

DE TECHNOLOGIE VAN MEPHISTO - EEN GLOSSARIUM

Luc Steels

De oorspronkelijke mythe van Faust heeft op het eerste zicht weinig te maken met wat informatietechnologen bezig houdt. De mythe gaat immers over onsterfelijkheid, communicatie met de doden, spirituele ervaringen, reïncarnatie, visioenen, toegang tot universele kennis, enz. Maar er zijn, vreemd genoeg, een aantal onderzoekers die ernstig bezig zijn met deze onderwerpen, ofwel via het ontwikkelen van nieuwe toepassingen of door nieuwe technologie te ontwerpen [1,2]. Een aantal instituten zijn recent ontstaan om deze ontwikkelingen vooruit te stuwten of om erover na te denken vanuit een filosofisch en futuristisch standpunt, zoals het "Future of Humanity Institute" in Cambridge Engeland, het Machine Intelligence Research Institute (vroeger Singularity Institute for Artificial Intelligence) in Berkeley, US, of het 2045 initiatief van de Russische ondernemer Dmitry Itskov dat belooft om "technologie te ontwikkelen waarmee iemand's persoonlijkheid kan overgedragen worden op een meer gevorderd substraat" (bedoeld wordt een digitaal medium) "en waarmee leven kan uitgebreid worden tot op het punt waar de mens onsterfelijk wordt". Dit is allemaal zeer merkwaardig. In het verleden, werden vooral chemische hulpmiddelen gebruikt om spirituele ervaringen te hebben of toegang te krijgen tot diepe kennis, onsterfelijkheid, of gnostische visioenen, met name psychodelische drugs [4].

Wat zijn de relevante informatietechnologieën die het decor vormen voor Fausto's drama en hoe realistisch zijn ze? Of is het allemaal maar science-fiction dat nooit werkelijkheid gaat worden?

AGENTEN

Mephisto is een virtuele agent, die 'leeft' in de Cloud, en opgeroepen wordt met de app 'Archon Go!'. Archons zijn engelen of demonen in de gnostische literatuur, ze staan tussen mensen en de transcendente God. Mephisto bouwt een virtuele agent voor Margherita nadat ze zelfmoord heeft gepleegd, en hij is bezig om Fausto in een virtuele agent om te zetten in de laatste scene van de opera. Is er een bestaande technologie achter dit idee van virtuele agenten?

De notie van een artificiële agent kwam op de voorgrond in de vroege jaren negentig toen het een centraal onderwerp werd in AI (Artificiële Intelligentie) [4]. Een agent is in de grond een software systeem dat input krijgt, autonoom een beslissing treft, en dan output produceert. Een agent heeft gewoonlijk ook de capaciteit om te leren zodat het nieuwe kennis kan verwerven en zijn strategieën om beslissingen te treffen kan verbeteren. Een belichaamde (embodied) agent, zoals een robot of een autonome auto, heeft toegang tot sensoren om eigenschappen van de omgeving te identificeren, zoals camera's, tactiele sensoren, of radar, en actuatoren die fysieke operaties kunnen uitvoeren, gebruikmakend van motors om armen of handen te bewegen. De meeste agenten zijn niet belichaamd maar enkel virtueel, in de zin dat zij uitsluitend opereren in een digitale informatiewereld.

De dag van vandaag, agenten, of bots zoals ze soms worden genoemd, zijn overal. De meeste zijn zeer basaal. Ze lossen praktische taken op waar we ons niet eens van bewust zijn. Bijvoorbeeld, een draagbare computer heeft een vrij eenvoudige agent

die het gebruik van energie volgt, de helderheid van het scherm vermindert als de batterij wordt gebruikt, ons waarschuwt als de batterij nog maar weinig energie heeft, en desnoods de computer afzet om een catastrofaal verlies van informatie te vermijden. Veel agenten zijn veel gesophisticierter. De Siri van Apple, de Alexa van Amazon, of Home van Google, zijn agenten die in de huiskamer aanwezig zijn. Ze antwoorden op vragen naar informatie, kunnen bepaalde artikels bestellen die dan thuis worden geleverd, de wekker zetten, agenda's bijhouden, enz., en dit allemaal via interactie in gesproken taal.

Sommige agenten zijn kwaardardig en Mephisto heeft dus al gezelschap. Dit zijn de computer virussen die al catastrofale vernietigingen van computer operaties op hun kerfstok hebben. Ze zijn gebouwd om losgeld te vragen of eenvoudigweg om mensen te pesten. Virussen kopiëren zichzelf via het internet, net zoals Mephisto zichzelf wil vermenigvuldigen door menselijke lichamen te schaken en voor zijn kar te spannen. Het verschijnen van computer virussen toont aan dat agenten niet alleen positieve maar ook negatieve effecten kunnen hebben, vooral omdat de technologie kan gebruikt worden door individuen die niet de beste bedoelingen hebben.

Met de verdere ontwikkeling en verspreiding van agent technologie, zien we allerlei ongewone ontwikkelingen die dichter en dichter komen bij de virtuele agenten op het toneel gevoerd in Fausto. Er zijn bijvoorbeeld projecten om een digitale replica te maken van een overledene [5]. Zij gebruiken 'deep machine learning' met als input emails, twitter boodschappen, facebook pagina's, instagram beelden, video's opgeladen bij Youtube, enz., om een artificiële agent van die persoon aan te maken. Deze agent kan dan autonoom emails versturen of op emails antwoorden, twitter boodschappen versturen, meedoen met een facebook pagina, en zo meer, alsof de persoon nog steeds in leven is. Ze kunnen zelfs via spraaksynthese de stem van de overledene nabootsen en eenvoudigweg opbellen en via de telefoon een dialoog aangaan. Diegene die bezig zijn met deze agenten zeggen dat we het moeten zien als een digitaal monument voor iemand die overleden is en dat het de achtergeblevenen helpt het verlies meer draagbaar maken. Maar de meeste mensen vinden het maar griezelig om een email of een telefoonoproep te krijgen van hun overleden grootmoeder.

En er is nog veel meer aan de gang. Er is bijvoorbeeld een bedrijf Realbotix, bekend voor de verkoop van sexpoppen, dat in de lente van 2017 een 'Harmony Artificial Intelligence app' lanceerde. Het promotiemateriaal zegt: "Met deze app kan je een unieke A.I. maken compleet met stem, persoonlijkheidsprofiel, en visuele avatar. Je kan jouw A.I. een eigen naam geven en dan ermee beginnen omgaan zoals in een normale dialoog met een ander persoon." Het bedrijf verkoopt ook een virtual reality systeem om met je creatie visueel te interacteren en bewegende robotpoppen om de avatar een fysieke voorstelling te geven. Het bedoelde publiek lijkt te bestaan uit de eenzame mannelijke 'nerd' die geen sociaal contact heeft in de echte wereld en een substituut zoekt voor affectie en seksuele bevrediging.

De meeste andere bedrijven in deze sector gaan niet zo ver maar ze proberen het wel mogelijk te maken om een artificiële vriend of vriendin aan te maken en te personaliseren door keuzes aan te geven en er mee te converseren. Dit zijn allemaal tekenen dat de agent technologie gaat in de richting van replica's van echte mensen of

agenten die menselijk gedrag kunnen nabootsen, en er is blijkbaar een groeiende groep van mensen die het geen probleem vinden om hiermee om te gaan.

Vanuit het standpunt van iemand die al decennia bezig is met AI onderzoek, wil ik hier wel benadrukken dat deze agenten helemaal niet de capaciteit hebben van de mens om beslissingen te treffen, creatief te zijn, echte emoties te hebben, of een moreel kompas, en dit gaat in de nabije toekomst niet veranderen. De AI technieken die op dit moment volop gebruikt worden spelen statistisch patronen afgeleid uit het gedrag van mensen terug maar hebben geen diepere modellen van de kennis die mensen wel hebben. Dezelfde massale ervaring die elke mens opbouwt al van voor de geboorte hebben ze ook niet. Er is daarom een serieuze kloof tussen het optimisme en de bereidheid van bedrijven en gebruikers om AI te omarmen enerzijds en het huidige niveau van technische ontwikkeling anderzijds. Wellicht schuilt het grootste gevaar in de vroegtijdige toepassing van de AI zonder rekening te houden met de limieten. Anderzijds is het wel zo dat de agent technologie die verondersteld wordt in Fausto helemaal in de lijn ligt van wat nu of in de nabije toekomst kan.

TOEGEVOEGDE EN VIRTUELE REALITEIT

De tweede technologie die relevant is voor Fausto is de Virtual Reality (VR) of schijnrealiteit. VR-systemen kunnen in groot detail de visuele voorstelling van een wereld (echt of artificieel) op een scherm brengen, bewegingen van objecten in deze wereld simuleren, en de gebruiker ondersteunen om in deze wereld te navigeren en te handelen, deels door het eigen lichaam te bewegen. De beelden kunnen ook op twee kleine schermen van een bril geprojecteerd worden wat zorgt voor een ongewone drie-dimensionele ervaring voor de kijker. Aangedreven door de industrie van computer spelconsoles is de nodige rekenkracht en grafische software nu zodanig dat de virtuele werelden de echte wereld beginnen te benaderen en de beweging snel genoeg is om de kijker het gevoel te geven dat hij of zij in de echte wereld zit. Wanneer zo'n VR systeem gekoppeld wordt aan de echte wereld via een camera en andere sensoren spreekt men van Augmented Reality (AR) of Toegevoegde Realiteit (TR). De Google glasses of Microsoft's Hololens zijn hier voorbeelden van. Toegevoegde Realiteit maakt het mogelijk om objecten bovenop de perceptie van de echte realiteit te plaatsen, zodanig dat het vervagen van artificiële en virtuele realiteit nog sterker wordt.

Mephisto gebruikt deze AR/VR technologie om een avatar te maken voor Margherita in Act II en om Fausto te overtuigen in Act III dat hij allerlei werelden kan oproepen en vooral die waar Margherita nog steeds 'in leven' is. Fausto geraakt in de ware en is niet meer in staat om een onderscheid te maken tussen het reële en het virtuele. In Act IV waarschuwt Mephisto Fausto om Margherita niet aan te raken want anders zou Fausto uiteraard onmiddellijk beseffen dat Margherita een schijnbeeld is. En als Margherita Fausto wil stoppen in de laatste scene geeft ze een kus aan Fausto zodat hij onmiddellijk de limitieten van de virtuele realiteit voelt en het proces stopt. Al die dingen zijn technologisch mogelijk nu en ze worden dan ook tijdens de voorstelling echt op de scene gerealiseerd.

Een volgende evolutie, die zich reeds in het stadium van commerciële prototypen bevindt, is het gebruik van holografische technologie om de schijn te wekken dat de virtuele objecten zich ook echt in de reële wereld bevinden. Op dit moment zijn er al

relatief kleine holografische animatiefiguren als alternatieve interfaces voor agenten zoals Siri of Alexa. Maar er zijn ook experimenten met levensgrote avatars. Bijvoorbeeld, de opera "The End" van Keiichiro Shibuya, opgevoerd in mei 2013 in Tokyo, draaide rond een virtuele pop sensatie Hatsune Miku die een volledig artificieel personage is met een 3D avatar [6]. Zij zingt met een synthetische stem en beweegt op de scene in drie dimensies. Overigens is het opmerkelijk dat het grootste verlangen van dit personage was om te sterven. In elk geval, als deze holografische technologie zich verder ontwikkelt kan ze zonder problemen Mephisto visueel in de wereld doen verschijnen in gelijk welke vorm, inclusief als hip hop gangster.

DE CLOUD

Alhoewel het idee van de Cloud (letterlijk de wolk) relatief nieuw is, is iedereen er ondertussen mee vertrouwd. Een Cloud is een verzameling 'echte' computer servers die een massale hoeveelheid gegevens kunnen opslaan. De informatie komt toe via internet en wordt teruggestuurd naar de gebruikers via dezelfde weg. Omdat veel mensen nu informatie draadloos naar plaatselijke servers kunnen sturen die dan dit materiaal verder doorsturen naar centrale servers, lijkt het wel alsof er iets magisch aan de gang is wanneer je een foto neemt en die zonder het te beseffen naar een plek ergens in de wereld stuurt. En het is al even magisch dat je die foto terug kan zien, waar je ook bent.

Cloud diensten zijn oorspronkelijk ontwikkeld om alledaagse informatie op te slaan, zoals tekstbestanden of bedrijfsdata maar ze worden nu gebruikt voor veel meer, bijvoorbeeld om on-line multi-player computerspellen met duizenden gebruikers en complexe virtuele werelden te ondersteunen. In sommige gevallen worden deze werelden al bevolkt met autonome agenten, en dus is dit aspect van Fausto's technologische wereld volkomen realistisch.

Transhumanisten zijn wellicht diegenen die het meest entoesiast zijn om te geloven dat technologie een nieuwe wending geeft aan onsterfelijkheid. Zij zien agenten als zielen, geesten die in principe kunnen blijven bestaan als hun belichaming verdwijnt als ze daarvoor zijn overgeplant naar een ander fysiek medium, bijvoorbeeld een informatie opslagplaats zoals de Cloud. Voor hen wordt de Cloud dan de plaats waar de geest/ziel naar toe gaat na het leven, en waar de geesten van de doden niet alleen passief zijn opgeslagen maar ook nog met elkaar kunnen blijven omgaan, zoals in de virtuele wereld van computerspellen. Of deze wereld na de dood vergelijkbaar is met de hemel of de hel hangt samen, veronderstel ik, met het gedrag van de persoon die als model stond voor de agent.

UPLOADEN VAN DE GEEST (MIND UPLOADING)

Omdat agenten software systemen zijn kunnen ze gemakkelijk van het ene digitale medium naar een ander worden overgedragen. Bijvoorbeeld, dezelfde agent kan werken via een Python script op een Linux bestuursysteem op je persoonlijke computer maar dezelfde software kan relatief gemakkelijk vertaald worden om te werken op een microprocessor die in je mobiele telefoon zit. Een systeem voor visuele perceptie dat gebouwd is voor een specifieke mensachtige robot kan zonder veel problemen worden vertaald in hardware om dan snel te draaien in een fotoapparaat of een autonome auto.

Maar hoe zit het dan met ons brein? Er is duidelijk een hardware component, het enorme netwerk van neuronen waarin elektrische signalen zich voortplanten en de complexe biochemische machine die de neuronen doet functioneren. Er is ook een software component in de vorm van informatietoestanden en conditionele schakelingen binnen neuronen die snel veranderen om informatie op te slaan en snel weer terug op te roepen. Sommigen hebben hieruit afgeleid dat het mogelijk moet zijn om de neuronale structuren te scannen, de breintoestanden te meten, en alle informatie in een ander digitaal medium, zoals een digitale computer, op te slaan. De volgende logische stap is dan om te simuleren hoe al deze informatie verandert, zowel bij het binnenkomen van informatie als bij het herstructureren of vergeten van kennis.

Er zijn echter enorme problemen met dit idee. Eerst en vooral spreken we over een ongelooflijke hoeveelheid opslag en rekenkracht. Een volwassen menselijk brein heeft iets van 85 miljard neuronale cellen en elk van deze cellen kan tot 10,000 connecties hebben met andere neuronen, zodat we te maken krijgen met 1,000 triljoen synaptische connecties die als complexe schakelingen moeten opgeslagen worden. Ten tweede moeten we al die informatie ook kunnen scannen. De software toestanden in het brein (die veranderen zonder dat de fysiologische structuur van het brein verandert) zijn deels biochemisch, deels in termen van patronen die actief in neuronale netwerken circuleren en die moeten tot in detail gescand worden. En dan zijn er nog de gliacellen die de neuronen ondersteunen en het complex systeem van neurotransmitters die verbonden zijn met de hormonale toestand van het hele lichaam.

Op de koop toe is het brein een levend systeem dat heel de tijd veranderingen ondergaat. Nieuwe connecties worden gebouwd of verdwijnen. Gebieden die in verval zijn bij veroudering of ziekte kunnen soms door andere gebieden worden overgenomen. Dus een momentopname van het brein is een fractie van een seconde erna voorbijgestreefd. En bovendien weten we nauwelijks genoeg om het brein echt te gaan simuleren in voldoende detail en al zeker niet als er enorme hoeveelheden informatie via sensoren binnenstroomt.

Desondanks is er wel heel wat onderzoek aan de gang om het brein te scannen, gewoonlijk voor medische doeleinden. Een deel van dat onderzoek is zelfs bedoeld om dan het brein na te bouwen (brein emulatie) [7]. Er zijn ook grote projecten die het brein proberen te simuleren, zoals het enorme controversiële Human Brain Project, een sterproject van de Europese Commissie. Dit project beweert dat het grote delen van het menselijk brein zal kunnen simuleren en op die manier artificieel intelligentie bereiken [8]. In de praktijk loopt het allemaal zo'n vaart niet. Er zijn uiteindelijk nog maar heel weinig resultaten. De neurale activiteit van een levend brein te scannen en te simuleren, zelfs van het eenvoudigste brein laat staan dat van de mens, is nog ver af.

Het lijkt er dus op dat het idee van 'mind uploading' door de structuur en de activiteit van het brein te scannen zeer onrealistisch is, nu en in de nabije toekomst. Het brein in een dood lichaam heeft geen actieve toestanden meer en die kunnen dus ook niet worden gemeten, zoals de software toestanden in een computer verdwijnen zodra die wordt afgezet. En als het brein nog in leven is, lijkt het vrijwel onmogelijk om de interne toestanden te meten zonder een soort diepte scannen en invasieve metingen die het brein zelf aantasten.

Maar er is een andere weg naar mind uploading die meer realistisch is, en dat is de weg die verondersteld wordt in Fausto, namelijk om grote hoeveelheden data te verzamelen over het gedrag van een persoon en dan een digitale replica te maken met de leertechnologie ontwikkeld in het AI onderzoek. De data komt dan van de digitale sporen en van al de toestelletjes die mensen nu al dragen om te meten hoe hun hartslag zit, hoeveel ze hebben bewogen, wat hun temperatuur en die van de omgeving is, enz., de zogenaamde 'Quantified Self'. Een digitale replica op basis van AI probeert dus niet het brein te emuleren maar eerder te doen wat een brein zou doen in vergelijkbare omstandigheden.

De relevante technologie van machinaal leren is snel vooruitgegaan de laatste tijd en wordt nu reeds op grote schaal gebruikt, alhoewel voor vrij nauwe domeinen van expertise, zoals voor bordspelen zoals Go, het beslissen of iemand een verzekering krijgt, of medische diagnose in een beperkt domein. Het is ook deze technologie die firma's gebruiken die virtuele agenten bouwen voor levende (of pas gestorven) mensen. Hoe sterk het gedrag van de digitale replica het gedrag van een mens benadert hangt af van hoeveel data beschikbaar is en hoeveel computerkracht aanwezig is om de zeer hongerige leeralgoritmen te doen draaien.

Maar zelfs met deze mind uploading techniek zijn er sterke limieten omdat een agent in de vorm van een digitale replica gewoon de beslissingen die een individu zou gemaakt hebben in het verleden opnieuw afspeelt, zonder noodzakelijkerwijze de kennis te hebben die achter die beslissing zit. In elk geval is de creatie van een virtuele Margherita, zoals in Act II, mogelijk vandaag met de bestaande AI leertechnologie en met de vele digitale sporen die mensen achterlaten op internet, sociale media, persoonlijke computers en smartphones.

BREIN/COMPUTER INTERFACES EN DE CYBORG

Zelfs al bestaat de technologie nu om digitale replica's te maken van het gedrag van een persoon, of althans bepaalde aspecten ervan, blijft er voor Mephisto nog een tweede probleem want hij wil zichzelf ook 'downloaden' in een menselijk lichaam om de werkelijkheid te voelen als een mens en echte emoties te hebben en fysiek contact met andere mensen. Dit kan alleen gebeuren als er in een levend menselijk lichaam allerlei digitale onderdelen worden ingeplant die de zintuigelijke waarnemingen en motor signalen kunnen aftappen en direct interageren met het brein. In feite moet je een computer hebben met een draadloze verbinding die directe invloed heeft op hersenactiviteit zodat je data en software kan up- en downloaden. Dit is het concept van de cyborg, een versmelting van menselijke biologie met digitale technologie en artificiële intelligentie [9]. Hoe realistisch is dit?

Het blijkt dat er op dit domein ook al boeiende ontwikkelingen aan de gang zijn, uiteraard niet om een cyborg te maken maar om mensen te helpen met allerlei beperkingen: Artificiële retina's worden nu al aangebracht in blinden zodat zij terug een vorm van zien krijgen. Cochleaire implantaten worden ingebracht in het gehoorsysteem van slechthorenden. Deze implantaten nemen geluid op, verwerken het en sturen het dan door naar de hersenen die er na een tijd wonderbaarlijk in slagen om de signalen te integreren. Brein-pacemakers zijn al in subcorticale gebieden van de hersenen aangebracht om patienten met Parkinson's te helpen om meer controle te

krijgen over hun lichaam. Signalen die normaal de spieren aansturen kunnen worden opgevangen en omgezet in signalen die protheses voor armen, handen of benen controleren. De meeste vooruitgang is geboekt voor perifere zenuwactiviteit maar er zijn nog vrijwel geen experimenten die direct het brein beïnvloeden, alhoewel er geen twijfel over bestaat dat er nog merkwaardige ontwikkelingen op komst zijn.

Op de website van het 2045 initiatief (<http://2045.com/>) is er een 'onsterfelijkheidsknop' waarbij staat: "klik op deze knop om te beginnen met de ontwikkeling van je persoonlijke onsterfelijke avatar". Je kan kiezen tussen (A) een robot-copij van een menselijk lichaam dat van op afstand gecontroleerd wordt door een 'brein-computer interface' waarvan we kunnen veronderstellen dat die via een draadloze verbinding met je eigen brein is verbonden, en dit wordt "verwacht klaar te zijn binnen drie jaar", (B) "een prothese van een volledig lichaam waar je hoofd in getransplanteerd wordt op het einde van de tijd dat het normaal en gezond is", verwacht klaar te zijn binnen 5 tot 7 jaar, of (C) "een compleet niet-biologisch lichaam en brein waarin je bewustzijn overgebracht wordt als je eigen lichaam en brein zijn uitgeleefd, verwacht klaar te zijn binnen 20 tot 25 jaar!"

De verbeelding van sommige technologen en ondernemers is duidelijk wilder dan die van de meest creatieve science-fiction schrijvers, ondanks het risico om gezien te worden als charlatans die weinig besef hebben van de technologische problemen in wat zijn voorstellen. Is de toekomstige wereld zoals verondersteld in Fausto dan totaal onmogelijk? Misschien is het toch wel op veel punten realistischer dan je op het eerste zicht zou denken. Maar betekenis, emotie, liefde, humor, sociale cognitie, creativiteit, bewustzijn en veel andere cruciale eigenschappen van de mens lijken buiten de interesse sfeer te liggen van de toekomst zoals beloofd in de nieuwe wereld van het 2045 initiatief of soortgelijke trans-humanistische initiatieven. Nochtans zijn deze eigenschappen essentieel voor wat een mens tot mens maakt [8].

Oscar Vilarroya en ikzelf hebben Fausto gemaakt als een tegengewicht tegen de blinde vlekken die je dikwijls bij technologen ziet over wat ons zo uniek maakt, om onze bewondering uit te drukken voor de ongelooflijke capaciteit van elke mens, en om te benadrukken dat het nodig is om deze menselijke eigenschappen meer dan ooit te koesteren en te stimuleren. Wij denken dat de opmerkelijke presentatie die de musici neerzetten bij het opvoeren van Fausto of de cognitieve mechanismen en emoties die luisteraars nodig hebben om een opvoering te beluisteren, te bekijken en te waarderen zo indrukwekkend zijn dat ze voor altijd buiten het bereik liggen van machines.

VERWIJZINGEN

1. Kurzweil, R. (2006) *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*. Penguin Books, New York.
2. O'Connell, M. (2017) *To Be a Machine. Adventures among Cyborgs, Utopians, Hackers, and the Futurists Solving the Modest Problem of Death*. Granta, London.
3. Leary, T. (1967) *The religious experience: Its production and interpretation*. *J. Psychedelic Drugs*, 1(2), 3-23.

4. Steels, L. ed. (1993) The biology and technology of intelligent autonomous agents. Springer Verlag, Berlin.
5. Newton, C. (2017) Speak, Memory. When her best friend died, she rebuilt him using artificial intelligence. <https://www.theverge.com/a/luka-artificial-intelligence-memorial-roman-mazurenko-bot>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=Ey8oj8S-j3U>
7. <https://www.carboncopies.org/>
8. <https://www.humanbrainproject.eu/en/>
9. Steels, L. (1995) The Homo Cyber Sapiens, the Robot Homonidus Intelligens, and the 'artificial life' approach to Artificial Intelligence. Burda symposium on Brain-computer interfaces. E. Poppel and T. Christaller (eds) Die Technik auf dem Weg zur Seele. Rowohlt Taschenbuch Verlag. Hamburg. pp 327-344.
9. Vilarroya, O. and F. Forn i Argimon (2007) Social Brain Matters: Stances on the Neurobiology of Social Cognition. Rodopi, Amsterdam.