



2018 is het tweehonderdste geboortjaar van Franciscus Cornelis Donders. Het Donders Instituut viert dat met een symposium én een tentoonstelling waar een van Donders' oude meetinstrumenten is te bewonderen. Ardi Roelofs, hoogleraar Psycholinguïstiek, is er enorm blij mee. "Het is het instrument met de interessantste link naar het hersenonderzoek dat wij nu nog steeds doen."

TEKST: MICKEY STEIJAERT | ILLUSTRATIE: ESTHER AARTS



De erfenis van Franciscus Cornelis Donders

De ene professor heeft foto's van het gezin op de werkkamer hangen, de ander foto's met collega's op congressen. Maar in het hoekje van de werkkamer van Ardi Roelofs (56) hangt een omlijste foto van een apparaat. Een oud en maf houten ding, dat nog het meest lijkt op een overmaatse koffiemolen. "Die hangt daar al vijftien, misschien wel twintig jaar", zegt Roelofs. In zijn stem klinkt trots door. Dat apparaat is de noëmatachograaf (noëma = gedachte, tacho = snelheid, graaf = registratie), een antiek meetinstrument waarmee menselijke reactietijden kunnen worden vastgelegd. Franciscus Cornelis Donders liet het honderdvijftig jaar geleden maken voor zijn baanbrekende experimenten. Ter gelegenheid van Donders' tweehonderdste geboortjaar is het instrument, dat normaal in het Utrechts universiteitsmuseum staat, tijdelijk in Nijmegen te bewonderen. Tot grote vreugde van Roelofs. "Het is het instrument met de interessantste link naar het werk dat wij nu nog steeds doen."

'Donders was de eerste die aantoonde dat mentale processen tijd kosten'

'Wij', dat zijn de medewerkers van het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, waar Roelofs werkt. Hij merkt dat zijn collega's weinig weten over wie die Donders nu precies was – laat staan het grote publiek. Aan de hand van de noëmatachograaf hoopt Roelofs het belang van Donders' werk voor de huidige cognitieve neurowetenschap over het voetlicht te brengen. Mede daarom heeft



Ardi Roelofs,
hoogleraar Psycholinguïstiek

hij onlangs Donders' klassieke experiment, ooit gedaan met de noëmatachograaf, met moderne middelen herhaald. Met in zijn hand een mapje met daarin alle details over dat experiment, vertelt Roelofs honderduit over Donders' werk en diens betekenis voor de huidige wetenschap.

SNELHEID VAN HET BREIN

Donders was honderdvijftig jaar de allereerste die de reactietijd van het menselijke brein wist vast te leggen. Dat lijkt op het eerste gezicht niet erg bijzonder. Maar in Donders' tijd, zo benadrukt Roelofs, was het idee van reactietijden volkomen nieuw. "De heersende gedachte was dat de snelheid van de geest onmeetbaar was. Donders was de eerste die aantoonde dat mentale processen tijd kosten." De noëmatachograaf speelde in Donders' belangrijke ontdekking een sleutelrol. Het verhaal van Donders en de noëmata-

chograaf begint ruim 150 jaar geleden. Franciscus Cornelis Donders is op dat moment een vermaard oogheeskundige in Utrecht, maar hij heeft ook belangstelling voor hersenwetenschap. De noëmatachograaf behoort tot het modernste wetenschappelijke instrumentarium van dat moment. Donders heeft het apparaat speciaal in Parijs laten maken voor zijn onderzoek.

In zijn mapje bladert Roelofs naar een grote foto van het instrument. "Eigenlijk zijn het twee apparaten", doceert hij. "Die houten stelling met de cilinder is de noëmatachograaf. Dat ding dat ervoor staat, die toeter, is de phonautograaf. Ze horen bij elkaar en we hebben ze ook als setje in Nijmegen gekregen." Donders deed bij zijn klassieke experimenten beroet papier om de cilinder en draaide hem rond, vertelt Roelofs. "Als je dan in de phonautograaf sprak, bracht de trilling van spraak een membraan in beweging die deze trilling op het papier registreerde." Aan de noëmatachograaf hangt ook, duidelijk zichtbaar op de foto, een grote stemvork. Roelofs: "Bij zijn experimenten bracht Donders de stemvork in trilling. Die vork trilde heel regelmatig, met 261 oscillaties per seconde. Ook deze trilling werd op het papier weergegeven, náást de trillingen van de stem. Bij Donders' bekendste experimenten liet hij een proefpersoon een andere persoon naspreken. Persoon A zei een syllabe, bijvoorbeeld 'ki'. Persoon B zei die syllabe zo snel mogelijk na. De spraak van zowel persoon A als B werd op de cilinder geregistreerd." Roelofs bladert naar de volgende bladzijde. Daar staat een plaatje uit Donders' rapportage van zijn experimenten. Twee strepen zijn te zien: één regelmatige sinusvorm – van de stemvork – en één die tweemaal een trilling vertoont. "Dat zijn de spraaktrillingen van proefpersonen A en B. Aan de hand van de regelmatige golfjes van de stemvork, die elk één tweehonderdeenenzestigste seconde duurden, kon hij precies

aflezen hoeveel tijd er zat tussen het moment dat A begon met spreken en het moment dat B begon. Zo was Donders de eerste die de reactietijd van het menselijk brein wist vast te leggen.”

BASIS VAN HUIDIGE KENNIS

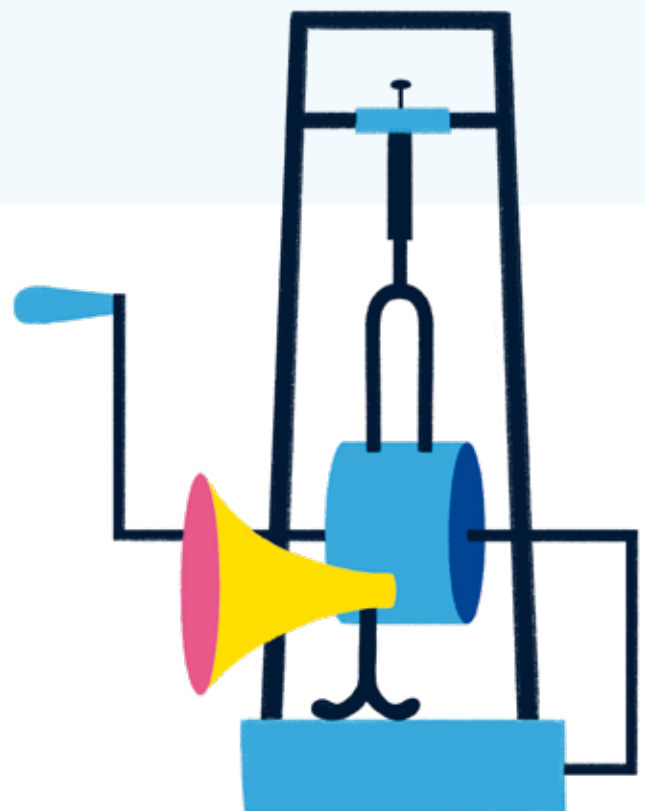
Maar het belang van Donders' onderzoek ging veel verder dan alleen het bewijs voor het bestaan van mentale verwerkingstijden. Om te begrijpen waarom, vertelt Roelofs over een congres in Eindhoven, in 1968. Het is dan precies een eeuw geleden dat Donders zijn experimenten met de noëmatograaf publiceerde. Na zijn dood raakten zijn experimenten grotendeels in de vergetelheid. Toch wordt in 1968 in Eindhoven een symposium georganiseerd ter gelegenheid van het honderdjarig bestaan van Donders' experimenten. Roelofs: “Mede door dat symposium was er plots weer hernieuwde belangstelling voor het reactietijdonderzoek. Sindsdien staat Donders' subtractietechniek (zie kader) weer helemaal op de kaart.” Deze techniek bleek van groot belang voor de cognitieve neurowetenschap. “In die tijd kwamen neuro-imagingtechnieken als de PET-scan en de functionele MRI op”, vertelt Roelofs. “Daarin zie je actieve hersengebieden oplichten. Op basis van Donders' subtractietechniek bedachten onderzoekers dat je ook kunt kijken naar het verschil in hersenplaatjes tussen simpele en complexe taken. Zo is goed te zien in welk hersengebied het mentale proces precies plaatsvindt dat gepaard gaat met de complexe taak.” Roelofs geeft een voorbeeld uit zijn eigen onderzoeksveld. Als psycholinguïst is hij vooral geïnteresseerd in de productie van woorden. “Bijvoorbeeld: mensen zien een plaatje en moeten dat benoemen. Ik vraag me dan af wat er in het brein gebeurt.” Roelofs wijst naar zijn schedel, vlak achter zijn linkeroor. “Dankzij subtractie weten we dat de mentale processen voor het identificeren van een plaatje en het selecteren

Donders' subtractietechniek

De subtractietechniek was een door Donders bedacht idee om reactietijden te meten. De techniek was misschien nog wel belangrijker voor de ontwikkeling van de cognitieve neurowetenschap dan de vondst van reactietijden. “De subtractietechniek is de gedachte dat je de duur van een mentaal proces kunt meten door verschillende reactietijden van elkaar af te trekken”, zegt hoogleraar Psycholinguïstiek Ardi Roelofs. “Dit kan bijvoorbeeld door proefpersonen een complexe en simpele taak te laten uitvoeren, die verschillen in één enkel mentaal proces. Door de reactietijd van de simpele taak van de reactietijd van de complexe taak af te trekken, houd je de tijd over die het brein van de proefpersoon over dat ene mentale proces doet.” Simpel gezegd zal een proefpersoon er net iets langer over doen om een plaatje te benoemen dan om een woord voor te lezen, omdat bij het plaatje eerst de juiste betekenis moet worden bedacht. De tijd die de proefpersoon langer doet over het benoemen van het plaatje, is de tijd die hoort bij het mentale proces voor het vinden van de juiste betekenis van het plaatje. In Donders' klassieke experiment met de noëmatograaf ging dat als volgt. De proefpersonen moesten drie tests met verschillende moeilijkheidsgraden uitvoeren. Eerst noemde persoon A één syllabe, die persoon B moest nazeggen. Daarna noemde persoon A verschillende syllaben (Roelofs: “Zoals ‘ki’, ‘ka’, of ‘koe’”). Persoon B moest de klanken onderscheiden en kiezen welke syllabe hij moest nazeggen. Tot slot kreeg proefpersoon B de opdracht om alleen één specifieke syllabe na te zeggen. Roelofs: “Bij die verschillende tests kwamen steeds meer mentale processen kijken, bijvoorbeeld het onderscheid maken tussen verschillende klanken en het kiezen van de juiste spraakreactie. Door te kijken naar het verschil in reactietijden tussen de tests, wist Donders de duur van verschillende mentale processen vrij exact te meten.”

van het juiste woord daarbij op verschillende plaatsen in het brein gebeuren. Onderzoekers gaven proefpersonen in de hersenscanner verschillende taken, zoals het benoemen van plaatjes of het hardop voorlezen van woorden. Als je een plaatje benoemt, moet je nadenken over de betekenis van het plaatje en het bijbehorende woord. Bij voorlezen hoeft dat niet. Als je vervolgens kijkt naar het verschil in activiteit in de hersenen tussen die twee taken, wordt duidelijk welke hersengebieden verantwoordelijk zijn voor het toe-kennen van betekenis aan woorden. Eigenlijk heel Dondersiaans.”

Na de eerste toepassing van subtractie op hersenscans ging



het snel met neuro-imaging. Decennialang verscheen de ene na de andere publicatie waarin ons brein in kaart werd gebracht. Zo weten we inmiddels waar in ons brein de taalgebieden zitten, waar geur, geluid en gevoel wordt verwerkt, waar ons motorisch gestel wordt aangestuurd, enzovoorts – en dat allemaal dankzij Donders' subtractie-techniek. Zo stond de noëmatachograaf aan de basis van veel van onze huidige kennis over het brein.

Het bracht Roelofs ertoe een bijzonder experiment uit te voeren. "Vreemd genoeg is het klassieke experiment van Donders nooit herhaald. Dus heb ik dat maar gedaan", lacht hij. Samen met zijn dochter heeft Roelofs met moderne apparatuur de tests die Donders met de noëmatachograaf deed, opnieuw gedaan. De dochter kroop in de huid van een student van Donders en noemde verschillende klanken op. Roelofs speelde Donders en zei de syllaben zo snel mogelijk na. "Onze resultaten waren precies hetzelfde, dat wil zeggen: de verschillen in reactietijd tussen de verschillende tests hadden hetzelfde patroon. Helaas, zeg ik tot mijn grote schaamte, waren mijn reactietijden in het algemeen wel een stuk trager dan die van Donders."

TYPISCH DONDERS

Inmiddels is het Donders Instituut, met vier kenniscentra verdeeld over Nijmegen, koploper op het gebied van neuro-imaging en hersenonderzoek. Bekend werk is onder andere het onderzoek naar de invloed van behandelingen op het brein van TBS-patiënten. Is het problematische gedrag van patiënten neurologisch te verklaren? Of het onderzoek naar emotionele stressreacties (*fight or flight*) van het lichaam. Hoe stuurt het brein deze reacties aan, en hoe beïnvloedt zulke stress onze hersenen op de lange termijn?

Op de vraag op welk onderzoek aan het Donders Instituut de naamgever het trotst zou zijn, moet Roelofs lang nadenken.



De noëmatachograaf, het meetinstrument waarmee Donders 150 jaar geleden voor het eerst menselijke reactietijden in de hersenen heeft vastgelegd. Foto: Universiteitsmuseum Utrecht

'Zo veel verschillende expertises samenbrengen, ik denk dat dat typisch Donders is'

Dan: "Als ik één ding van Donders weet, is het dat hij een neus had voor nieuwe dingen, nieuwe apparatuur. Wat hij, denk ik, enorm zou hebben gewaardeerd, is het over de grenzen van je vakgebied heen kijken, en zo nieuwe onderzoeksmethoden leren kennen. In het Donders Instituut bren-

gen we mensen vanuit verschillende achtergronden samen. Daardoor kun je verschillende technieken inzetten bij de vraag die wij allemaal beantwoord willen krijgen: hoe werkt de geest?"

Als voorbeeld noemt Roelofs het onderzoek van een van zijn promovenda. "Zij keek naar de invloed van een bepaalde genvariant op de afgifte van dopamine in de basale ganglia, een hersengebied. Dit is van belang voor bijvoorbeeld parkinsonpatiënten, bij wie de dopamineaanmaak onvoldoende is. Bij dat onderzoek hadden we mensen nodig die verstand hebben van de basale ganglia, van genetica, van scantechnieken, noem maar op. Uiteindelijk hadden we zes of zeven coauteurs boven de publicatie staan. Zo veel verschillende expertises samenbrengen, ik denk dat dat typisch Donders is." ■