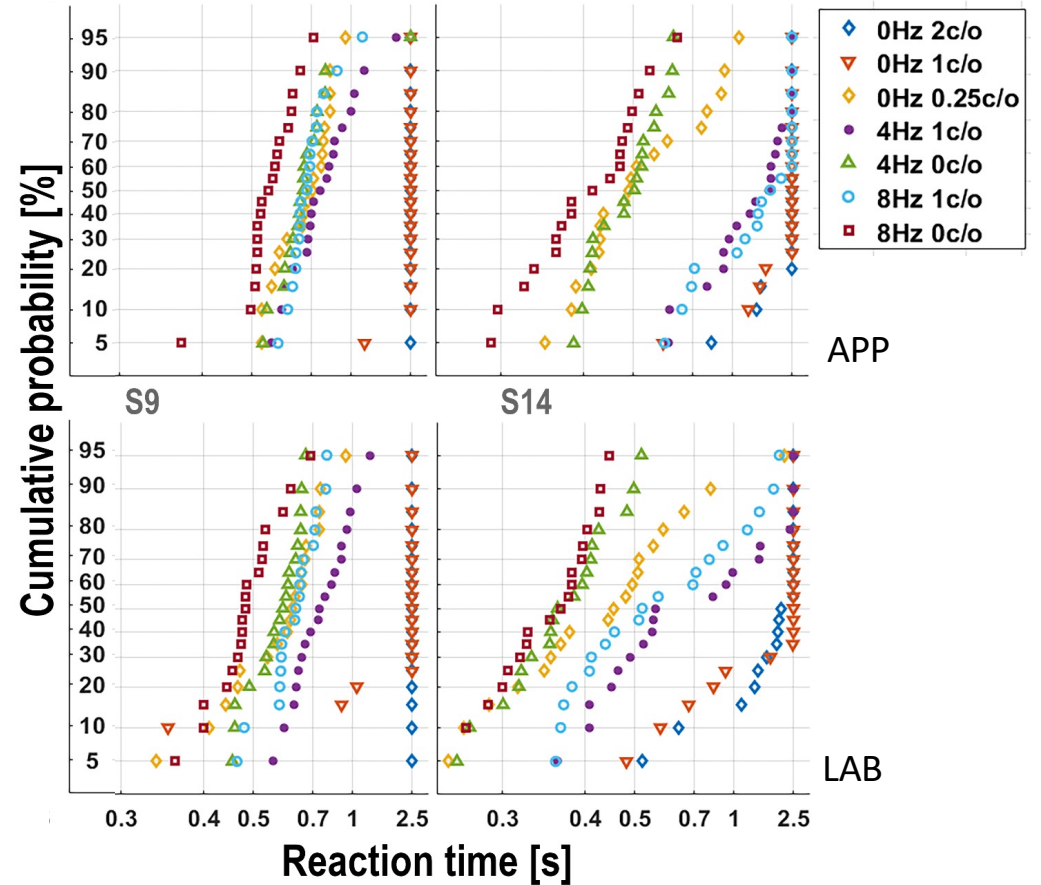
# RT op verschillende rippels: 21 (via OPC) CI-gebruikers (op akoestische rippels, mét fitting)



Ruwe reactietijd distributies voor **16 akoestische rippels** voor elke gebruik (alle stimuli samen genomen) + **1 catch** (stimulus zonder ripple).

Metingen waren gedaan in het **LAB** (vrije veld; blauw) en met de **APP** (bluetooth; groen)

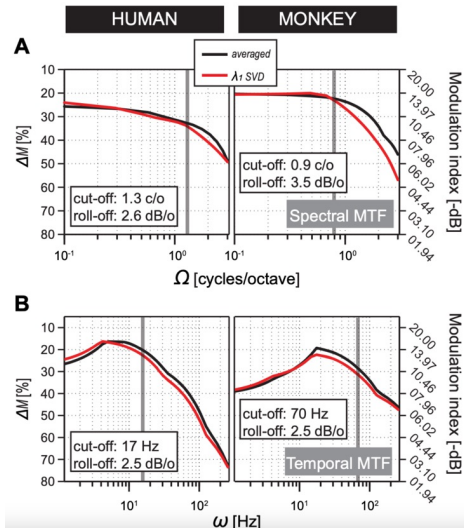
**N.B.:** tussen de metingen zat  $\pm 2$  maanden!



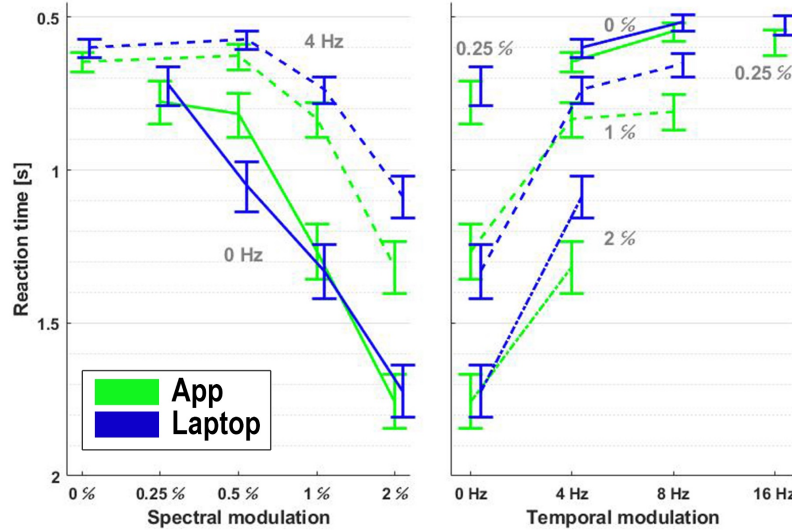
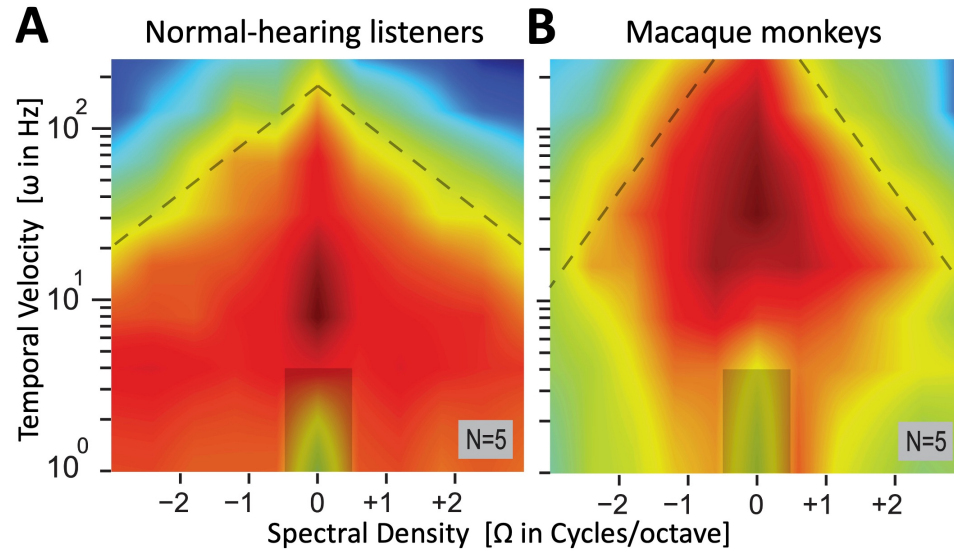
Resultaten laten zien dat de RT zeer reproduceerbaar zijn voor elke CI-gebruiker, én dat er aanzienlijke verschillen zijn tussen de gebruikers.



# Complete ST gevoeligheid NH (voor 88 ripples):

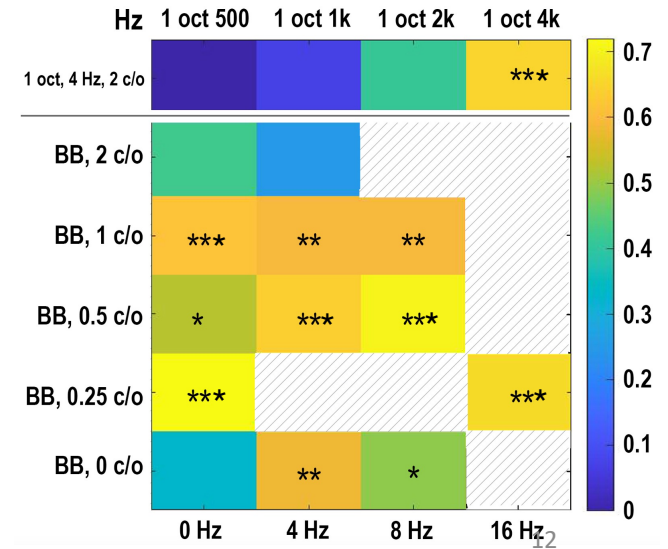


# Spectrale en temporele gevoeligheden voor onze CI gebruikers (op 16 ripples):



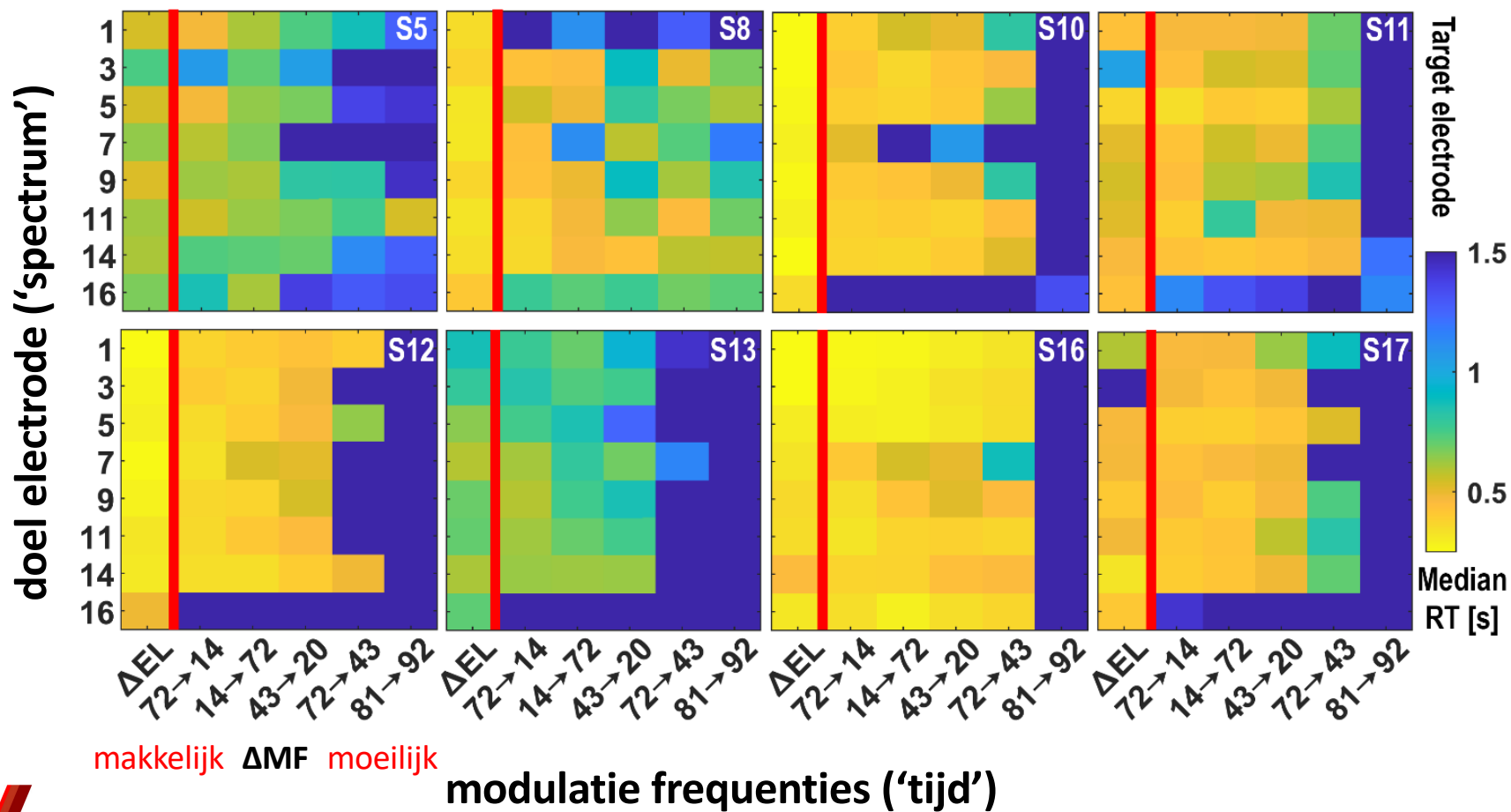
**kleurcode:**  
**gemiddelde 1/RT**  
 donkerrood = snelst  
 donker blauw = gemist

\*\*\*  $p < 0.005$  (B.c.)  
 Spraak in Ruis: \*\*  $p < 0.01$   
 \*  $p < 0.05$





## RT op directe elektrische stimulatie: respons patronen 8x1 ( $\Delta EL$ ) + 8x5 ( $\Delta MF$ )



$\Delta MF$  81  $\rightarrow$  92 Hz: ~onmogelijk  
 elektrode 16: ~onmogelijk

## Samenvattend:

- geen experiment op zich kan volledig voorspellen hoe spraakverstaan in ruis zal zijn
- we stellen voor dat verschillende experimenten nodig zijn op verschillende nivo's van het systeem om de verschillende factoren te isoleren die de variabiliteit tussen *CI gebruikers* verklaart
- door combinatie van objectieve multimodale data (electrode info, eCAP, anatomie, psychofysica) bouwen we aan een gepersonaliseerd auditief profiel van elke individuele CI gebruiker
- reactietijd (RT) analyse is een veelbelovende methode om kwantitatieve inzichten te krijgen in spectraal-temporele (ST) gevoeligheid van de CI gebruiker
- RT resultaten op (bepaalde) ST rippels correleren redelijk met spraakverstaan in ruis
- RTs op directe elektrische stimulatie laten de electrode-specifieke perceptuele gevolgen zien van pulstrein modulaties in tijd en spectrum
- resultaten met de smartphone App leiden tot een groeiende data set van reactietijden op (vele) ST rippels, en op veranderingen daarin op (kleine) fitting aanpassingen.

*De **volgende stap** (OtoControl-2.0) gebruikt, **verfijnt**, en **bouwt** deze strategie **uit** op een grote groep CI-gebruikers om een (machine-learning) **model** te creëren dat leert om de relatie te leggen tussen een bepaalde fitting en de erbij behorende reactietijden door gebruik te maken van ge-individualiseerde auditief-systeem karakterisaties en respons patronen.*

