

MUSEUM
SP≡LKLOK



**ROBOTS
L♥VE
MUSIC**

Speciale dank voor alle adviezen, het meedenken en de gezamenlijke inspanningen om Robots love Music te realiseren:

A special thanks for all the advice, contributions and collective effort in developing Robots love Music:

Ernst Bonis

Floris de Gelder

Maarten Lamers

Universiteit Utrecht

TU Delft

University of Michigan

Jere and Steve Ryder

Tellart, in het bijzonder Paul Skinner en Bjørn Karmann

Vormgevers André Postma en Rudolf van Lierop

Grafisch bureau RROOK strategie x ontwerp

Ontwerpbureau Today

Utrecht Marketing

Stichting Niet Normaal

Makers interactives tentoonstelling Lucas Steenhuis en Wilco Alkema

De musea en muziekinstellingen in Utrecht

De samenwerkingspartners van het rondomprogramma

De medewerkers en de Raad van Toezicht van Museum Speelklok

Zoveel mogelijk is getracht de eventuele rechthebbenden van de afbeeldingen te achterhalen. Rechthebbenden die in dit verband niet zijn benaderd wordt verzocht zich met de uitgever in verbinding te stellen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 juncto het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351 zoals gewijzigd bij Gesluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient met de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (Artikel auteurswet) dient men zicht tot de uitgever te wenden.

Every effort has been made to trace all copyright owners of the images used. Any copyright owners who have not been consulted are requested to contact the publisher.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission from the publisher. As far as making copies of this publication is allowed based on article 16B of the Dutch Copyright Act 1912 in conjunction with the Decree of June 20, 1974, Stb. 351 as altered by the Decree of August 23, 1985, Stb. 471 and article 17 of the Dutch Copyright Act 1912, fees as determined by Dutch law should be paid to Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). If using parts of this publication for anthologies, readers and other compilation works (Copyright Law) the publisher should be consulted.

© 2018 Museum Speelklok, Utrecht.
www.museumspeelklok.nl

Deze catalogus is een uitgave van Museum Speelklok, ter gelegenheid van de tentoonstelling Robots love Music.
This catalogue is a publication by Museum Speelklok, on the occasion of the exhibition Robots love Music.

September 2018

ROBOTS LOVE MUSIC

INHOUD

CONTENTS

	VOORWOORD PREFACE Ronald Giphart	
	INLEIDING INTRODUCTION Marian van Dijk	
1	HET ZIJN NET MENSEN THEY ARE ALMOST HUMAN Marian van Dijk	
2	APPLAUS APPLAUSE Marian van Dijk	
3	PROGRAMMEREN PROGRAMMING Marian van Dijk	
4	DE RADEREN DRAAIEN, DE MUZIEK KOMT TOT LEVEN THE WHEELS ARE TURNING, THE MUSIC COMES TO LIFE Dr. Marieke Lefeber	
5	ROBOTS HOUDEN VAN MUZIEK! OF NIET? ROBOTS LOVE MUSIC! DO THEY? Dr. Anemone van Zijl	
6	ROBOTS LOVE MUSIC Prof. dr. ir. David Abbink	
	LIJST VAN EXPOSITIESTUKKEN COLLECTION OVERVIEW	
	TERMENLIJST GLOSSARY	
	BIBLIOGRAFIE BIBLIOGRAPHY	

6
10
14
30
38
48
60
76
88
94
98

VOORWOORD

PREFACE



—Android clarinet player,
Cornelis Jacobus van Oeckelen,
Breda (Netherlands), 1838.
On loan from John Gaughan.

ANY SUFFICIENTLY
ADVANCED
TECHNOLOGY IS
INDISTINGUISHABLE
FROM MAGIC.

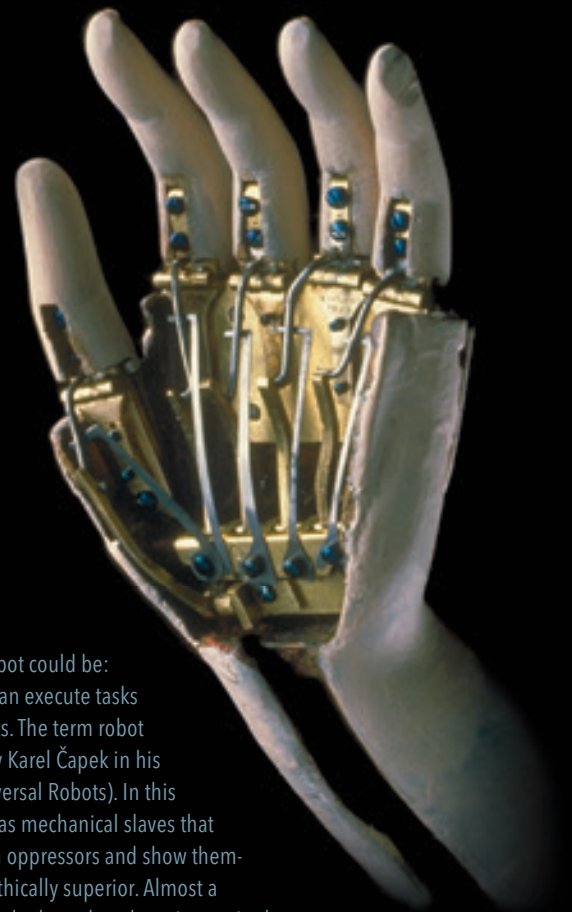
Arthur C. Clarke

*Stelt u zich een toekomst voor waarin alle door mensen gemaakte muziek is verboden en alle nummers die wel mogen worden beluisterd elektronisch zijn gecomponeerd door algoritmes en robots. Dit is het thema van de popmusical **We Will Rock You**, de afscheidsvoorstelling waarmee mijn jongste zoon onlangs zijn lagere school verliet.*

Het toeval wilde dat ik ten tijde van zijn repetities samen met een robot – een kunstmatige intelligentie genaamd Asibot die tienduizend Nederlandstalige boeken had gescand en zichzelf daarmee ‘schrijven’ had geleerd – probeerde om een literair verhaal te concipiëren. De vraag die ik na afronding van dit project regelmatig kreeg was dezelfde waarmee de klas van mijn zoon worstelde: moeten we bang zijn voor robots? Komt er echt een tijd dat robots ons gaan vervangen?

*Imagine a world where all music composed by humans is banned, and all music that you are allowed to listen to was electronically composed by algorithms and robots. This theme is explored in the pop-musical **We Will Rock You**, the leavers’ show that my son recently performed in at the end of term at his primary school.*

Coincidentally, at the time of the rehearsals I was also trying to collaborate with a robot – an artificial intelligence named Asibot that had scanned ten thousand Dutch books and had taught itself to write – to contrive a literary story. The question I was often asked after finishing this project was the same one my son’s class struggled with when preparing for their show: should we be scared of robots? Will there be a time when robots replace us?



Wat is een robot?

Een simpele definitie van een robot zou kunnen zijn: een robot is een machine die taken kan uitvoeren door dingen in beweging te zetten. Het woord robot wordt in 1920 geïntroduceerd door Karel Čapek in zijn toneelstuk R.U.R. (Rossums' Universal Robots). Hierin zijn robots mechanische slaven die tegen hun menselijke meesters in opstand komen en zich daarbij moreel en ethisch superieur tonen. Bijna een eeuw later kunnen we constateren dat robots steeds meer menselijke eigenschappen hebben gekregen, een interactie kunnen aangaan met hun omgeving en zichzelf kunnen onderwijzen.

Robots hebben de menselijke vorm, die ze in veel films en boeken hebben gekregen, niet nodig om menselijke bewegingen te maken. Ook de muziek makende robots kunnen allerlei vormen hebben, van een verzameling metalen 'vingers' die een cilinder aftasten tot aan een houten pop met bewegende ogen en lippen. Waar er geen sprake is van een menselijke vorm maar wel van menselijke bewegingen spreken we van een 'onzichtbare muzikant'.

What is a robot?

A simple definition of a robot could be: a robot is a machine that can execute tasks by activating different parts. The term robot was introduced in 1920 by Karel Čapek in his play R.U.R. (Rossum's Universal Robots). In this play, robots are portrayed as mechanical slaves that revolt against their human oppressors and show themselves to be morally and ethically superior. Almost a century later we can conclude that robots have increasingly developed human traits, can interact with their environment and can teach themselves.

Robots no longer need a humanoid form, such as those given to them in many films and books, to make human-like movements. Musical robots can take on many forms, ranging from a bunch of metal 'fingers' following a cylinder to a wooden doll with moving eyes and lips. A robot which has no visibly humanoid form, but which nonetheless uses human-like movements, is called an 'invisible musician'.

De onlangs overleden wetenschapper Stephen Hawking maakte zich hierom zorgen. Als wij door een machine gecomponeerde muziek niet meer kunnen onderscheiden van door mensen gemaakte deuntjes, moeten we die robot wel menselijke eigenschappen toedichten, met alle gevolgen van dien (dat is de beroemde Turingtest).

De vraag is of dat erg is. Filosoof Bas Haring denkt van niet. Mochten machines over afzienbare tijd dusdanig geavanceerd zijn dat zij geen menselijke sturing meer nodig hebben, dan zou het gevaar kunnen bestaan – een angst die velen navoelen – dat die ellendelingen ons wellicht verdrijven. 'Nou en?' zegt Haring hierover. 'Als dat gebeurt dan is dat maar zo. Als robots in de evolutionaire strijd een betere kans hebben dan mensen... is dat pech voor ons.'

Dat klinkt dreigend, maar een tussenvorm ligt – voorlopig – natuurlijk het meest voor de hand: dat mensen de kwaliteiten van robots ten volle leren gebruiken om hen op alle mogelijke vlakken bij te staan, en dat robots ons daarmee vooral leren beter naar onszelf te kijken. Of te luisteren. En daarover gaat deze bijzondere tentoonstelling. We Will Robot You!

Ronald Giphart
schrijver/ writer

The scientist Stephen Hawking, who recently passed away, was concerned about this as well. If we cannot differentiate between music that was composed by a machine or a human, we should attribute human traits to that robot, with all that it entails (the famous Turingtest).

The question is whether that is necessarily a bad thing. Philosopher Bas Haring does not think it is. In the future, if machines become so advanced that they do not need any human interference, there is a danger – one that many fear – that those machines will eventually oust us. 'So what?' says Haring. 'If it happens, it happens. If robots stand a better chance in the evolutionary battle... so be it.'

That sounds threatening, but – for now – a collaboration is more likely to happen: people can use the abilities of robots in order to help them improve, and thereby robots can teach humans to better understand themselves. Or to listen better. That is what this extraordinary exhibition is about. We Will Robot You!

INLEIDING

INTRODUCTION

Marian van Dijk



___Harmonica, 'Rolmonica',
Rolmonica Music Company
of Baltimore, Baltimore
(USA), approx. 1930.

Robots nemen ons veel werk uit handen. Het lijkt wel of iedere menselijke handeling gemechaniseerd, geautomatiseerd en geperfectioneerd kan worden. Steeds sneller volgen de ontwikkelingen elkaar op.

De robot helpt ons niet alleen met zwaar of smerig werk maar kan ook met ons communiceren. Veel taken voert hij sneller en beter uit dan de mens, zo kan hij complexe berekeningen maken, precisiewerk foutloos uitvoeren en zichzelf ingewikkelde spellen als het Japanse GO aanleren. In de 21^e eeuw heeft de robot niet alleen onze bewegingen en intelligentie maar ook onze emoties overgenomen. Er is sprake van een soort evolutie waarbij de robot steeds menselijker wordt. Of lijkt dat maar zo?

Een robot kan precisiewerk uitvoeren in een operatiekamer, maar hoe handig is hij in het dagelijks leven? Hij kan misschien de wereldkampioen schaken verslaan, maar kan hij ook om een goede grap lachen? En als het om muziek gaat? Een robot kan virtuoos zijn, maar kan hij de luisteraar ontroeren en kan hij zelf een tophit schrijven?

De vraag waarom we robots maken, wordt kernachtig verwoord door Ben Russell:

"Robots are a measure of our technological ambitions: to embody those ambitions in robotic form is a powerful sign of confidence in new innovations, materials or techniques. The nature of robots' embodiment has evolved constantly, from automata encompassing relatively simple clockwork to (...) 3D-printed objects that frequently encompass not just the mechanisms of the body but of the mind, too. (...) how telling it is that we chose to demonstrate our mastery of the state of the technological art by re-creating ourselves." – Russell, p. 118 & p. 13

Robots can take a lot of work off our hands. It is almost as if every human movement can be mechanized, automated and perfected. New inventions rapidly succeed one another.

A robot does not just help us with heavy or dirty work, but can also communicate with us. It accomplishes many tasks faster than any human being would, such as making complex calculations, executing precise tasks flawlessly and teaching itself to play complicated games such as Japanese GO. In the 21st century the robot does not just reproduce our movements and intelligence, but can also experience emotions. It is almost like a form of evolution where the robot becomes increasingly human. Or is that just an illusion?

A robot can be useful for executing precise surgeries, but how much use is it in daily life? It could beat the world chess champion, but can it also laugh at a good joke? And what about music? A robot can be a virtuoso musician, but could it move the listener, and could it compose a hit song?

The question of why we are interested in making robots is dealt with concisely by Ben Russell:

Robots houden ons continu een spiegel voor en nodigen ons uit om na te denken over onszelf. Hoe meer de robot van ons leert en overneemt, hoe meer we ons afvragen wat er nog voor ons overblijft. Creativiteit lijkt een van de laatste echt menselijke eigenschappen te zijn. Of kunnen robots ook creatief zijn? Wat is menselijke creativiteit eigenlijk?

Museum Speelklok staat vol zelfspelende muziekinstrumenten, van 16^e-eeuwse klokken tot grote dansorgels uit de vorige eeuw, maar ook speeldozen, automaten en orchestrions. Al onze zelfspelende instrumenten zijn in feite vroege robots; het zijn programmeerbare machines die taken uitvoeren – in de plaats van een mens – door dingen in beweging te zetten. En het zijn stuk voor stuk slimme uitvindingen!

Ieder zelfspelend muziekinstrument heeft een aandrijving, een programma en een klankbron. Vòòr de komst van elektriciteit bestaat de aandrijving bijvoorbeeld uit een vallend gewicht of een veer. Deze moeten steeds opnieuw worden opgehesen of opgewonden om in beweging te komen of te blijven. De meest voorkomende programmadragers waarop muziekstukken zijn vastgelegd, zijn cilinders, metalen platen, kartonnen boeken of papieren rollen. Met de uitvinding van het MIDI-systeem eind 20^e eeuw kunnen mechanische instrumenten per computer worden aangestuurd. De zelfspelende instrumenten uit de collectie van Museum Speelklok spelen live muziek op akoestische klankbronnen. Ook de klankbron zou vervangen kunnen worden door elektrische pulsen of opgenomen klanken. Afgezien van het verschil in klankkarakter, zou daarmee de noodzaak om de bewegingen van een muzikant te imiteren geheel wegvallen. En juist in die mechanische beweging



— *Music box, Thorens, Ste-Croix (Switzerland), approx. 1920.*

Robots continuously hold up a mirror to society and invite us to reflect upon ourselves. The more the robots learn from us and copy us, the more it makes us wonder what will eventually distinguish us from them. Creativity appears to be one of the last real human traits. But could robots also be creative? What actually makes creativity human?

Museum Speelklok is filled with self-playing musical instruments, ranging from 16th century clocks to large dance organs from the 20th century, but also music boxes, automats and orchestrions. All our self-playing instruments are in fact early robots; they are programmable machines that execute tasks – thereby replacing humans – by activating different parts. And every single one of them is a clever invention!

Every self-playing instrument consists of a power source, a program and a sound source. Prior to the invention of electricity, the power source would for example consist of a dropping weight or a coiled spring.



— *Timepiece of table top clock with bells, John Taylor, London (UK), approx. 1780.*

schuilt nog steeds de grootste uitdaging voor de uitvinder van muziekmakende robots. Daarom beperken we ons tot akoestische klankbronnen en maken we slechts een klein uitstapje naar de elektronische muziek.

In de tentoonstelling Robots love Music laten we zien hoe dankzij slimme mechanieken het spel van een echte muzikant door de eeuwen heen steeds beter wordt benaderd. We laten de ontwikkeling zien van de eerste, wat houterige deuntjes op een klein instrument tot de swingende dansmuziek op de grote instrumenten, bedoeld om te imponeren, te vermaken of de muzikant te vervangen. We besteden aandacht aan uitvinders die met de hulp van elektronische middelen de aansturing van zelfspelende instrumenten hebben verfijnd en er een interactieve component aan hebben toegevoegd. Nu er zelflerende muzikale robots bestaan die in staat zijn om zichzelf te programmeren en samen met mensen muziek te maken en zelfs te improviseren, wordt het tijd om onze collectie in een nieuw perspectief te plaatsen en te verbinden met de 21^e eeuw.

These needed to be constantly lifted or re-wound for the movement to continue. The most common program carriers which contain music programs are cylinders, metal disks, cardboard books or paper rolls. Thanks to the invention of the MIDI-system at the end of the 20th century mechanical instruments can now even be activated by computers. The self-playing instruments from the collection of Museum Speelklok play live on acoustic sound sources. The sound source could also be replaced by electronic pulses or recorded sounds. However, this would not only create a different kind of sound, it would also make the interest in imitating a musician's movements completely redundant. It is precisely these mechanized movements that are still the biggest challenge for musical robot inventors today. This is why we limit our discussion to acoustic sound sources with just a short exploration of electronic music.

The exhibition Robots love Music shows how clever mechanical tricks have been developed throughout the centuries, in order to resemble the real musician as closely as possible. The exhibition shows the development from the first somewhat clumsy tunes on small instruments to swinging dance music on large instruments, meant to impress, entertain or replace the musician. In addition, important inventors, who have refined electronic mechanisms to improve self-playing instruments and have added interactive elements, will be discussed. With the invention of self-learning musical robots that can program themselves, create music in collaboration with humans and even improvise, the time has come to look at our collection from a new perspective and connect it to the 21st century.

1 HET ZIJN NET MENSEN THEY ARE ALMOST HUMAN

Marian van Dijk

—Pneuma Accordion Jazz
'Double Tino', Gastaud et
Raibaut, Nice (France),
approx. 1930-1935.



Heel Parijs stond in de rij voor een kaartje om de mechanische fluitspeler van Vaucanson te mogen zien en horen. Was hij echt? Zat er een mens verborgen in de manshoge pop? De fluitspeler is helaas niet bewaard gebleven maar dankzij het artikel dat Vaucanson in 1738 schreef over zijn uitvinding weten we dat de automaat over drie blaasbalgen beschikte, een echte fluit in zijn handen had en dat de vingers waren bekleed met zeer dun leer.

De 18^e eeuw was een tijd van grote nieuwsgierigheid en technische vooruitgang. Het was een tijd van spectaculaire shows waarin het publiek een wonderlijke mix van wetenschappelijke uitvindingen en magische trucs kreeg voorgeschoteld. De bouwers van mechanische muziekinstrumenten en automaten in de 18^e eeuw maakten handig gebruik van het magische effect van iets wat vanzelf lijkt te bewegen. Mechanieken werden verstopt in een mooie kast of onder de kleding van poppen. Voor de gasten van een rijke koopman in de 18^e eeuw was het een grote verrassing als bleek dat een dure klok ook een mooi muzikje kon spelen en een eeuw geleden stond in veel huiskamers bovendien nog een zelfspelende piano waar een onzichtbare muzikant de toetsen leek te beroeren.

De fluitspeler van Vaucanson leek op een levend standbeeld. Ook de klarinetspeler van Van Oeckelen uit 1838 en de poppen van de Double Tino uit 1930-35 zijn manshoog en levensecht. Ze bewegen hun ogen, mond en vingers en, ook al ziet iedereen dat het geen levende muzikanten zijn, de illusie is heel sterk. De hedendaagse robots kunnen er nog veel echter uitzien. De Japanner Hiroshi Ishiguro maakte een robotversie van zichzelf die zelfs zijn beste vrienden om de tuin leidde.

Everybody in Paris would queue up for a ticket to see and hear Vaucanson's mechanical flute player perform. Was it real? Did the man-sized doll in fact conceal a human being? The flute player has unfortunately not been preserved, but thanks to Vaucanson's article about this invention, published in 1738, we know the automaton contained three bellows, a real flute which was held by the hands, and fingers which were covered with a very thin type of leather.

The 18th century was a time of curiosity and technological progress. It was a time of spectacular shows where the public was shown a fascinating mix of scientific inventions and magical tricks. Those who built mechanical musical instruments and automats in the 18th century made clever use of the magical effect self-moving objects had. The mechanism was concealed in a box or underneath the clothing of the dolls. A wealthy 18th century merchant could easily surprise his guests when it appeared that his clock could also play music. In addition, about a century ago many households would own a self-playing piano where an invisible musician seemed to strike the keys.

Vaucanson's flute player resembled a living statue. Van Oeckelen's clarinet player from 1838 and the dolls on the Double Tino from 1930-35 are man-sized and lifelike. They move their eyes, lips and fingers, and although everybody can see they are not real musicians, the illusion is very convincing. Contemporary robots may look even more lifelike. Japanese roboticist Hiroshi Ishiguro made a robotic version of himself which even fooled his best friends.



—Automatons from
Vaucanson. Archive:
The Bridgeman Art
Library.

Vaucanson en De Fluitspeler

Als 7-jarig jongetje werd Jacques de Vaucanson (1709-1782) door zijn moeder afgeleverd bij het klooster van de 'Ordre des Minimes'. Onder zijn arm droeg hij een metalen kistje vol tandwieltjes en gereedschap, en een half afgebouwde modelboot. Hij weigerde de lessen te volgen voordat die boot af was. Hij was een stereotype uitvinder: monomaan bezig met zijn ontdekkingen, een buitenbeentje in de klas. De monnik die wiskundeles gaf, bewonderde zijn tekeningen en zorgde er uiteindelijk voor dat Vaucanson een eigen werkplaats kreeg waar hij zijn automaten kon bouwen. Voor het feestelijke diner ter ere van het bezoek van het hoofd van de Orde bouwde hij mansgrote mechanische butlers. Maar daar overschreed hij volgens de geestelijken een grens; de werkplaats werd vernietigd, Vaucanson trad uit het klooster en vertrok naar Parijs waar hij al snel in hoge kringen verkeerde en mensen als Voltaire ontmoette.

Hij werd een zeer succesvolle bouwer van automaten die op tournee ging met zijn vernuftige uitvindingen, waarvan de fluitspeler en de 'eend die eten kon verteren' de bekendste waren. In 1738 publiceerde hij een artikel over zijn automatische fluitspeler, de automaat waarvoor hij eindelijk erkenning kreeg van de wetenschappelijke elite in Parijs.

Het reizen en geven van shows werd hem uiteindelijk te zwaar. In 1741 verkocht hij al zijn automaten en trad in dienst van Lodewijk XV, een groot bewonderaar van de mechanische eend. Als inspecteur van de zijdeproductie stond hij aan de wieg van de industrialisatie. Hij bouwde een machine waarmee arbeiders konden worden vervangen. Toen zij daartegen protesteerden en hem met stenen bekogelden, zette Vaucanson een ezel in om de machines te bedienen (Wood, p. 38). De boodschap was duidelijk: machines zijn waardevoller dan mensen. Dat leidde in 1744 tot de eerste grote staking in Frankrijk. Bovendien werd Vaucanson zelf bedreigd met de dood. Gelukkig had hij zijn habijt bewaard: vermomd als monnik ontsnapte hij 's nachts aan zijn belagers.

Vaucanson and the Flute Player

When he was seven years old, Jacques de Vaucanson (1709-1782) was taken to the monastery of the 'Ordre des Minimes' by his mother. He carried a small metal box filled with cogwheels and tools, and a half-finished ship model. He refused to take any lessons until he finished constructing the ship. He was a stereotypical inventor: solely focused on his inventions, an outsider. The monk who was teaching mathematics at the monastery admired his drawings, and eventually ensured Vaucanson could get his own workshop where he could work on his automatons. In honor of the celebratory visit of the head of the order he built man-sized mechanical butlers. But according to the monks this kind of design was not acceptable; the workshop was destroyed, and Vaucanson exchanged the monastery life for Paris where he quickly made a name for himself and met people like Voltaire.

He became a very successful automaton maker who took his clever inventions, such as the popular flute player and the 'duck that could digest food', on tour. In 1738 he published an article about his automatic flute player, the automaton which finally led him to be officially recognized by the scientific elite in Paris.

Traveling and touring eventually became too much for him. In 1741 he sold all his automatons and joined the court of Louis XV, who was an admirer of the mechanical duck. As inspector of the silk production Vaucanson was part of the early years of the industrialization. He built a machine which could replace manual workers. When the workers protested and started throwing rocks at him, Vaucanson employed a donkey to control the machines (Wood, p. 38). The message was clear: machines are more valuable than people. In 1744 this led to the first big labor strike in France. In addition, Vaucanson received death threats. Fortunately, he had kept his monk's habit: disguised as a monk he was able to flee the city during the night.

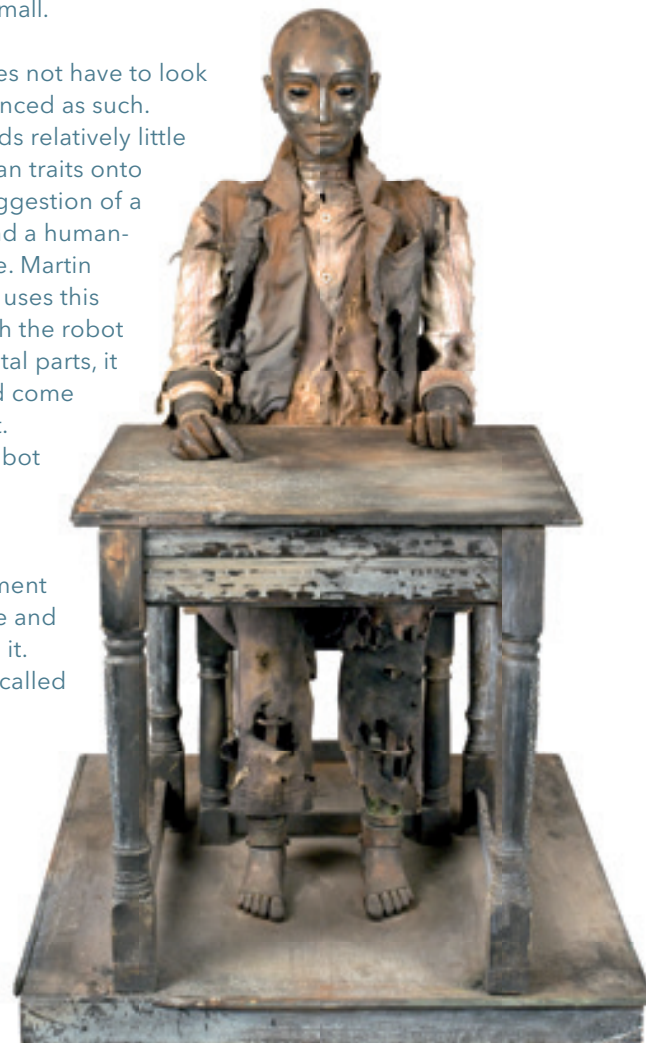
Het maken van een levensechte automaat werd in de 18^e eeuw niet altijd gewaardeerd en ook vandaag de dag roept een menselijke robot gemengde gevoelens op. Om te zorgen dat het publiek niet zou schrikken, kregen de muzikale robots soms bewust het formaat van een klein kind. Om dezelfde reden is ook de hedendaagse zorgrobot klein.

Onze verbeelding heeft maar weinig nodig om objecten menselijke eigenschappen toe te dichten

Een robot hoeft er echter niet als een mens uit te zien om toch als menselijk te worden ervaren. Onze verbeelding heeft maar weinig nodig om objecten menselijke eigenschappen toe te dichten; vaak is de suggestie van een beweging en een menselijke oogopslag genoeg. De film Hugo van Martin Scorsese maakt daar dankbaar gebruik van: hoewel de robot zichtbaar uit metalen onderdelen bestaat, lijkt hij elk moment tot leven te kunnen komen. De hedendaagse robot Shimon is zelfs niet veel meer dan een camera op een robotarm, maar door zijn manier van bewegen lijkt hij toch op een mens en wekt hij vertedering op. Dit verschijnsel heet antropomorfisme: vermenselijking.

In the 18th century the development of life-like automatons was not always appreciated, and even today many people have mixed feelings about humanoid robots. To ensure they would not scare the audience, musical robots were often deliberately kept the size of a small child. It is also for this reason that contemporary care robots are relatively small.

However, a robot does not have to look human to be experienced as such. Our imagination needs relatively little input to project human traits onto objects; often the suggestion of a certain movement and a human-like glance will suffice. Martin Scorsese's film Hugo uses this concept: even though the robot visibly consists of metal parts, it is almost as if it could come to life at any moment. The contemporary robot Shimon consists of a camera connected to a robotic arm, but because of its movement it appears human-like and we feel connected to it. This phenomenon is called anthropomorphism.



—Automaton from the film 'Hugo',
Dick George Creatives, East Molesy
(UK), 2011. On loan from the House
of Automata, Paris (France).



SHIMON

Shimon is een improviserende marimbaspelende robot die werd ontworpen om inspirerende muzikale interacties aan te gaan met mensen, die uiteindelijk tot nieuwe muzikale ervaringen en resultaten kunnen leiden. De robot combineert het computationeel modelleren van muzikale beleving, interactie en improvisatie met de mogelijkheid om akoestische responsen op fysieke en visuele wijze te produceren. Door 'real-time' samenwerking tussen levende musici en robotmuzikanten, kan er optimaal gebruik worden gemaakt van hun unieke kwaliteiten om nieuwe en spannende muziek te creëren. Shimon streeft ernaar om menselijke creativiteit, emotie en esthetiek te combineren met algoritmische com-

SHIMON

Shimon is an improvising robotic marimba player that is designed to create meaningful and inspiring musical interactions with humans, leading to novel musical experiences and outcomes. The robot combines computational modeling of music perception, interaction, and improvisation, with the capacity to produce acoustic responses in physical and visual manners. Real-time collaboration between human and robotic players can capitalize on the combination of their unique strengths to produce new and compelling music. Shimon aims to combine human creativity, emotion, and aesthetics with algorithmic computational capabilities and mechanical virtuosity, allowing human and artificial players to cooperate and build off each other's ideas. Unlike computer based interactive music systems, Shimon is an embodied anthropomorphic robot that can create intuitive and acoustically rich gestures that can lead to meaningfully musical and visual interactions with humans. It is designed to listen like a human and play like a machine. Similarly to humans, Shimon can understand high level musical concepts such as beat, tempo, stability, similarity, tension and release. This allows him to connect to human musicians, sharing common musical grounds. At the same time, it is designed to challenge, surprise and inspire humans algorithmically and

putationele mogelijkheden en mechanische virtuositeit, wat menselijke en kunstmatige spelers in staat stelt om samen te werken en van elkaar te leren. In tegenstelling tot computergestuurde interactieve muzieksystemen is Shimon een belichaamde antropomorfische robot, die door middel van intuïtieve bewegingen betekenisvolle muzikale en visuele interacties met mensen kan aangaan. Shimon begrijpt complexe muzikale concepten zoals ritme, tempo, stabiliteit, gelijkwaardigheid, en spanning en ontspanning. Deze muzikale basis stelt hem in staat samen te werken met menselijke muzikanten. Tegelijkertijd is hij ontworpen om mensen uit te dagen, te verrassen en te inspireren, door via algoritmes en mechanische systemen deze gedeelde muzikale basis te manipuleren tot een niveau dat voor menselijke muzikanten vaak onhaalbaar is.

Shimon kan bijvoorbeeld een muzikale respons berekenen op basis van fractals, genetische algoritmes en cellulaire automaten, en een akoestische respons genereren met behulp van acht stokken. Oorspronkelijk werd Shimon geprogrammeerd om jazz te spelen, een muziekvorm die gezien kan worden als een metafoor voor andere menselijke ervaringen. Aan de ene kant is het in de jazz belangrijk om te improviseren – door te luisteren naar en te reageren op anderen, snel nieuwe ideeën te verzinnen, steeds klaar om de plannen te wijzigen terwijl je openstaat voor het onverwachte. Aan de andere kant vereist jazz ook planning, structuur, het volgen van uitgedachte processen en veel discipline om resultaten te bereiken. Shimon werd ontworpen om deze ogenschijnlijk tegenstrijdige elementen te verenigen, door proces en product te combineren, creativiteit en discipline, improvisatie en structuur, waardoor zijn menselijke mede-musici op een geheel andere manier zullen spelen.

mechanically, by manipulating these shared musical ideas using algorithms and mechanical skills that are humanly impossible.

For example, Shimon can compute musical responses based on fractals, genetic algorithms, and cellular automata, and generate acoustic responses using eight simultaneous mallets. Shimon was originally programmed to play Jazz, an art form that can serve as a metaphor for other human experiences. On one side Jazz celebrates improvisation – listening and responding to collaborators, generating new ideas on the fly, being constantly ready to change one's plans while expecting the unexpected. But jazz also requires planning, working within a structure, following well-defined processes, and exercising discipline to achieve results. Shimon is designed to bring together these seemingly opposing forces, by combining process and product, creativity and discipline, improvisation and structure, leading his human collaborators to play and think about music in a whole new manner.



—Self-operating xylophone playing clown Zilotone, Wolverine Supply, Pittsburgh (USA), approx. 1930.

Welke uitdagingen komt een uitvinder tegen als hij de bewegingen van een muzikant wil imiteren?

Slagwerk

Slaan op een trommel of op een bel is verreweg de simpelste muzikale beweging. Het is daarom niet gek dat het carillon een van de vroegste mechanische muziekinstrumenten is in de Westerse geschiedenis. Het mechaniek is eenvoudig: een speeltrommel met pinnen draait rond en wordt afgetast door grote metalen vingers die via metalen draden verbonden zijn met hamers die de bellen aanslaan.

Zo waren ook de eerste bewegende muzikale machines die het uiterlijk van een mens kregen slagwerkers. Vaak waren ze verbonden met een klokmechaniek of waren ze onderdeel van een

What challenges does an inventor face when trying to imitate a musician's movements?

Percussion

Striking a drum or a bell is the easiest musical movements. It is therefore not surprising that the carillon is one of the first types of mechanical musical instruments to appear in Western history. The mechanism is simple: a rotating musical drum with pins moves metal levers which are connected via metal wires to hammers which strike the bells.

This mechanism was also used for the first moving humanoid musical figures. They were often connected to the mechanism of a clock, or were part of an extravagant table ornament that was used for decoration at dinner parties. The percussionists on the 'shooting ship' are a good example of that. Imitations of other types of musical movements often led to quite some problems, some of which even contemporary inventors have not been able to solve yet. It is not a coincidence the latest robot musician Shimon plays marimba!

pronkstuk dat op een mooi gedekte tafel werd gezet. De trommelaars op het 'schietend schip' zijn daar een goed voorbeeld van. Andere imitaties van de bewegingen van muzikanten stuiten op grote problemen die zelfs de hedendaagse uitvinders niet altijd kunnen oplossen. Niet voor niets speelt de nieuwste robotmuzikant Shimon marimba!

Handen

Menselijke bewegingen zijn lastig te mechaniseren. Dat heeft alles te maken met de complexe bewegingen van de armen en handen en de fijne motoriek van de vingers die bijvoorbeeld ook nodig zijn voor het schrijven. Een schrijvende automaat was dus een echt pronkstuk. Nog steeds inspireert het schrijvende jongetje van Jaquet-Droz uit ca. 1775 uitvinders van nu.

Het bouwen van een mechanische hand met bewegende vingers was een grote uitdaging voor de bouwer. In de 18^e eeuw werden verschillende automaten gebouwd met verfijnde mechaniek voor de handen, maar echt subtiel en beheersbaar was de beweging niet. Eind 19^e eeuw ontstonden de eerste handprothesen die iets meer konden dan grijpen en wijzen. Nu de robots in de 21^e eeuw ook letterlijk contact moeten maken met mensen, omdat zij zorgende taken op zich nemen, is het belangrijk dat de robothand het verschil kan voelen tussen verschillende materialen, zoals een kinderhand en een blokje hout!

Toetsinstrumenten

Bij het bespelen van een toetsinstrument bewegen niet alleen de vingers, ook de armen doen mee om de gehele breedte van het klavier te kunnen bedienen. Dat is een ingewikkelde combinatie van bewegingen. Jaquet-Droz bedacht



— 'Hand', Freerk Wieringa, Deventer (The Netherlands), 2006. On loan from Freerk Wieringa.

Hands

Human movements are difficult to mechanize. This is mainly due to the complexity of arm and hand movements, as well as the dexterity of the fingers for example needed for writing. A writing automaton therefore became a real showstopper. The writing boy by Jaquet-Droz from approx. 1775 still inspires inventors today.

The construction of a mechanical hand with moving fingers was an enormous challenge. In the 18th century various automats were constructed which used quite accurate mechanisms to move the hands, but the movement was not very subtle and difficult to regulate.



— Medical hand-prosthesis, Philippe Cauet, Paris (France), 1915-1916. On loan from Van Leest Antiques, Utrecht.

er een oplossing voor: zijn Musicienne uit ca. 1774 bespeelt een klavier dat uit twee delen bestaat met de vorm van een halve maan. De hedendaagse variant bestaat uit losse handen die langs het klavier heen en weer kunnen schuiven. Daarmee liggen de boventoetsen nog buiten bereik, bovendien is de snelheid van het schuifmechanisme beperkt. Het is dus veel handiger om alle toetsen van het klavier afzonderlijk te bedienen door evenzovele 'vingers', zoals bij een voorzetter; of door in de piano de hamers rechtstreeks in beweging te zetten met als spookachtig resultaat dat 'onzichtbare handen' de piano lijken te bespelen.

At the end of the 19th century the first hand prostheses were developed, which could do more than just grab and point. Now that 21st century robots are required to make physical contact with people, because they are for example used in care settings, it is important that a robotic hand can feel the difference between various materials, such as a child's hand and a piece of wood!

Keyboard instruments

When playing a keyboard instrument it is not just the fingers that move, the arms are also used in order to reach the whole of the keyboard. This is a complicated mix of movements. Jaquet-Droz came up with a solution for this: his Musicienne from approx. 1774 plays on a keyboard which consists of two parts shaped like a crescent moon. The contemporary version of this consists of disconnected hands that can slide along the keyboard. Nevertheless, the upper keys are still out of reach from the hands, and the speed at which the sliding mechanism can be used is limited. Therefore, it is simply easier to have the keys struck separately by an equal amount of 'fingers', as with a piano player; or to directly strike the hammers inside the piano, which creates the eerie effect of 'invisible hands' playing the piano.

Woodwind and brass instruments

It is still proving very difficult to make a mechanical figure blow. This requires the ability to accurately imitate lip movements. In 1757 C.F. Lehmann built a large cabinet with various musical instruments destined for Rosenburg Castle in Copenhagen. The most impressive element of this is a row of real traversos (early transverse flutes) that wooden lips were supposed to blow into. Unfortunately, during the restoration of

Blaasinstrumenten

Het is nog steeds heel moeilijk om een mechanische mens echt te laten blazen. Daarvoor moet je immers de lipbewegingen kunnen imiteren. In 1757 bouwde C.F. Lehmann een groot cabinet met diverse muziekinstrumenten voor het Rosenburg Castle in Kopenhagen. Het meest bijzondere onderdeel is een rij echte traverso's (voorlopers van de dwarsfluit) die door houten lippen moesten worden aangeblazen. Helaas is bij de restauratie besloten om de niet meer werkende mechanische constructie ongemoeid te laten. We weten dus niet of het aanblazen succesvol is geweest.

Datzelfde geldt voor de mechanische trompet-speler van Mälzel uit 1808. Wetenschappers van het Institut für Musikwissenschaft in Wenen hebben een reconstructie gemaakt van het mechaniek om meer inzicht te verkrijgen in de manier waarop de trompet de verschillende tonen heeft voortgebracht maar zij hebben zich niet gewaagd aan het bouwen van een lipconstructie. Ook de androïde klarinetspeler van Van Oeckelen heeft een echt instrument bespeeld, maar... hij heeft niet echt met zijn mond geblazen! De lucht kwam door een slang via zijn duimen in de klarinet terecht. Het blijft echter speculeren hoe de verschillende tonen tot stand kwamen, want het originele instrument is zoekgeraakt.

De vroege robots met een menselijk uiterlijk doen zo goed mogelijk alsof er wordt geblazen. Met een blaasbalg en een rij orgelpijpen kun je immers alle mogelijke blaasinstrumenten imiteren zoals fluiten, trompetten en klarinetten; de vorm en het materiaal van de orgelpijp zorgen voor de specifieke klank. Het is maar de vraag of de fluitspeler van Vaucanson echt speelde;



___Violano Virtuoso, roll orchestrion, Mills Novelty Company, Chicago (USA), approx. 1906.

this machine it was decided not to restore the mechanism. Therefore, we do not know whether the blowing was successful.

The same goes for the mechanical trumpet player by Mälzel from 1808. Researchers of the Institut für Musikwissenschaft in Vienna have made a reconstruction of the mechanism in order to gain a better understanding of the way the trumpet could have produced multiple notes, but they did not attempt to create a lip-contruction. The android clarinet player by Van Oeckelen also played on a real instrument, but... he did not really use his mouth! The air was blown through a tube which was connected to the clarinet through his thumbs. However, since the original instrument got lost we can only guess at how the different notes were produced.

The early robots with a humanoid appearance only pretend to blow. With bellows and a row of organ pipes it is possible to imitate the sound of a vast range of woodwind and brass instruments, such as flutes, trumpets and clarinets; the shape

het is zeer aannemelijk dat er een klein orgeltje verstopt zat in het voetstuk. Door hoorbaar lucht te laten stromen en de vingers te laten bewegen kun je de suggestie wekken van een levende muzikant; de Fluitspeler uit eind 19^e eeuw is daar een goed voorbeeld van. Tegenwoordig wordt geëxperimenteerd met nieuwe flexibele materialen zoals siliconen om de lipbewegingen te imiteren.

Strijkinstrumenten

De grootste uitdaging voor bouwers van muzikale robots was en is nog steeds de viool. Er is welhaast geen instrument buiten de menselijke stem waarbij de muzikant op zoveel manieren de klank kan veranderen terwijl hij speelt. De manier waarop de stok beweegt, de hoeveelheid druk die de speler geeft, de plaats van de vingers op de snaren, het heeft allemaal invloed op de kwaliteit van de klank en de expressie van de muziek. Er werden diverse pogingen gedaan om de viool te mechaniseren en Mills kwam er met zijn Violano dichtbij, maar pas rond 1905 kwamen de Hongaarse gebroeders Bajde met de oplossing. Hupfeld kocht dit idee van hen en in 1910 bouwde hij het 'achtste wereldwonder', de Violina. Wat een grandioos moment moet dat geweest zijn toen hij bedacht de viool zelf te bewegen! Het lijkt toch op het eerste gezicht een hopeloos idee - de strijkstok vervangen door een ronde ronddraaiende boog waar de violen tegenaan worden gedrukt- maar het werkt fantastisch!

Bij de Violina is geen mensfiguur zichtbaar: de machine is grotendeels verborgen in een mooi meubel. Het was daarom opnieuw wereldnieuws toen Toyota in 2008 een mensfiguur een echte viool liet bespelen. Het is nog wat simpel, houten en weinig expressief maar knap is het wel.

and material of the organ pipe will determine the sound. We do not even know if Vaucanson's flute player was actually playing; it is very likely that a small organ was concealed in the pedestal. By creating an audible airflow and making the fingers move you can create the illusion of a live musician; the late 19th century Flute Player is a good example of this. Nowadays, new flexible materials such as silicone are being used for lip-simulating experiments.

String instruments

The biggest challenge for creators of musical robots remains the violin. Apart from the human voice there are few instruments which allow the musician to adjust the sound in so many different ways. The way of moving the bow, the pressure on the bow, the placement of the fingers on the strings, it all influences the quality of the sound and the expressive quality of the music. Various attempts to mechanize the violin were made, and Mills came close when he developed his Violano. However, it was not until around 1905 that the Hungarian Bajde brothers found a solution. Hupfeld bought their idea and built the 'eighth wonder of the world', the Violina, in 1910. What a glorious moment it must have been when he came up with the idea to move the violin itself! At first it may seem a ridiculous idea - to replace the regular bow with a rotating circular bow against which the violins are pressed - but it worked like a charm!

The Violina does not have a visible human figure: the machine is mostly concealed in a piece of furniture. It therefore became breaking news when in 2008 Toyota managed to let a humanoid figure play a real violin. It may still be a bit simplistic and not very expressive, but it is certainly impressive.



—Android clarinet player, Cornelis Jacobus van Oeckelen, Breda (Netherlands), 1838. On loan from John Gaughan.

Van Oeckelen en zijn Androïde Klarinettist

In de wereld van orgelbouwers en organisten is Van Oeckelen een bekende naam. In het zuiden van Nederland werkte Cornelis sr. en in het noorden zijn zoon Petrus; de firma bouwde in de 19^e eeuw bijna honderd kerkorgels waarvan een groot deel nog steeds functioneert. Wat vrijwel niemand meer weet, is dat een andere zoon uit de Bredase familie, Cornelis Jacobus jr. (1798-1865), een geniale uitvinder van muziekinstrumenten was.

Hoewel het eeuwige geldgebrek hem vaak in moeilijkheden bracht en neerslachtig maakte, was Van Oeckelen een gewaardeerd man. Zijn uitvindingen werden door bekende musici, wetenschappers en journalisten lovend onthaald. Toen hij in 1830 de 'Hamaton' uitvond, een zelfspelende klarinet, besloot hij octrooi aan te vragen om het instrument te kunnen exploiteren. Hij gebruikte het geld dat hij kreeg echter niet om een bedrijf te starten maar om te investeren in nieuwe uitvindingen.

Van Oeckelen raakte steeds verder in financiële problemen. In de herfst van 1834 begon hij in het diepste geheim aan een nieuw instrument, de 'Androïde Klarinettist'. Deze automaat met een lengte van 6 voet (ca. 183 cm) was gekleed als een middeleeuwse troubadour en kreeg een vriendelijk gezicht. Het moest zijn magnum opus worden, hij investeerde al zijn tijd en geld in deze uitvinding. Vier jaar later, in april 1838, verscheen een paginagroot lyrisch artikel in de Bredasche Courant over de androïde: "Kortom, zijn bewegingen van hoofd en lichaam, van ogen en lippen waren zo natuurlijk en charmant, dat men volledig vergat dat daar een onbezield werktuig stond." Van 18 tot 23 juni 1838 trad hij op in de Schouwburg op het Vredenburg van Utrecht. Zonder uitzondering waren de optredens een succes en werden ze door de kranten opgemerkt. Na afloop van een optreden mocht iedereen komen kijken om zich ervan te overtuigen dat "louter kunstbewerktuiging en geene andere bedrieglijke tusschenkomst deze androïde bij zijn spel en verrigtingen bestuurd." (Haastert, p.48)

Ondanks alle succes en lovende kritieken verdiende Van Oeckelen niet genoeg om zijn schulden af te betalen. Eind 1839 besloot hij met zijn gezin het land te verlaten en zijn geluk in

Van Oeckelen and his Android Clarinet Player

The name Van Oeckelen is well-known among organ players and builders. Cornelis sr. van Oeckelen worked in the southern region of The Netherlands, the northern region was covered by his son Petrus; in the 19th century the firm built about a hundred church organs, the majority of which is still in use. However, most people have forgotten about the lesser-known son, Cornelis Jacobus jr. (1798-1865), who was a brilliant inventor of musical instruments.

Despite ongoing money problems which often got him into trouble, Van Oeckelen was well respected. His inventions were praised by well-known musicians, scientists and journalists alike. When he invented the 'Hamaton', a self-playing clarinet, in 1830, he decided to patent it. He did not use the money he received from this to set up a company, however, but instead decided to invest it in creating new inventions.

Van Oeckelen's financial problems became increasingly worse. In the autumn of 1834 he secretly started working on a new instrument, the 'android clarinet player'. This automaton with a height of six foot (approx. 183 cm) was dressed like a Medieval troubadour and had a friendly face. It was supposed to become his masterpiece, in which he invested all his time and money. Four years later, in April 1838, the Bredasche Courant published a page-filling article about this android: "In short, the movements of head and body, of eyes and lips were so natural and charming, that people watching it completely forgot it was in fact a soulless machine." From June 18th to 23rd, 1838, he performed at the Theatre at the Vredenburg in Utrecht. Without fail the performances were a huge success and were noticed by newspapers around the country. After the performance everybody was allowed to take a closer look to ascertain that they were "merely mechanical movements and not some other form of trickery that controlled this android's movements." (Haastert, p.48)

Despite all the success and praise Van Oeckelen did not earn enough money to pay off his debts. In 1839 he decided to

toenmalig Nederland-Indië te beproeven. Helaas bracht het hem nieuwe problemen: een betrekking als instrumentenmaker eindigde om onduidelijke redenen in ontslag, de uitvinding van de gietkar om de wegen nat te houden liep uit op een fiasco en de restauratie van een kerkorgel duurde zo lang dat hij er weinig geld aan overhield. Bovendien kon hij slecht tegen het tropische klimaat. Het gezin leefde van de inkomsten uit een pensioen dat zijn vrouw bestierde.

Toen hem in 1855 de kans werd geboden om in Amerika op tournee te gaan met zijn androïde nam hij die met beide handen aan. Hij had het instrument inmiddels zodanig aangepast dat het nu ook op een cornet met een bereik van 16 tonen kon spelen.

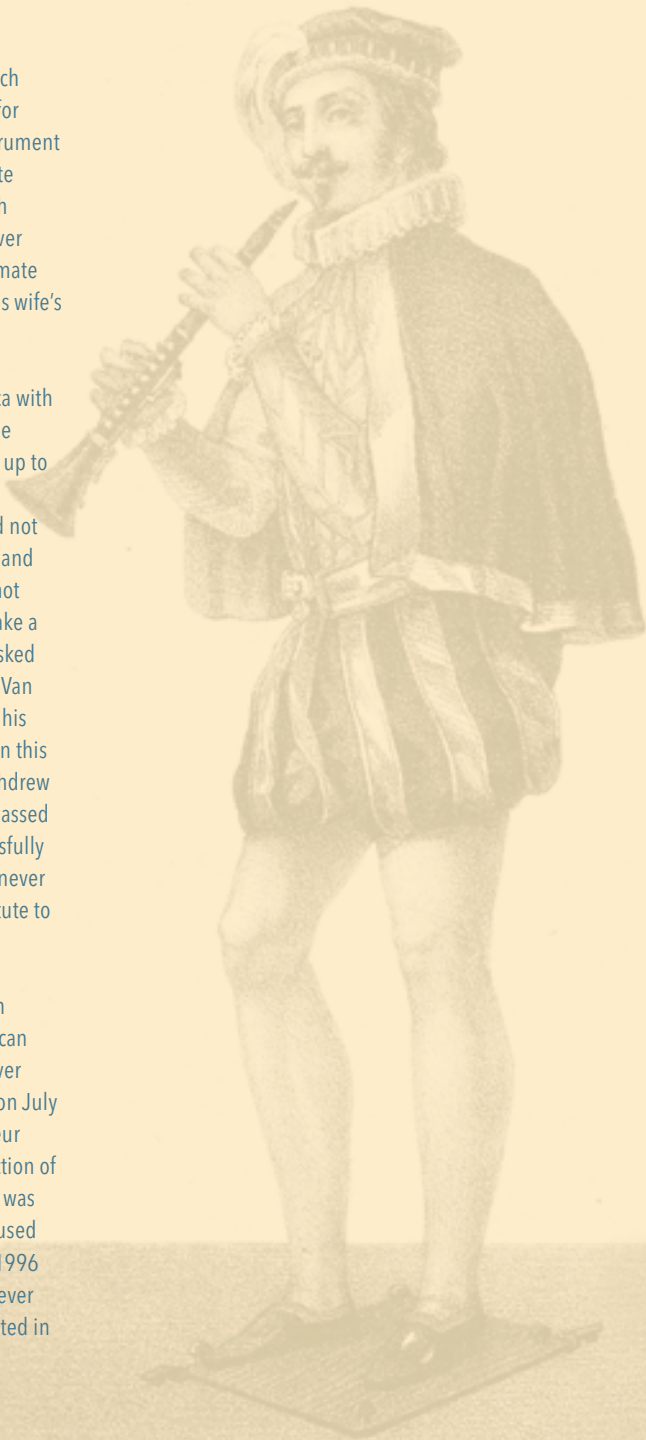
Helaas, in Boston herhaalde de geschiedenis zich: de hoge kosten voor zaalhuur en advertenties konden niet worden terugverdiend. De elite waardeerde de androïde maar het grote publiek bleef weg. In 1863 leek het tij te keren toen tabaksmiljonair John Anderson hem vroeg een machine te ontwerpen om tabak in zakjes te verpakken. Van Oeckelen woonde inmiddels in New York. Hij beleende zijn 'Androïde Klarinettist' om aan de opdracht te kunnen werken. Om onbekende redenen trok Anderson zich terug en kort daarna overleed Van Oeckelen. Na zijn dood werd de tabaksmachine door ene Quintard met succes geëxploiteerd zonder dat de erven van Van Oeckelen er profijt van hadden. Van Oeckelens vrouw keerde berooid terug naar Nederland; de androïde bleef achter in New York.

De Androïde Klarinettist werd gekocht door P.T. Barnum (1810-1891) voor zijn beroemde Barnums American Museum in New York. Het is onbekend of hij daar stond opgesteld en hoe hij de grote museumbRAND op 13 juli 1865 heeft overleefd. Ook is onbekend wanneer de rijke zakenman Frederick Stearns (1831-1907) hem kocht voor zijn collectie muziekinstrumenten en in welke conditie de androïde toen verkeerde. In 1899 werd de Stearns-collectie ondergebracht bij het Michigan University Museum in Ann Arbor. Het museum verkocht de androïde in 1996 aan John Gaughan, zonder de originele klarinet, die nog wel zichtbaar is op foto's uit 1975 van de tentoonstelling in het museum (Rice, p.187). Van de kleding is alleen de baret bewaard gebleven.

leave the country with his family and settle in the Dutch East Indies. Unfortunately, trouble found him again: for unknown reasons he was fired from his job as an instrument maker, his latest invention turned out to be a complete failure and the restoration of a church organ took such a long time that in the end there was barely any leftover money. In addition, he did not handle the tropical climate very well. The family managed to get by because of his wife's earnings, who ran an inn.

When in 1855 he was offered a chance to tour America with his android he happily accepted. Since its invention he had tweaked the instrument so that it could now play up to sixteen notes. Unfortunately, in Boston, disaster struck again: he did not earn enough money to cover the costs of theatre rent and adverts. The elite appreciated the android, but it did not manage to reach a wide audience. Things started to take a turn for the better when millionaire John Anderson asked him to design a machine that could wrap up tobacco. Van Oeckelen was living in New York at the time. He used his android clarinet player as collateral in order to work on this project. For unknown reasons Anderson suddenly withdrew from the project and shortly after that Van Oeckelen passed away. After his death the tobacco machine was successfully exploited by Quintard, but Van Oeckelens heirs were never given any money. Van Oeckelen's wife returned destitute to The Netherlands; the android remained in New York.

The android clarinet player was bought by P.T. Barnum (1810-1891) to be put in his famous Barnum's American Museum in New York. It is unknown whether it was ever exhibited there, and if so how it survived the big fire on July 13, 1865. It is also not clear when the rich entrepreneur Frederick Stearns (1831-1907) bought it for his collection of musical instruments, and what condition the android was in at that time. In 1899 the Stearns-collection was housed at the Michigan University Museum in Ann Arbor. In 1996 the museum sold the android to John Gaughan, however without the original clarinet, which was last documented in



John Gaughan restaureerde het mechaniek van de androïde en bouwde een nieuwe klarinet naar voorbeeld van de tekening uit 1838. Gaughan verrichtte veel inspanningen om de originele klarinet te achterhalen, tot nu toe helaas zonder resultaat. Het muzikale mechanisme werkt nog niet: de androïde beweegt wel, maar maakt geen muziek. Nu de 'Androïde Klarinettist' door John Gaughan gered blijkt te zijn van de ondergang wordt het tijd dat wij onze Nederlandse uitvinder in ere herstellen. Hopelijk brengt nieuw onderzoek ons op het spoor van zijn andere uitvindingen.

De 'Androïde Klarinettist' bespeelde een klarinet die iets groter was dan normaal om het mechaniek binnenin te huisvesten. De 16 kleppen die de gaten afdichtten werden door de vier vingers van beide handen bediend waarbij de vingers zowel op en neer als heen en weer konden bewegen zodat elke vinger twee kleppen kon bedienen. De duimen zaten vast aan de klarinet: de rechter duim verborg de slang voor de luchttoevoer en de linker duim kon een mechaniek bedienen waardoor alle tonen een octaaf hoger konden klinken, wat het totale bereik op 32 tonen bracht. Vermoedelijk werkte de klarinet, net als de Hamaton uit 1830, met vrij trillende tongen. Het instrument had een bereik van bijna drie octaven (bes klein tot as'') omdat in de bas een aantal halve tonen ontbraken. De klank hield het midden tussen een klarinet en een hobo (Haastert, p.46). De androïde kon de volgende stukken spelen: een Rondo van Von Weber, de Fantaisie concertante uit Der Freischütz van Von Weber, een Andante varié van Beethoven en een Introduction met variaties van De Bériot.

Tijdens een concert zat Van Oeckelen op enige afstand van zijn 'Androïde Klarinettist' en begeleidde hem op een kleine piano nadat hij het mechaniek van de androïde had aangezet. Afzonderlijke balgen en cilinders verzorgden afwisselend de muzikale bewegingen van de vingers en van de rest van het lijf waardoor de androïde onder andere kon buigen voor publiek. In het hoofd bevond zich zelfs een apart balgje voor een klikgeluid waardoor hij zachtjes de maten leek mee te tellen als de pianist speelde.

the museum's exhibition pictures of 1975 (Rice, p.187). Of the clothing only the beret remained intact. John Gaughan restored the android's mechanism and built a new clarinet based on the drawing from 1838. Gaughan made an enormous effort to trace the whereabouts of the original clarinet, but to no avail. The musical mechanism is still not working: the android does move, but he does not produce any music. Now that Van Oeckelen's android clarinet player has been saved by John Gaughan it is high time we give credit where credit is due. Hopefully new and ongoing research will lead us to trace some of Van Oeckelen's other inventions.

The android clarinet player played on a clarinet that was slightly larger than a normal one so that the mechanism could fit inside. The sixteen valves that covered the holes were operated by four fingers of both hands, of which the fingers could move in different directions so that each finger could operate two valves. The thumbs were attached to the clarinet: the right thumb concealed the tube for the airflow and the left thumb could operate a mechanism which could convert to notes to sound an octave higher, which meant that the total range of the instrument consisted of 32 notes. The clarinet probably worked in a similar way to the Hamaton from 1830, with free reeds. The instrument had a range of three octaves (b-flat to a-flat) because the base part was missing a few notes. The sound it produced was sort of between that of a clarinet and an oboe (Haastert, p.46). The android could play the following pieces: a Rondo by Van Weber, the Fantaisie Concertante from Der Freischütz by Von Weber, an Andante Varié by Beethoven and an Introduction with variations by De Bériot.

During a concert Van Oeckelen would accompany his android clarinettist on a small piano after he had switched on the mechanism. Separate bellows and cylinders created a variety of musical movements that made the fingers and body move, which could for example make the android take a bow. Its head even contained a separate bellows that created a clicking sound, which made it seem as if he was counting along to the rhythm of the pianist.

2 | APPLAUS APPLAUSE

Marian van Dijk



— Violin player,
automaton with cylinder,
attributed to Alexandre
Nicolas Théroude, Paris
(France), approx. 1877.

Gaandeweg lukte het steeds beter om instrumenten te mechaniseren en expressieve muziek te ontlokken aan de machines. Steeds slimmere mechanieken maakten het mogelijk om expressief te spelen: harder en zachter, sneller en langzamer, het werd allemaal mogelijk gemaakt met blaasbalgen, tandwielen en cilinders.

Toen Van Oeckelen in 1829 zijn mechanische hobo introduceerde, werd deze machine een grote toekomst voorspeld. Er was immers een tekort aan hobo-spelers in de orkesten en deze machine was minstens zo goed! Helaas is die machine verloren gegaan, maar de androïde klarinetsspeler uit 1838 bestaat nog wel. Deze robot kon niet alleen prachtig spelen, hij zag eruit als een vriendelijke muzikant en boog aan het eind van het stuk zelfs voor het publiek!

Het werd mogelijk voor mensen om muziek in huis te halen

De eerste mechanische muziekinstrumenten maakten het mogelijk voor mensen om muziek in huis te halen. Toch maakten de machines de muzikanten niet brodeloos. Dat gebeurde wel eind 19^e eeuw toen eigenaren van danszalen grote dansorgels en orchestrions aanschafte om de dansorkesten te vervangen. Toen niet veel later de radio en de grammofoon hun intrede deden, voorspelden sommige mensen dat musici alleen nog nodig waren voor het maken van studio-opnames; de grote concertzalen konden wel sluiten. Die voorspelling kwam niet uit. De opgenomen muziek kostte in de jaren 50 van de vorige eeuw wel de mechanische muziekinstrumenten de kop,

Over time people have improved the craft of mechanizing instruments and making machines play expressive music. Smarter mechanisms created more opportunities for musical expression: louder and softer, faster and slower, it all became possible with the use of bellows, cogwheels and cylinders.

When Van Oeckelen introduced his mechanical oboe in 1829 the machine seemed to be destined for great things. There was a shortage of oboe players in orchestras, and this machine played so well it could maybe fill this gap! Unfortunately, this machine did not survive, but the android clarinet player from 1838 still exists. This robot could not only play beautifully, he also looked like a friendly musician and even took a bow at the end of his performance!

The first mechanical musical instruments made it possible for people to bring music into their homes. Yet these machines did not make real musicians redundant. This only started to happen at the end of the 19th century when the owners of dance halls started using large dance organs and orchestrions to replace real orchestras. When shortly after that the radio and gramophone were invented many people predicted musicians would soon just be needed for studio recordings; large concert halls could maybe even close their doors. This did not come true. Instead, during the 50s music records made mechanical musical instruments all but disappear, but not the musicians. Live performances remained popular as ever; new concert halls specifically dedicated to pop music were built. What does a live performance add to a good recording? How do musicians convey emotions to the audience? Could a robot achieve this as well?

maar niet de muzikanten. Live optredens bleven onverminderd populair; er kwamen zelfs speciale concertzalen bij voor popmuziek. Wat voegt een live-optreden toe aan een goede geluidsopname? Hoe brengen musici emoties over aan het publiek? Kan een robot dat ook?

Veel emoties zijn al door de componist in de muziek geschreven. In de 18^e eeuw ontstond de ‘Affectenleer’, een verzameling regels en trucs om emoties in muziek te vangen. Bijvoorbeeld een dalende, ‘slepende’ melodie om verdriet uit te drukken, dissonante samenklanken en plotse-linge stiltes om spanning te creëren.

Een muziekstuk is net een goed verhaal waarin je probeert op allerlei manieren emoties uit te drukken en de aandacht van het publiek vast te houden. Zeker in de 18^e eeuw toen luisteraars niet rustig op hun stoel bleven zitten, maar rondliepen, een gesprek voerden of luidruchtig genoten van een diner, moest je momenten inbouwen om je publiek bij de les te houden.

Er werd steeds naar nieuwe middelen gezocht om emoties over te brengen. Een belangrijk middel was het geleidelijk harder of zachter worden van een toon: crescendo en decrescendo werden belangrijke expressiemiddelen die in mechanische instrumenten onder andere werden toegepast door de luchttoevoer te manipuleren. De Hupfeld Phonoliszt Violina is daarvan een goed voorbeeld.

Many emotions have been written into the music by the composer. In the 18th century a theory of affects was created, a collection of rules and tricks to capture emotions in music. Such as a dropping, dragging melody to express sadness, and dissonant chords and sudden silences to create tension.

A piece of music is like a good story in which you try to express emotions and capture the attention of the audience. Especially in the 18th century, when the audience would not sit down but would walk around, have conversations or would be enjoying a dinner party at the same time, it was essential to create moments which would grasp the audience’s attention.

**Crescendo and
decrescendo
became important
means of expression**

There was a constant exploration of new means to convey emotions. An important method was the use of gradually making a note louder or softer: crescendo and decrescendo became important means of expression, that for mechanical instruments were mainly obtained by regulating and manipulating the airflow. The Hupfeld Phonoliszt Violina is a good example of that.



— Roll orchestrion
‘Hupfeld Phonoliszt
Violina’, Model A,
Ludwig Hupfeld, Leipzig
(Germany), 1914.

Hupfeld Phonoliszt Violina
Leonardo da Vinci maakte in de 15^e eeuw al schetsen van een ‘Viola Organista’, een klavier dat door een mechaniek violen bespeelde. Maar, zoals veel van zijn uitvindingen, bleef het bij een tekening. Pas vierhonderd jaar later werd de eerste automatische vioolspeler gemaakt, en dat terwijl er al eeuwenlang mechanische instrumenten gebouwd werden. Waarom duurde dat zo lang en wie kreeg het uiteindelijk voor elkaar?

Het bouwen van een automatische vioolspeler bleek een veel grotere uitdaging dan bijvoorbeeld het bouwen van een zelfspelende piano. Een violist gebruikt een rechte stok met (paarden)haar om over de snaren te strijken. Hiervoor is kracht nodig, maar te veel kracht zorgt voor een krassend geluid. Een violist speelt daarom met een losse pols en moet

Hupfeld Phonoliszt Violina
During the 15th century Leonardo da Vinci already made sketches of a ‘Viola Organista’, a keyboard that could operate violins through a mechanism. But, as was the case with many of his inventions, it remained just a sketch. It wasn’t until four hundred years later that the first automatic violin player was created, despite mechanical instruments having been around for a long time at that point. Why did this take so long and who accomplished it in the end?
Constructing an automatic violinist turned out to be a bigger challenge than for example a self-playing piano. A violinist uses a straight bow with (horse)hair to move across the strings. This needs pressure, but too much pressure creates a screeching sound. Therefore, a violinist plays with loose wrists in order to feel how much tension is needed. In addition, the bow takes on different positions according to the use of the different strings. Playing different notes is also complicated, as the violinist creates the notes by placing the fingers on the right spot. And then there is the added complication of musical embellishments. A piano uses pedals to create dynamics and different sounds, but a violinist has no such tools at their disposal. In short, a difficult task!

For this reason, building an automatic violin player became the ultimate goal of many automaton builders. Ludwig Hupfeld also dreamed of being the first to develop such a machine, which would undoubtedly lead to great fame all around Europe. Around 1905 he saw a performance by the Hungarian Bajde brothers in Leipzig. They had managed to create a machine with three violins and a rotating bow that almost sounded like a real violinist was playing! Hupfeld bought the rights and combined the prototype with his self-playing piano: the Phonoliszt. He called the new instrument the Phonoliszt Violina.

The Phonoliszt Violina uses three violins. They hang upside down, surrounded by a circular bow with 1350 (!) horsehairs. One string of each violin can be played. The bow makes a rotational movement and if the string needs

goed aanvoelen hoeveel kracht er nodig is. Bovendien verschilt de positie van de strijkstok vaak om de verschillende snaren te raken. Ook het spelen van verschillende tonen is ingewikkeld. Er is niet voor elke toon 1 toets, de violist maakt de tonen zelf door vingers op de juiste plek te plaatsen. En dan zijn er nog muzikale effecten. Bij een piano zorgen de pedalen voor dynamiek en de klankkleur, maar een violist moet het allemaal zelf doen. Kortom, geen makkelijke opgave!

Juist daarom was het bouwen van een automatische viool-speler het ultieme doel van verschillende automatenbouwers. Ook Ludwig Hupfeld droomde van zo'n apparaat, het zou immers goede publiciteit opleveren als hij de eerste in Europa zou zijn. In Leipzig zag hij rond 1905 een demonstratie van de Hongaarse Bajde broers. Zij hadden het voor elkaar gekregen om van drie violen en een ronddraaiende vioolstok een apparaat te maken dat zowaar klonk als een door echte violist bespeelde viool! Hupfeld kocht de rechten van de broers en combineerde het prototype met zijn zelfspelende piano: de Phonoliszt. Het nieuwe instrument noemde hij de Phonoliszt Violina.

De Phonoliszt Violina maakt gebruik van drie violen. Deze hangen ondersteboven, met daaromheen een ronde strijkstok met 1350 (!) paardenharen. Van elke viool is één snaar bespeelbaar, die dan ook een beetje naar voren staat. De stok draait rond en als de snaar bespeeld moet worden wordt de viool tegen de strijkstok aangeduwd. Mechanische vingers drukken de snaar aan, waardoor de verschillende tonen gemaakt worden. Hoe harder de viool moet spelen, hoe harder hij tegen de strijkstok wordt aangeduwd, maar ook de snelheid van de strijkstok beïnvloedt het volume. Zo wordt de dynamiek geregeld, net zoals een echte violist dat doet. Het maken van vibrato gebeurt wel op een andere manier. Waar een violist zijn pols beweegt om vibrato te maken, wordt bij de Violina de snaar aan het trillen gebracht. De Violina werkt door een pneumatisch systeem. De bewegingen en tonen worden door middel van luchtaandrijving gemaakt.



— Hupfeld Phonoliszt Violina roll orchestrion, Model A, Ludwig Hupfeld, Leipzig (Germany), 1914.

to be played the corresponding violin is pressed against the bow. Mechanical fingers press against the string, which creates different notes. The louder the violin is supposed to play, the firmer the violin is pressed against the bow, but the speed of the bow also influences the volume. Through this the dynamics can be controlled, just like a real violinist does. Vibrato is created in a different way. Rather than using the violinist's wrist to create vibrato, the Violina creates vibration in the strings. The Violina uses a pneumatic system. The movements and notes are created by air pressure.



— Violano Virtuoso, roll orchestrion, Mills Novelty Company, Chicago (USA), approx. 1906.

De muziekstukken van deze Violina staan geprogrammeerd op een papieren rol. In de rol zijn gaatjes geslagen, waardoor lucht gaat als er een noot gespeeld moet worden. De rol moet met de hand ontworpen worden, dus een maker moet goed weten hoe het moet gaan klinken. Hier is veel muzikaliteit en precisie voor nodig, 1 millimeter verschil is hoorbaar.

De Violina is niet de enige zelfspelende viool. Ongeveer tegelijkertijd werd in Amerika de Violano Virtuoso gebouwd door Mills Novelty Company. Dit apparaat, ook te zien in de tentoonstelling, bespeelt een viool met behulp van ronddraaiende wieltes in plaats van een strijkstok. Ook een ingenieuze oplossing, maar de klank van de Violano is een stuk minder vloeiend dan die van de Violina. Ook al zal de Violina het nooit winnen van de echte violist, er is geen apparaat dat dichter in de buurt komt!

The music pieces for the Violina are programmed on a paper roll. Holes are punched into the roll, so that air can pass through them when a note needs to be played. The roll must be designed by hand, so the maker needs to know exactly how it should sound. This requires a lot of musicality and precision, a difference as little as one millimeter is already audible.

The Violina is not the only self-playing violin. Around the same time the Violano Virtuoso was built by the Mills Novelty Company in America. This device, also on display in the exhibition, plays on a violin by using rotating wheels instead of a bow. Another ingenious solution, but the sound of this Violano is not as smooth as that of the Violina. Even though the Violina could never beat a real violinist, there is not a single machine that could come closer to it!



___ (left) Orchestrion with pneumatic keyboard, xylophone and mandolin-effect, Weber Grandezza, Weber brothers, Waldkirch (Germany), approx. 1920.

___ (right) Detail pianola 'Grandiola', Stems Dresden (Germany) / Direct Pneumatic Action Company London (UK), approx. 1925.

Met het groeiend aantal amateurs dat muziek ging maken, werden er ook lesboeken geschreven die niet alleen de werking van een instrument toelichtten maar ook uitlegden hoe je versieringen kon toevoegen en vol expressie kon spelen. Het showelement werd daarbij niet geschuwd. Carl Philipp Emanuel Bach beschrijft hoe een klavierspeler het stuk zò goed moet beheersen dat hij tijdens het spelen af en toe naar zijn publiek kan glimlachen (Bach, 1762).

De componist kan dus emoties als het ware in noten vertalen en de uitvoerder kan daar nog zijn eigen interpretatie aan toevoegen. Bij de uitvoering door een muzikant kan onderscheid gemaakt worden tussen emotioneel spel en expressief spel. Voor een klassieke muzikant is het lastig als hij zich op het podium laat meevoeren door zijn emoties; hij kan de controle over zijn

When the number of amateur musicians increased, new educational materials were developed that did not just focus on the workings of the instrument but also on adding musical embellishments and expression. The element of showmanship came into this as well. Carl Philipp Emanuel Bach describes how a keyboard player should know the piece he is playing by heart so that he can smile at the audience every now and then (Bach, 1762).

So, the composer can translate emotions into notes and the performing artist can add his own interpretation. A musician's performance can be categorized as either an emotional or an expressive rendition. For a classical musician it is difficult to let emotions get to them on stage; it could make them lose their

bewegingen verliezen en sneller fouten maken. Voor een popmuzikant ligt dat wellicht anders maar ook een popmuzikant heeft veel emotionele effecten vooraf bedacht en in de praktijk getest. Uit onderzoek blijkt dat het publiek de voorkeur geeft aan expressief spel, waarbij de muzikant een bewust verhaal vertelt en 'speelt' met de emoties van het publiek.*

Ook een mechanische muzikant kan expressief spelen. Veel muzikale expressiemiddelen, zoals tempoverschillen en dynamiek, konden al door mechanische muziekinstrumenten worden gerealiseerd; de digitale middelen hebben vervolgens een verregaande verfijning en controle over die expressiemiddelen mogelijk gemaakt. Kun je het verschil nog horen tussen een muzikant en een machine als ze hetzelfde stuk spelen en niet zichtbaar zijn? Zouden alleen vergissingen en onverwachte wendingen een uitvoering menselijk maken? Zou de robot zichzelf verraden door zijn perfectie en voorspelbaarheid?

Alan Turing bedacht in 1950 een wereldberoemde test om de vraag te beantwoorden of een machine menselijke intelligentie kan vertonen. Kunnen we onderscheiden of iets is gemaakt door een mens of door een machine? Het is nog steeds een confronterende test. Slechts weinig mensen kunnen het waarderen als een computer de grote componisten van onze Westerse cultuur imiteert. Het is hetzelfde ongemak dat ons bekruipt als een schilder een 'nieuwe' Vermeer of Picasso maakt en daarmee zelfs experts op het verkeerde been zet. Het imitatie-muziekstuk of -schilderij roept de vraag op hoe wij zelf kunst ervaren en waarderen. Wanneer ervaren wij iets als 'echt' of 'nep', als 'kunst' of als 'kitsch'? Zelflerende robots houden ons een spiegel voor: hoe waarderen wij robotmuziek? Kunnen robots ons ontroeren?

focus and lead to more mistakes. This is perhaps slightly different for pop-musicians, although even they have often tried and tested various emotional effects. Research shows that audiences tend to prefer expressive playing, when the musician really tells a story and plays on the audience's emotions.*

A mechanical musician can also play expressively. Many ways of adding musical expression, such as changes in tempo and dynamics, could already be applied by the early mechanical musical instruments; digital systems have added more refinement and control. Could you still hear the difference between a musician and a machine if they play the same piece without being visible? Would mistakes and unexpected twists be the only elements to distinguish the human performance? Could the robot reveal its identity by its perfection and predictability?

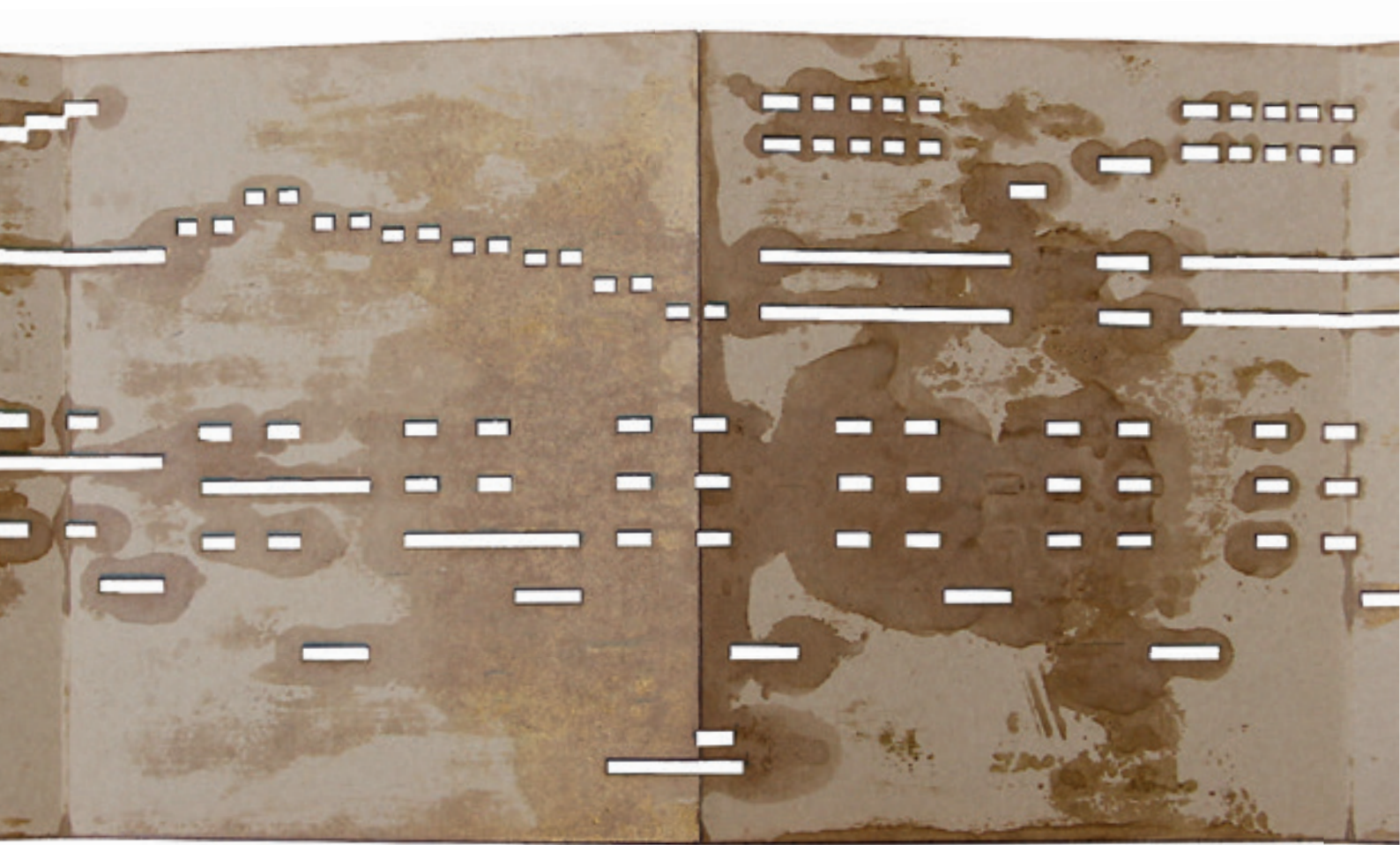
In 1950 Alan Turing came up with a famous test to answer the question whether a machine can master human intelligence. Could we distinguish between something made by a human or a machine? This test is still confronting today. Few people can appreciate a robot imitating the famous composers of Western history. We get the same uneasy feeling when a painter creates a 'new' Vermeer or Picasso which can even mislead the experts. The imitated music piece or painting raises the question of how we value and experience art. When do we experience something as 'real' or 'fake', as 'art' or 'kitsch'? Self-learning robots hold up a mirror to society: how do we value robotic music? Can robots truly move us?

* Zie ook hoofdstuk 5, p. 60

* See also chapter 5, p. 60

3 PROGRAMMEREN PROGRAMMING

Marian van Dijk



De bewegingen van vroege mechanische instrumenten worden meestal aangestuurd door een cilinder met pinnen: het ‘programma’ van de bewegingen is als het ware vastgelegd in de plaatsing van de pinnen en de lengte van de bruggen op de cilinder.

Het maken van de cilinders was een gespecialiseerde, tijdrovende klus. Dat veranderde eind 19^e eeuw toen nieuwe systemen met papieren rollen en kartonnen boeken werden uitgevonden. Deze programmadragers konden in grote oplagen snel en goedkoop worden geproduceerd waardoor de populaire muziek van die tijd voor velen beschikbaar werd. In feite zijn al deze systemen de voorlopers van de digitale programma’s: zo’n gat in het papier zet een beweging ‘aan’ of ‘uit’, vergelijkbaar met de ‘0’ en de ‘1’ van computerprogramma’s. Het is dan ook een kleine stap om de orgelboeken en pianolarollen te vervangen door een MIDI-file. De komst van de elektriciteit zorgde er al voor dat de aandrijving van de mechanische muziekinstrumenten een stuk eenvoudiger werd en dat bewegingen eindeloos kunnen duren. De komst van de computer maakt het mogelijk dat ook het programma vervangen kan worden. Door bijvoorbeeld een MIDI-systeem in te bouwen in een draaiorgel kunnen de orgelboeken worden vervangen door een computerprogramma.*

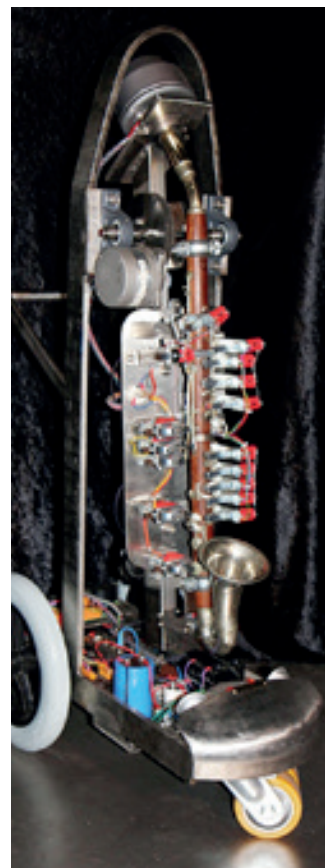
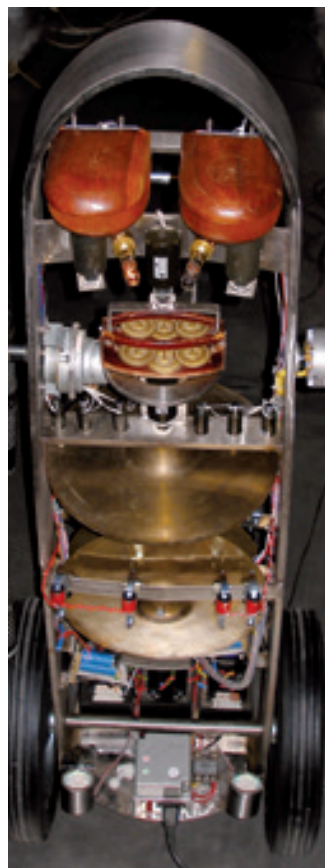
Godfried-Willem Raes gaat een stap verder en gebruikt elektronische middelen, zoals elektromagneten, en MIDI om de technische speel mogelijkheden van de akoestische muziekinstrumenten te vergroten. Sinds de jaren negentig van de vorige eeuw bouwt hij robots die tempi en dynamieken kunnen combineren die voor muzikanten onmogelijk zijn.

* Zie ook hoofdstuk 6, p. 76
* See also chapter 6, p. 76

The movements of the early mechanical instruments are mostly generated by a cylinder with pins: the ‘program’ of the movements is determined by the placement of the pins and the length of the bridges on the cylinder.

Making a cylinder used to be a highly specialized and time-consuming craft. This changed during the late 19th century, with the invention of new systems that could use paper rolls and cardboard books. The production of these program carriers was fast and cheap, which meant that the popular music of that time became accessible to many. In a sense all these systems are precursors of digital programming: a hole in the paper can switch a movement ‘on’ or ‘off’, just like the ‘0’ and ‘1’ in computer programming. It is therefore fairly easy to replace organ books and pianola paper rolls by a MIDI-file. The invention of electricity facilitated the creation of mechanical musical instruments which could continue to move endlessly. With the arrival of the computer it has also become possible to replace the program. Organ books music can for example quite easily be replaced by a computer program by using a MIDI-system.*

Godfried-Willem Raes takes this concept even further, and uses electronic devices, such as electromagnets, and MIDI to expand the possibilities of acoustic musical instruments. Since the 90s he has been building robots that can combine tempi and dynamics that would be impossible for real musicians.



___(left) Automatic aeolian cello 'Aeio', Godfried-Willem Raes, Ghent (Belgium), 2017. On loan from Stichting Logos.

___(middle) Cymbal playing robot 'Simba', Godfried-Willem Raes, Ghent (Belgium), 2007.

___(right) Automatic alt-clarinete 'Klar', Godfried-Willem Raes, Ghent (Belgium), 2012. On loan from Stichting Logos, Ghent.

Godfried Willem Raes en zijn Robotorkest

De bouw van zelfspelende instrumenten neemt vanaf de jaren 30 flink af door de komst van de grammofoon en de economische crisis. Vanaf de jaren 50 lijkt er een gat te vallen in de geschiedenis van robotmuzikanten. Pas vanaf de jaren 90 worden er weer volop muziekrobots gemaakt, vaak aangevuld met kunstmatige intelligentie. Toch heeft de ontwikkeling van zelfspelende instrumenten ook daarvoor niet stilgestaan. Zo zijn er in de tentoonstelling Robots love Music verschillende robots te zien die gemaakt zijn door uitvinder Godfried-Willem Raes.

Godfried Willem Raes and his Robot Orchestra

In the 1930s, partly due to the invention of the gramophone and the economic crisis, building self-playing instruments became less popular. From the 50s to the 90s there seems to be a gap in the history of robotic musicians. It is only from the 90s onward that musical robots regain their popularity, often with the added element of artificial intelligence. However, the development of self-playing instruments did not completely disappear during this time. In the exhibition Robots love Music several of Godfried-Willem Raes' robots will be on display.

In 1968 richt een groep studenten van het Gents Conservatorium de werkgroep Logos op. Ze vinden dat ze op het conservatorium niet genoeg vrijheid krijgen en willen zich meer bezighouden met experimentele muziek. Een van hen is Godfried-Willem Raes. De naam Logos is ontleend aan een muziekstuk dat Raes in 1968 schreef: Logos 3/5. In dit stuk speelden menselijke muzikanten samen met elektronische instrumenten. In 1977 wordt Logos een stichting, met als missie: het bevorderen van muzikale creativiteit.

Raes houdt zich voornamelijk bezig met het bouwen van instrumenten, synthesizers en muziekrobots. Aanvankelijk maakt hij elektronische instrumenten die vaak ook een elektronisch geluid voortbrengen. Vanaf de jaren 80 werkt hij steeds meer met akoestische instrumenten. Door middel van elektronica en computers weet hij de meest uiteenlopende instrumenten automatisch bespeelbaar te maken. Hij hecht veel waarde aan duurzaamheid. De materialen die hij gebruikt gaan lang mee en hij koopt veel van zijn onderdelen op rommelmarkten. Ondertussen heeft hij meer dan 120 verschillende robotinstrumenten in zijn werkplaats in Gent staan. Rond 2000 richt hij een orkest op van meer dan zestig van deze instrumenten. Met dit Logos Robotorkest treedt hij regelmatig op.

Waar automatenbouwers hun robots vaak zo menselijk mogelijk wilden maken, wil Raes dat zijn robots de mens overstijgen. Hij laat ze dan ook geen bestaande muziek spelen, maar muziek maken die voor een mens te ingewikkeld is. De technische mogelijkheden van robots zijn groter dan van mensen en daar maakt Raes graag gebruik van. Wel laat hij robots en mensen graag samenwerken. Zo reageren veel van zijn robots op beweging, waardoor ieder mens ze kan laten musiceren. In plaats van de menselijke muzikant te vervangen, kunnen robots en mensen juist samen muziek maken. Is dat dan de toekomst?

In 1968 a group of students from the conservatory of Ghent founded the workgroup Logos. They felt their education was not providing them with enough freedom to experiment. One of them was Godfried-Willem Raes. The name Logos was derived from a music piece Raes had written in 1968: Logos 3/5. In this piece human musicians and electronic instruments were playing together. In 1977 Logos became a foundation with a mission to support and stimulate the development of musical creativity.

Raes mostly focuses on making instruments, synthesizers and musical robots. Initially he made electronic instruments that also produced electronic sounds. Since the 80s he has increasingly worked with acoustic instruments. With the use of electronics and computers he has made a wide variety of automatic playing instruments. He values sustainability. The materials he uses will last a long time and many of the individual parts he obtains at flea markets. His workshop in Ghent houses about 120 different robotic instruments. Around the year 2000 he formed an orchestra of more than sixty of these instruments. The Logos Robot Orchestra performs regularly.

Whereas automaton makers often tried to make their objects as human as possible, Raes wants his robots to surpass humans. He does not let them play existing music, but instead lets them play music that is too complicated to be performed by a human being. The technical abilities of these robots are beyond those of humans, which Raes is interested in exploring. He does like to work on collaborations between robots and humans. For example, many of his robots respond to movement, so that any human being can have them make music. Instead of replacing the human musician, robots and men can make music together. Will this be the future?

Klanksynthese

De elektronica en de digitalisering openen ook een andere deur: het creëren van nieuwe, nog nooit gehoorde klanken. Opvallend genoeg benut slechts een klein deel van de componisten en muzikanten deze mogelijkheid om geheel nieuwe klanken te maken en los te komen van de traditionele muziekinstrumenten. Godfried Willen Raes keerde zelfs terug naar akoestische klanken vanwege de volgens hem 'eendimensionale klankarmoede' van de synthetische klanken.

Het ontbreken van een subtiele 'user interface' zou echter wel eens een grotere oorzaak kunnen zijn dat het experimenteren met synthetische klanken niet populair was. De vroege elektronische muziekinstrumenten als Theremin en Ondes Martenot maakten gebruik van een heel eenvoudige elektronische klankopwekking maar compenseerden de statische klank door een zeer genuanceerde bespeling. Bij de Theremin kunnen bijvoorbeeld toonhoogte en volume onafhankelijk met twee handen worden bespeeld waardoor expressief kan worden gemusiceerd. De commerciële synthesizers die sinds de jaren 70 en 80 in de popmuziek worden gebruikt, zijn voorzien van een klavier met als simpele 'speelhulpen' een pitch bend wheel, modulation wheel en soms nog een voetzwelpedaal. Dergelijke instrumenten zijn praktisch maar bieden weinig mogelijkheden voor nieuwe klanken.

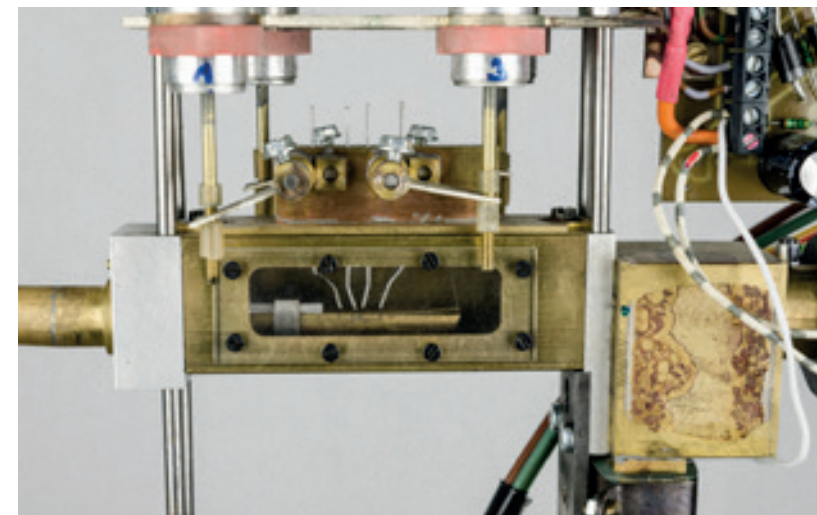
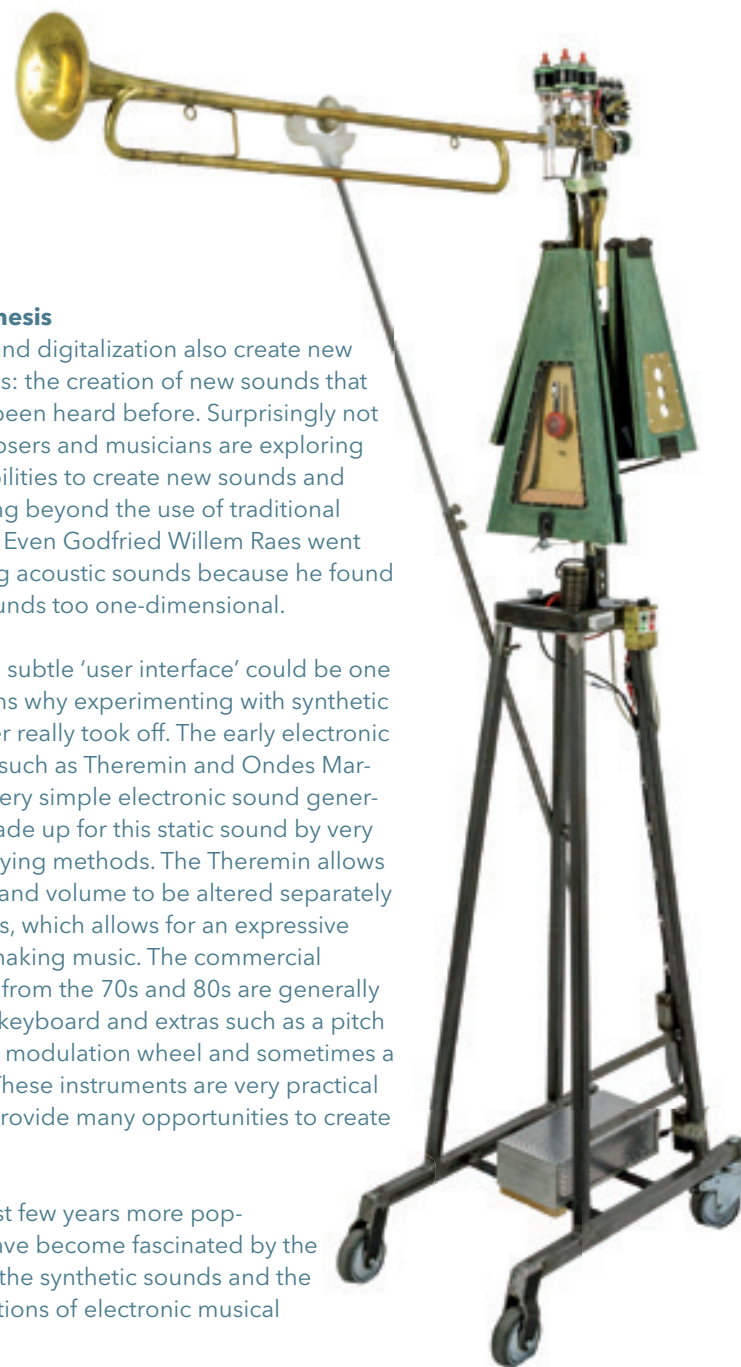
De laatste jaren raken steeds meer popmuzikanten gefascineerd door de mogelijkheden van de synthetische klanken en de (vroege) uitvindingen van elektronische muziekinstrumenten. Zo gebruikt de Utrechtse muzikant Colin Benders analoge synthesizers voor een geheel eigen geluid. Door deze synthesizers met elkaar te

Sound synthesis

Electronics and digitalization also create new opportunities: the creation of new sounds that have never been heard before. Surprisingly not many composers and musicians are exploring these possibilities to create new sounds and thereby going beyond the use of traditional instruments. Even Godfried Willem Raes went back to using acoustic sounds because he found synthetic sounds too one-dimensional.

The lack of a subtle 'user interface' could be one of the reasons why experimenting with synthetic sounds never really took off. The early electronic instruments such as Theremin and Ondes Martenot used very simple electronic sound generators, but made up for this static sound by very nuanced playing methods. The Theremin allows for the tone and volume to be altered separately by two hands, which allows for an expressive method of making music. The commercial synthesizers from the 70s and 80s are generally fitted with a keyboard and extras such as a pitch bend wheel, modulation wheel and sometimes a foot pedal. These instruments are very practical but do not provide many opportunities to create new sounds.

Over the past few years more pop-musicians have become fascinated by the possibilities the synthetic sounds and the (early) inventions of electronic musical

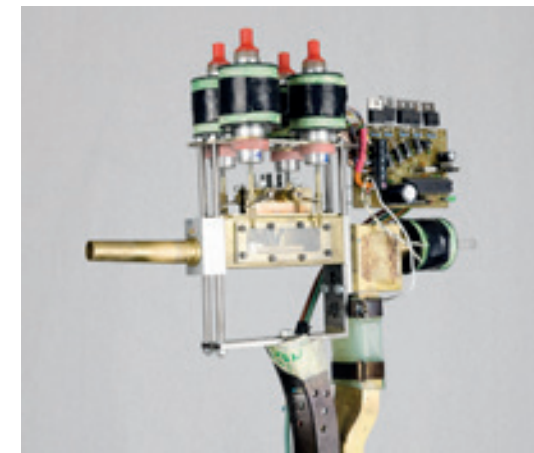


—Mechanischer
Feldtrompeter von
Mälzel aus 1808 – Remake,
Jokob Scheid, Vienna
(Austria), 2014-2015.
On loan from the Institut
für Musikwissenschaft
der Universität Wien.

verbinden ontstaat een gesloten circuit waarbij de output van het ene instrument fungeert als input voor het volgende, met een voortdurend veranderende klank als gevolg. Met dit op feedback gebaseerde synthesesmodel en de latere 'physical modeling synthesis' kunnen kwalitatief rijke klanken worden gevormd die niet hoeven onder te doen voor de complexiteit van het geluid van akoestische muziekinstrumenten.

Artificial Intelligence

De elektriciteit heeft weliswaar de aandrijving van de mechanische muziekinstrumenten efficiënter gemaakt en de digitalisering heeft het programmeringsproces vereenvoudigd maar in feite is de muziekmakende robot nog niet veel dichterbij de echte muzikant gekomen. Hij speelt nog steeds wat de mens hem vertelt dat hij moet spelen. Of biedt de 21^e eeuw met de zelflerende robot nieuwe kansen? Kan een robot ook componeren? Kan hij bijvoorbeeld een nieuwe Bach of Beatles componeren? Of iets wat we ons nog niet kunnen voorstellen? Tot voor kort kon een computer alleen nuttig zijn



instruments have to offer. For example, the Utrecht musician Colin Benders uses analogue synthesizers to create his very own sound. By connecting these synthesizers, a closed circuit is created, where the output of the one instrument becomes the input of the next one, which creates a continuously changing sound. This feedback-based system and the later 'physical modelling synthesis' create sounds which are high in quality and can easily be compared to the complexity of the sounds created by acoustic instruments.

Artificial Intelligence

Although electricity has facilitated the development of the mechanisms of mechanical musical instruments, just like digitalization did with the programming process, it has not brought the musical robot any closer to resembling a real musician. It still plays what the human being decides it should play. Or does the 21st century self-learning robot offer new opportunities in this regard? Could a robot also compose music? Could it create a new Bach or Beatles? Or maybe even something beyond our imagination? Until recently a computer could only be useful

als hij door een mens was geprogrammeerd. Daarvoor moest de mens een computer een recept (een algoritme) en de bijbehorende ingrediënten (data) geven om te zorgen dat de machine tot een vooraf bepaald resultaat kon komen. Maar inmiddels kunnen we het proces ook omdraaien: de computer kan maaltijden analyseren, daarin patronen herkennen en daar uiteindelijk het recept van afleiden. Het zelflerende algoritme is geboren. Daarmee kan een computer razendsnel duizenden partijen schaak analyseren om uiteindelijk de spelregels te destilleren en zichzelf te leren schaken, beter dan een grootmeester. Hij kan alle composities van Bach analyseren en een muziekstuk verzinnen dat met de ganzenveer van Bach geschreven lijkt te zijn.

Zo'n zelflerend componeer-algoritme hoeft natuurlijk niet gebruikt te worden om de stijl van een bestaande componist te imiteren. Hij kan ook gevoed worden met een grote diversiteit aan ingrediënten waar hij zelf uit kiest. Als hij die keuze real time omzet in een uitvoering ontstaat een improviserende machine, een robotmuzikant, zoals Shimon van Gil Weinberg en Guy Hoffman. Weinberg maakt onderscheid tussen 'musical robots' die uitvoeren wat een mens hen opdraagt en 'robotic musicians' die een interactie aangaan met anderen. Om de interactie tussen mens en machine te vergemakkelijken voorzag Guy Hoffman de robotmuzikant Shimon van menselijke trekjes, gebaseerd op de ervaring die hij had opgedaan tijdens zijn werk voor Pixar. Daardoor krijgt Shimon, die bestaat uit een camera gemonteerd op een robotarm, een haast aandoenlijk menselijk karakter. Hij imiteert de bewegingen van de muzikant waarmee hij samenspeelt: hij beweegt zijn hoofd in het ritme van de muziek, buigt zich naar zijn instrument en maakt even 'oogcontact' voordat hij begint te spelen.

if it was programmed by a human being. In order to achieve this the human being had to feed the computer a recipe (an algorithm) and the ingredients (data) to ensure the machine could achieve a predetermined result. But now we have developed a way to reverse this process: the computer can analyze, recognize patterns and eventually retrace the recipe. The self-learning algorithm exists. This allows a computer to rapidly learn the rules of chess by analyzing thousands of chess games, often performing better than most chess masters. It can analyze all Bach's compositions and come up with a composition that appears to have been written by Bach himself.

Such an algorithm does not necessarily have to be used to imitate the style of an existing composer. The computer can also be fed multiple ingredients out of which it can pick and choose. When it converts these choices into a performance an improvising machine is created, a robotic musician, such as Shimon by Gil Weinberg and Guy Hoffman. Weinberg differentiates between 'musical robots' that execute what a human being has told them to do and 'robotic musicians' which interact with other beings. To facilitate the interaction between humans and machines the robotic musician Shimon was given human traits, based on the experience its creator Guy Hoffman had gained working for Pixar. This gives Shimon, who consists of a camera fixed onto a robotic arm, an endearing human character. He imitates the movements of whoever he plays with: he moves his head according to the rhythm of the music, and makes eye contact shortly before he starts playing.

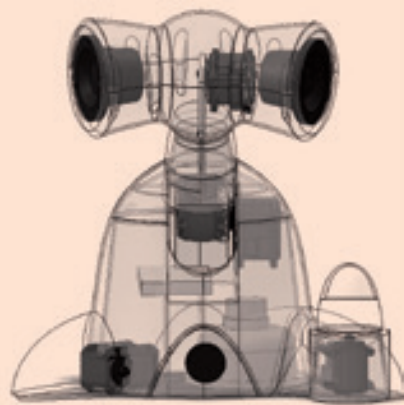


Gil Weinberg

Gil Weinberg is uitvinder van robotmuzikanten en draagbare robots die gebruikt worden om de menselijke vaardigheden te verbreden. Hij is als professor en directeur verbonden aan het door hem opgerichte Georgia Tech Center for Music Technology, waar hij modellen voor kunstmatige expressie en creativiteit ontwikkelt. Weinbergs robots zijn zo ontworpen dat ze muziek creëren die hun menselijke tegenhangers kan verrassen en inspireren. In zijn werk onderzoekt hij hoe robotmuzikanten en muzikale cyborgs kunstmatige intelligentie kunnen gebruiken om de menselijke beleving te verbeteren. Variërend van een robot marimbaspelende robot die luistert als een mens maar speelt als een machine tot een drummer die robotische armprothesen gebruikt om bijna bovenmenselijk te kunnen drummen; in alles streeft Weinberg naar het verleggen van de grenzen van creativiteit en expressie. Zijn uitvindingen

Gil Weinberg

Gil Weinberg is an inventor of robotic musicians and wearable robots for human augmentation. He is a professor and the Founding Director of the Georgia Tech Center for Music Technology, where he develops models for artificial expression and creativity. Weinberg's robots are designed to generate music that would surprise and inspire their human counterparts. His work explores how robotic musicians and musical cyborgs can utilize Artificial Intelligence to enhance and expand the human experience. From a robotic marimba player who can listen like a human but play like a machine, to an amputee drummer who uses robotic prosthetic arms to play like no human can, Weinberg's work aims at pushing human creativity and expression to uncharted domains. His human augmentation inventions include a prosthetic drumming arm that has a "mind of its own" and can play faster than any human, and the Skywalker Hand, which uses ultrasound and deep learning to allow amputees to play piano. Some of his inventions such as The Third Arm have brought humanly impossible abilities to able-bodied people, demonstrating how technology that was originally developed for people in need can emerge from the lab to empower us all. With Shimon, an improvising robotic marimba player, Shimi, a musically sensitive dancing speaker bot, and Haile, a robotic pow wow drummer he has traveled and performed worldwide.



bestaan onder andere uit een drummende armprothese die 'een eigen wil heeft' en sneller kan spelen dan welke mens dan ook, en de Skywalker Hand, die ultrasoon geluid en deep learning gebruikt om mensen met behulp van een prothese te laten pianospelen. Enkele van zijn uitvindingen zijn ook geschikt voor mensen zonder prothese, wat bewijst dat technologie die oorspronkelijk ontwikkeld werd ter ondersteuning van mensen met een fysieke beperking ook breder ingezet kan worden. Zijn robots Shimon, een improviserende marimbaspeler, Shimi, een dansende speaker, en Haile, een Pow Wow drummer, reizen samen met hem de wereld over, en worden overal gedemonstreerd.

Zijn werk werd onder andere getoond bij de Verenigde Naties, het Kennedy Center, World Economic Forum, Aspen Ideas Festival, Ars Electronica, Smithsonian Cooper-Hewitt Museum, SIGGRAPH, TED, DLD, en op vele andere plekken. Zijn muziek werd opgevoerd in samenwerking met orkesten zoals het Deutsches Symphonie-Orchester Berlijn, het National Irish Symphony Orchestra, en de Scottish BBC Symphony, en hij publiceerde zijn onderzoek in vele wetenschappelijke artikelen en patenten.

Op dit moment werkt hij aan een muzikale voorstelling over kunstmatige intelligentie, met muziek gecomponeerd door kunstmatige intelligentie (maar ook robots, cyborgs, en mensen).



His work has been presented in venues such as The United Nations, The Kennedy Center, The World Economic Forum, Aspen Ideas Festival, Ars Electronica, Smithsonian Cooper-Hewitt Museum, SIGGRAPH, TED, DLD and others. His music was performed with orchestras such as Deutsches Symphonie-Orchester Berlin, the National Irish Symphony Orchestra, and the Scottish BBC Symphony while his research has been disseminated through numerous journal articles and patents.

He is currently working on a new musical show about AI featuring music created by AI (and robots, cyborgs, and humans too).

— Travis Speakerdock 'Shimi', Guy Hoffman, Atlanta (Georgia, USA), 2011-2012. On loan from Georgia Tech Research Corporation.



— Humanoid robot Nao in red and blue, Aldebaran Robotics, Paris (France), 2014.



Nu er zelflerende robots zijn die reageren op de bewegingen en gezichtsuitdrukkingen van mensen, is de vraag of de robot misschien beter speelt dan een mens minder interessant. Het gaat nu om de vraag hoe mens en machine elkaar kunnen begrijpen. Het gaat om de vraag of we elkaar kunnen verrassen met een spannend muzikaal verhaal vol onverwachte wendingen, of we elkaar zodanig kunnen inspireren dat er geheel nieuwe muziek ontstaat. Daarom is de uitvinding van robotmuzikant Shimon zo spannend. Op het moment dat wij hem muzikaal uitdagen en hij zichzelf programmeert, welke muziek ontstaat er dan? En hoe waarderen wij dat?



Now that there are self-learning robots which respond to human movements and facial expressions, the question of whether the robot performs better than a human being has perhaps become less relevant. Rather, it is a matter of how human beings and machines can understand each other. It is about whether we can surprise each other with an exciting musical story with unexpected twists, if we can inspire each other to such a degree that a completely new music is created. This is what makes the invention of robotic musician Shimon so exciting. If we musically challenge him and he starts to program himself, what sort of music will he create? And how do we value this music?

4 DE RADEREN DRAAIEN – DE MUZIEK KOMT TOT LEVEN

THE WHEELS ARE TURNING – THE MUSIC COMES TO LIFE

Dr. Marieke Lefeber

—Musical clock with
bell-playing movement
'Jacquemarts Clock',
maker unknown, Southern
Netherlands, approx. 1550.



Al eeuwenlang bestaat er een fascinatie om levenloze dingen vanzelf te laten bewegen. Talloze creaties werden gemaakt die menselijke taken konden overnemen, zowel voor praktische doeleinden als ter vermaak. Ook muziek werd al heel vroeg gemechaniseerd. Dit artikel geeft een zeer globaal overzicht van de zoektocht naar automatische beweging en gaat daarbij specifiek in op de mechanische muziekinstrumenten die daardoor konden worden vervaardigd. Bovendien wordt ingegaan op filosofische bespiegelingen die gepaard gingen met automatische bewegingen.

In de 9^e eeuw verscheen in Bagdad het boek 'Kitāb al-Ḥiyāl', in het Engels meestal aangeduid als Book of Ingenious Devices.¹ Dit boek was geschreven door de drie gebroeders Banoe Moesa, een astronoom, een wiskundige en een werktuigkundige. Het bevatte zo'n honderd door hen bedachte machines, waarvan een groot deel vanzelf bewoog, zonder menselijke interventie. De meeste van deze apparaten werden aangedreven door water.

In dit boek staat het vroegst bekende automatisch spelende muziekinstrument, een fluitspeler. Het instrument bestaat niet meer, maar door de gedetailleerde beschrijving is vrij goed na te gaan hoe hij werkte.² Zijn beweging kwam op gang via een aandrijf wiel dat via een as was bevestigd aan een cilinder met bruggen, een soort nokken. De bruggen zorgden ervoor dat mechanische 'vingers' de gaten van een fluit openden of sloten. Tegelijkertijd werd er lucht door de fluit geblazen, maar het is nu niet meer helemaal duidelijk hoe dat precies ging. De Banoe Moesa broers leefden in het Islamitische gouden tijdperk, waarin onder andere de

1 Banū Mūsā bin Shākir (950/1979).
2 Froggat (2016).

For centuries people have been fascinated by the idea of making inanimate objects move independently. Numerous devices which could replace human skills were developed, both for practical and entertainment purposes. Music was mechanized early on as well. This article will give a broad overview of the history of the search for automated movement and will specifically focus on mechanical musical instruments that were the result of this search. In addition, the article will highlight certain philosophical contemplations that developed alongside these automated movements.

In the 9th century the book 'Kitāb al-Ḥiyāl'- the Book of Ingenious Devices- was published in Baghdad.¹ This book was written by the three Banu Musa brothers, an astronomer, a mathematician and an engineer. It contained descriptions of about a hundred machines invented by them, of which the majority was self-operating. Most of these machines were hydraulically operated.

This book also contains the first known self-operating musical instrument, a flute player. This particular instrument does not exist anymore, but because of the detailed description given in the book we can get quite a good understanding of how it must have worked.² Its movement was created by using a wheel connected to an axle, which in turn activated a cylinder with bridges, similar to cams. The bridges caused the mechanical 'fingers' to cover or uncover the holes of the flute. Simultaneously air would be blown through the flute, although we do not fully understand how this was achieved. The Banu Musa brothers lived in the Islamic golden age, during which the sciences flour-

wetenschap floreerde. In de vroege 13^e eeuw – nog altijd in dit gouden tijdperk – publiceerde Al-Jazari *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*. Ook hierin staan technische uitvindingen beschreven. Een tot de verbeelding sprekende machine was een feestboot met vier automatisch spelende musicerende dames, door Al Jazari zelf omschreven als ‘slavinnen’. Twee van hen speelden tamboerijn, een speelde harp en een fluit. Uitsteeksels aan een as onderin de boot zorgden ervoor dat de handen van de trommelaarsters naar de tamboerijnen gingen, de hand van de harpiste over de snaren bewoog en de fluitiste haar instrument van en naar haar mond bracht. De zichtbare fluit speelde niet echt, dit gebeurde door een klein bolvormig fluitje in het lichaam van de vrouw. De lucht in deze fluit werd veroorzaakt door waterdruk. De muziek klonk kort, maar herhaalde zich ieder half uur, ongeveer vijftien keer.³

In Europa deed in de 13^e eeuw het mechanisch uurwerk zijn intrede, waarbij de energie werd geleverd door een gewicht. Al snel werd uurwerktechniek ook ingezet voor andere toepassingen, zoals een slagwerk in een klok, bewegende mens- en dierfiguren en muziek. Soms hingen deze onderdelen met elkaar samen. Zo waren het bijvoorbeeld de ‘Jacquemarts’ op torenuurwerken, menselijke figuren, die met een hamer op bellen de tijd sloegen. Bovendien kon vanaf de late 17^e eeuw behalve een gewicht ook een veer als krachtbron fungeren.

Om muziek te maken kan mechanische beweging min of meer direct of indirect worden toegepast. In de directe vorm is er een speelwerk, bestaande uit een programmadrager en klankbron. Het muziekprogramma op de programmadrager bepaalt wat er wordt ge-

ished. In the early 13th century – still during this golden age – Al-Jazari published *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*. This book also contained descriptions of technological inventions. One particular machine consisted of a party boat with four self-operating female figures playing instruments, described by Al-Jazari as ‘slaves’. Two of them played the tambourines, one played the harp and one played the flute. Cams at the bottom of the boat created the motion of the hands moving towards the tambourines, hands moving along the strings of the harp and hands moving the flute to the woman’s mouth. The visible flute did not really sound, this happened through a small spherical whistle in the woman’s body. The airflow through this flute was created by water pressure. There would be only a short burst of music, but it would repeat about fifteen times every half an hour.³

**‘Jacquemarts’ were
humanoid figures which strike
the hours on a bell**

The mechanical clockwork arrived in Europe in the 13th century. Clockwork technique was soon used for other purposes, such as striking clocks, moving humanoid and animal automata and music. Sometimes these elements were connected to each other. For example, the so-called ‘Jacquemarts’ used on clock towers were humanoid figures which strike the hours on a bell with a hammer.

To create music a mechanical movement can be applied directly or indirectly. In its direct form there is a music-playing movement,

3 Al-Jazari (1206/1989), p. 107.



___Detail organ playing automaton ‘La Musicienne’, Pierre Jaquet-Droz, La Chaux-de-Fonds, approx. 1774, coll. Musée d’art et d’histoire, Neuchâtel (Switzerland).

speeld op de klankbron. Bij het indirect spelen zit er een mens- of dierfiguur – een automaat – tussen de programmadrager en de klankbron. Hierdoor speelt de automaat als het ware op een muziekinstrument. Bewegende automaten zijn overigens ook vaak aan direct spelende muziekinstrumenten toegevoegd ter versiering, of andersom, speelwerken werden verstoppt in bewegende automaten.

Direct musiceren
Vanaf het midden van de 15^e eeuw werden vele Europese openbare uurwerken verrijkt met een speelwerk. Op een speeltrommel is een muziekprogramma met behulp van pinnen geprogrammeerd. De pinnen brengen lichters in beweging die op hun beurt via draden zorgen dat er hammers tegen de juiste bellen slaan. De trommel is versteekbaar; dat wil zeggen dat de pinnen eruit kunnen worden gehaald en in een ander patroon kunnen worden teruggezet om nieuwe melodieën te programmeren. Min of meer hetzelfde

which consists of a program carrier and sound source. The musical program on the program carrier determines what is being played on the sound source. In its indirect form a humanoid or animal figure – an automaton – is fitted as an intermediary between the program carrier and the sound source. This creates the illusion that the automaton is playing a musical instrument. Moving automatons have also frequently been added to instruments for decoration, or also the other way around, when mechanical music instruments were hidden in moving automata.

Direct music
From the mid-15th century many European turret clocks contained carillons. The music program is programmed on a barrel by using pins. The pins activate levers which are connected to wires which operate the bell hammers. This type of tune barrel is adjustable, which means that the pins can be removed to



principe werd vanaf het einde van de 15^e eeuw in huiskamerformaat toegepast: in voornamelijk staande en tafelklokken werden bellenspeelwerken gemonteerd met een muziekprogramma op een cilinder. De pinnen op zo'n muziekcilinder konden ook worden gebruikt om orgelpijpen te openen en weer te sluiten, zodat er lucht doorheen kon stromen uit een balg. In de periode rond 1700 werden mechanische orgels in de Zuid-Duitse stad Augsburg vaak gebruikt als onderdeel van spectaculaire automaten. Over dit soort objecten moet de volgende opmerking van Robert Fludd zijn gegaan:

"...thus it becomes possible to have music without a musician or action of any living being: it will be splendid, graceful and an impressive marvel for those partaking, or in the presence of a festive meal, to hear unexpected music without the presence of any moving being, from some corner of the dining hall."⁴

In de 18^e eeuw werden mechanische orgels veel toegepast in klokken.

De uitvinding van de speelkam in 1796 was revolutionair, omdat vanaf dat moment de pinnen op een cilinder direct de klankbron, de speelkam, aan konden tokkelen. Lichters, draden, hamers et cetera waren niet meer nodig. Een kleine eeuw later werd de cilinder vervangen door een blikken plaat. In deze plaat zijn gaatjes gestanst. De projecties die hierdoor aan de onderkant zitten, brengen sterwielen in beweging die op hun beurt de tanden van de speelkam aantokkelen. Vanaf 1892 werden de muziekprogramma's voor orgels op kartonnen orgelboeken gezet. De gaatjes in het boek zorgen ervoor dat de kleppen onder de pijpen open gaan. Bij pianola's is het een luchtstroom die hamers uiteindelijk tegen snaren doet slaan. Het muziekprogramma staat op een papieren rol.⁵

4 Fludd (1617), English translation cited from Haspels (1987), p. 29.

5 Lehr (1981), p. 402.

program new melodies. From the 15th century onward a similar mechanism was used for domestic settings: both longcase and table clocks were fitted with bells which were operated by a music program on a cylinder. The pins on such a cylinder could also be used to open and close organ pipes, so that with the use of bellows air could be pushed through them. Around 1700 many mechanical organs in the German city of Augsburg were used as part of spectacular automaton. It is this type of object that probably inspired the following remark by Robert Fludd:

In the 18th century mechanical organs were often used for clocks.

In 1796, much changed with the invention of the musical comb, which meant that pins on the cylinder could directly strike the sound source, the comb. Levers, strings, hammers etc. were no longer needed. About a century after that the cylinder was replaced by a metal disc. In this disc holes were punched. The projections that extend from the underside control star wheels, which in turn pluck the teeth of the comb. From 1892 onward music programs for organs used cardboard book music. The perforations in this book music open the valves of the organ pipes. For player pianos an airflow causes hammers to strike the strings. The music program is recorded on a paper roll.⁵

Indirect musiceren

Hoewel alle zelfspelende muziekinstrumenten in feite het musiceren van mensen overnemen, doen automaten met een muziekinstrument het sterkst aan robots denken. Het zijn mens- of dierfiguren die middels een inwendig programma bewegingen maken. Al snel na de uitvinding van het raderuurwerk waren in veel grote middeleeuwse steden publieke klokken te vinden. En ook al heel snel gebruikte men uurwerktechniek om het menselijk lichaam na te bootsen. Op de publieke klokken werden automaten bevestigd, zoals de genoemde manfiguren die met een hamer tegen een bel sloegen, maar ook kraaiende hanen, zoals die van Straatsburg.

In de loop der tijd werden automaten niet meer zozeer vervaardigd voor de stedelijke burgers, maar voor de privé domeinen van de rijke heersende klasse. De Augsburgse automaten rond 1600 waren bedoeld voor de Europese adel. Voorbeelden zijn de drie schietende schepen door Hans Schlottheim. Deze waren in het bezit van keizer Rudolph II, de Saksische keurvorst Christian I en Saksische keurvorst Christian II. In de 18^e eeuw werden op zichzelf staande bewegende 'poppen' vervaardigd, waaronder muzikale. Zo maakte Vaucanson een automatische fluitspeler (1738), Jaquet-Droz een orgelspelende jongedame, La Musicienne (ca. 1774) en Van Oeckelen een klarinetspeler (1838). Met dit soort automaten werd rondgereisd en ze werden gedemonstreerd aan een groter publiek.

Het leven zelf

Het spreekt voor zich dat uit zichzelf bewegende machines erg bijzonder, zelfs magisch werden gevonden. Het boek van de Banoe Moesa broers heette Kitāb al-Ḥiyal, wat letterlijk vertaald 'Boek met trucs' betekent. Waarschijnlijk

Indirect music

Although all self-playing musical instruments technically replace human beings when playing music, automatons with musical instruments remind us most of robots. They are humanoid or animal figures whose movements are controlled by a mechanism. Soon after the invention of the mechanical clock many Medieval cities already had a public clock. In addition, clock mechanisms were soon used to imitate the human body. Public clocks were fitted with automatons, such as the aforementioned humanoid figures which would strike a bell with a hammer, but also for example a crowing rooster, such as in Strasbourg.

As time progressed automatons were no longer developed for regular citizens, but rather for the private property of the wealthy upper-class. The Augsburg automatons which were developed around 1600 were designated for purchase by the European aristocracy. Three ships (nefs) with cannon fire by Hans Schlottheim exemplify this trend. They were owned by emperor Rudolph II and the electors of Saxony Christian I and Christian II. In the 18th century self-operating 'dolls' were created, among which musical dolls. Vaucanson created an automatic flute-player (1738), Jaquet-Droz made an organ playing female figure, La Musicienne (approx. 1774) and Van Oeckelen created a clarinet player (1838). These kinds of automatons would travel around and were demonstrated to a large public.

Life itself

Naturally self-operating machines were seen as special, or even magical. The Banu Musa brothers' book was called the Kitāb al-Ḥiyal, which literally means 'Book of tricks'. Allegedly Al-Jazari would incorporate an animal, such as an ox or a donkey,

6 Mostly in *Traité de l'homme* (1630-1633, publ. 1662) and *Discours de la Méthode* (1637), zie Riskin (2016), pp. 44-76.

— Organ playing automaton 'La Musicienne', Pierre Jaquet-Droz, La Chaux-de-Fonds, approx. 1774, coll. Musée d'art et d'histoire, Neuchâtel (Switzerland).



lijkt plaatste Al-Jazari in sommige ontwerpen een dier, zoals een os of een ezel, niet voor de daadwerkelijke aandrijving, maar om de mensen niet bang te maken voor vermeende tovenarij. Dat iets niet-levends schijnbaar tot leven werd gewekt, was voor velen niet te bevatten.

De Franse filosoof René Descartes (1596-1650) schreef uitgebreid over hoe hij aankeek tegen automaten.⁶ Hij introduceerde het idee van 'l'animal-machine', waarmee hij dieren, maar ook mensen, vergeleek met automaten. Vaak is dit geïnterpreteerd in de zin dat mensen en dieren niets dan levenloze machines zijn. Descartes bedoelde eigenlijk het tegenovergestelde: automaten zijn levende wezens, gemaakt door mensen, zoals mensen gemaakt zijn door God.

Descartes verklaarde het hele lichaam middels analogieën met machines. Zoals water automaten kon aandrijven, konden mensen aangedreven worden door de vloeistoffen in het lichaam. Het kloppen van het hart was het tikken van een klok. En het hart zelf zou een soort kacheltje zijn om het bloed te verwarmen. Het enige verschil tussen mensen enerzijds en dieren en automaten anderzijds, was het hebben van een rationele ziel waarmee geredeneerd kon worden.

Een eeuw later beschreef Julien Offray de La Mettrie (1709-1751) de mens in zijn *L'Homme machine* op een vergelijkbare manier met een belangrijk verschil. Bij La Mettrie kwam de rationele ziel niet meer voor, maar was de mens in zijn geheel mechanistisch en materialistisch te verklaren. De ziel zou het gevolg zijn van bewegingen in het lichaam, niet de oorzaak. Het lichaam beweegt volgens een "intrinsiek beginisel", daarom kan een kalkoen zonder kop nog doorlopen en behouden men-

into some of his designs, not for any mechanical purpose but simply to reassure people that there was no witchcraft involved. The fact that something inanimate could be made to move independently was something beyond most people's imagination.

The French philosopher René Descartes (1596-1650) wrote extensively on his views on automatons.⁶ He introduced the idea of 'l'animal-machine', which compared animals, but also humans, to automatons. This has been interpreted in the sense that humans and animals could be seen as nothing more than soulless machines. However, Descartes actually meant to say the opposite: automatons are living creatures, created by humans, like humans were created by God.

Descartes used machine analogies to describe the entire human body. Like water could power automatons, people could be powered by bodily fluids. The beating of a heart was like the ticking of a clock. The heart itself could even be seen as a kind of stove which heats up the blood. The only difference between humans and animals on one side and automatons on the other, was the rational soul which could be used for reasoning.

About a century later Julien Offray de La Mettrie (1709-1751) wrote *L'Homme Machine*, in which he described humans in a similar way but with one crucial difference. To La Mettrie there was not even a rational soul, but rather a completely mechanical and materialistic rationalization of human beings. The soul could be seen as the product of bodily movement, not the cause. Bodily movements would be driven by some internal force, which is why a turkey can continue

selijke darmen hun peristaltische beweging nog even na de dood.⁷

In die zin zou er dus eigenlijk geen verschil zijn tussen mensen en automaten. De inwendige machine zorgt dat alles doordraait. Automaten werden gebouwd om het menselijk lichaam beter te begrijpen.⁸ Er werden experimenten op uitgevoerd, waarbij het uitgangspunt was dat de uitkomst hetzelfde zou zijn bij het lichaam.

Ook Vaucanson was een aanhanger van deze filosofie. Zijn mechanische eend was bedoeld om het proces van de vertering van voedsel te simuleren en daarmee te begrijpen. Ook zijn automatische fluitspeler uit 1738 simuleert menselijke bewegingen die nodig zijn om fluit te spelen, zoals het bewegen van de vingers en het blazen van lucht door de fluit. En niet voor niets was deze figuur in uiterlijk het evenbeeld van een mens. Over de fluitspeler schreef de Leipziger theoloog Johann Michael Schmidt in 1754:

“Not many years ago it was reported from France that a man had made a statue that could play various pieces on the fleuttraversiere, placed the flute to its lips and took it down again, rolled its eyes etc, but no one had ever invented an image that thinks, or wills, or composes, or even does anything similar. Let anyone who wishes to be convinced look carefully at the last fugal work of [Bach] ... I am sure that he will soon need his soul if he wishes to observe all the beauties contained therein ... Everything that the champions of Materialism put forward must fall to the ground in view of this single example.”⁹

Met de term ‘materialisme’ refereert Schmidt overduidelijk aan de bovengenoemde theorieën van La Mettrie. Hij is het niet eens met deze theorieën en benoemt de ziel (weer) als losstaand van het bewegende, musicerende lichaam. De ziel is nodig om te kunnen componeren, maar ook om composities op waarde

to walk without its head attached and human intestines continue their peristaltic movements even after death.⁷

In that sense, there should be no difference between humans and automatons. The internal machine will keep on running. Automatons were built to gain a better understanding of the human body.⁸ They were subject to experiments, inspired by the belief that the results of these experiments would be the same when practiced on a human body.

Vaucanson also believed in this philosophy. His mechanical duck was meant to simulate the digestion process and thereby gain a better understanding of it. His mechanical flute-player from 1738 also simulates human movements required to play the flute, such as moving fingers and blowing air through the flute. The humanoid form of this figure was not a coincidence. In 1754, the theologian Johann Michael Schmidt from Leipzig wrote the following about the flute-player:

The term ‘materialism’ as used by Schmidt clearly refers to the aforementioned theories of La Mettrie. He does not agree with these theories and separates the soul (again) from the moving body that is producing the music. The soul is needed to compose music, but also to value compositions. Flute player Johann Joachim

7 La Mettrie (1748), p. 104-107.
8 Riskin (2003), p. 112.
9 Schmidt (1754), cited from Richards (1999), p. 383.

te kunnen schatten. Ook fluitist Johann Joachim Quantz onderscheidde de virtuoze bewegingen van het vermogen tot ontroeren. Sterker nog, keer op keer dezelfde perfecte uitvoering horen, zou op den duur gaan vervelen:

“With skill a musical machine could be constructed that would play certain pieces with a quickness and exactitude so remarkable that no human being could equal it either with his fingers or with his tongue. Indeed it would excite astonishment, but it would never move you; and having heard it several times, and understood its construction, you would even cease to be astonished. Accordingly, those who wish to maintain their superiority over the machine, and wish to touch people, must play each piece with its proper fire.”¹⁰

In de laatste kwart van de 18^e eeuw was het Pierre Jaquet-Droz die een poging deed de natuur zo getrouw mogelijk na te bootsen. Voor het vervaardigen van de lichamen van Le Dessinateur, L’Écrivain en La Musicienne zou hij de hulp van een arts hebben ingeroepen.¹¹ Hun handen waren van zacht en licht materiaal gemaakt. La Musicienne haalde zelfs adem en leek daardoor zelf geroerd te zijn door haar muziek.

Haar bewegingen werden mogelijk gemaakt door een enorme reeks nokkenschijven, die de Banoe Moesa broers ook al gebruikten in het 9^e-eeuwse Bagdad. En ook in loop van de 19^e eeuw waren nokkenschijven belangrijke onderdelen van automaten. Toch zijn de laat-19^e-eeuwse automaten onvergelijkbaar met de voorbeelden van Vaucanson, Jaquet-Droz, maar ook nog met de klarinetspeler van Van Oeckelen; ze dienden een heel ander doel.

In Parijs werden automaten steeds populairder en bereikbaarder voor een groter publiek. Toch konden ze niet meer echt schrijven of tekenen, maar maakten bewegingen die de suggestie moesten wekken. Er werd geen poging meer

Quantz also separated the virtuoso movements of the musician from the ability to move the listener. Actually, he argued, hearing a perfect rendition repeatedly would eventually become boring:

During the last quarter of the 18th century Pierre Jaquet-Droz attempted to imitate nature as closely as possible. For the construction of the bodies of Le Dessinateur, L’Écrivain and La Musicienne he supposedly consulted a doctor.¹¹ Their hands were made of a soft and light material. La Musicienne could even breathe and thus gave the illusion of being moved by her own music.

Her movements were created by a large series of cams, such as the ones that were already used by the Banu Musa brothers in 9th century Baghdad. Throughout the 19th century cams remained important features of automatons. However, late 19th century automatons cannot be compared to the examples of Vaucanson, Jaquet-Droz, but even the clarinet player by Van Oeckelen.

In Paris, automatons became increasingly popular and could reach a large audience. However, they could not really write or draw anymore, they simply made movements to suggest this. No attempt was made to make them actually play musical instruments anymore.

___Detail organ playing automaton 'La Musicienne', Pierre Jaquet-Droz, La Chaux-de-Fonds, approx. 1774, coll. Musée d'art et d'histoire, Neuchâtel (Switzerland).

gedaan om hen een muziekinstrument te laten spelen. Ze zagen eruit als bekende (stereo) types: Pierrot, acrobaten, exotische danseressen en bekende artiesten. Hun bewegingen werden vaak begeleid door populaire operamelodieën op een ingebouwd cilinderspeelwerk. Ze waren niet meer bedoeld om het lichaam beter te begrijpen, maar dienden ter vermaak.

Veel moderne muziek makende robots bewegen niet meer volgens een vast programma, maar kunstmatige intelligentie maakt dat ze hun bewegingen en daarmee hun muziek kunnen aanpassen aan hun omgeving. Ook kunnen ze nieuwe composities maken op basis van talloze bestaande werken. Hierdoor zijn ze schijnbaar creatief. Schijnbaar? De nieuwste generatie robots roept opnieuw vragen op over of er eigenlijk nog wel verschillen zijn tussen levende musici en robotmuzikanten.¹²

De bewegingen van robots en mensen zijn het gevolg van virtuositeit, maar inmiddels ook van interactie en creativiteit. Is dit genoeg? Robots zullen op den duur vast net zo goed kunnen componeren als sommige mensen. Misschien zelfs wel beter. Maar alleen de menselijke ziel kan dit op waarde schatten.

They looked like well-known stereotypes: Pierrot, acrobats, exotic dancers and famous artists. Their movements were often accompanied by popular opera tunes played on a built-in cylinder musical movement. They no longer functioned as tools to understand the human body, but simply served as entertainment.

Many modern musical robots no longer move according to a set program, thanks to artificial intelligence they can adjust their movements and therefore their music to their environment. They are also able to create new compositions based on countless existing pieces of music. This makes them appear creative. Appear? The latest developments in robotics raise questions about whether there is any difference between live musicians and robotic ones.¹²

The movements of both robots and humans are the result of skills, but also of interaction and creativity. Will this suffice? Robots will eventually be able to make compositions which will equal those of some humans. Maybe even surpass them. But only the human soul will be able to appreciate the value of this.

¹² Jessica Riskin describes the views on automats as taking on a wave-like motion. In the 17th century automats were compared to the human body, but in the 18th century this was taken a step further when humans and automats were seen as equals. In the 19th century this belief largely disappeared, but it seems that some people currently view robots in a similar way. See Riskin (2003).

5 ROBOTS HOUDEN VAN MUZIEK! OF NIET?

ROBOTS LOVE MUSIC! DO THEY?

Dr. Anemone van Zijl



— Cylinder music box with automats and percussion, Charles Ullmann, l'Auberson (France), approx. 1890.

Stel je voor: het is je gelukt kaartjes te bemachtigen voor een concert van een musicus die je enorm bewondert. Je bent in de zaal, en wacht te midden van honderden mensen haar komst af. Er hangt een bijzondere sfeer. Een sfeer van verwachting. Iedereen kijkt er naar uit getuige te zijn van een geweldig evenement. Eindelijk verschijnt ze. Honderden mensen verwelkomen haar, klappend en juichend. De musicus lacht en bedankt het publiek. Ze neemt een moment om zich voor te bereiden. Als ze op het punt staat te beginnen valt er een diepe stilte. Nog een paar seconden, dan begint ze. Mensen houden hun adem in en lijken betoverd. Iedereen wordt aangetrokken door de muziek. De energie van alle aanwezigen lijkt samen te komen. Het is magisch. Je bent ontroerd: Door de muziek die je hoort; door de manier waarop de musicus je bespeelt – met haar uiterlijk, haar bewegingen, haar expressie; door de manier waarop ze met jou en alle anderen in het publiek communiceert. Maar wat nu als je zou ontdekken dat deze musicus eigenlijk een robot was: Zou een robot zo kunnen spelen? En zou je dan ook ontroerd zijn?

Zou een robot zo kunnen spelen als de musicus in het voorbeeld? Om deze vraag te beantwoorden dienen we de kenmerken van een uitvoerend musicus te onderzoeken, en te bepalen of deze kenmerken met behulp van technologie kunnen worden nagebootst. In dit artikel worden vijf kenmerken beschreven: Muziek, Uiterlijk, Emotie, Interactie en Intentie. Om de vraag te beantwoorden of wij emotioneel geraakt kunnen worden door een muziekuivoering van een robot, dienen we de mechanismen te verkennen die verantwoordelijk zijn voor onze ontroering, en

Imagine that you are attending a concert of a musician you adore. You were lucky enough to get tickets, and are now in the audience, together with hundreds of people, waiting for the musician to appear on stage. There is a special atmosphere. An atmosphere of anticipation. Everyone is looking forward to witnessing an amazing event. Then she appears. Hundreds of people welcome her, clapping and cheering. She smiles and thanks the audience. She takes a moment to prepare, and when she is about to start a deep silence falls. A few seconds, then she starts. The audience is mesmerized. Everyone is drawn into the music. There is a special shared energy. It is magical. You are moved, because of the music you hear; because of the way the musician entralls you, with her appearance, her movements, her expression; because of the way she interacts with you and the others in the audience. But what if you would find out this musician was actually a robot: Would a robot be able to play like this? And would you be moved as well?

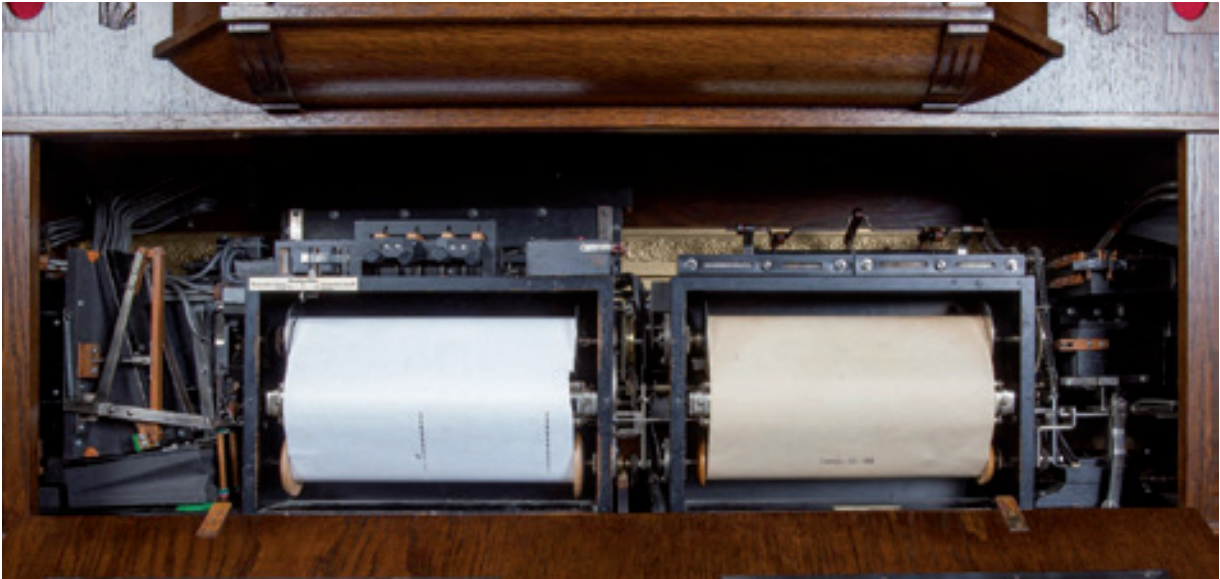
Would a robot be able to play like the musician in the example? In order to answer this question, we need to detect the characteristics of a performing musician and determine whether these characteristics could be recreated by technology. In this article, five characteristics – Music, Appearance, Emotion, Interaction, and Intention – will be described. In order to answer the question whether we could be emotionally moved by a performance of a robot, we need to detect the mechanisms responsible for us being moved and determine whether a robot could meet the requirements for these mechanisms to operate. In this article, three mechanisms –

te bepalen of een robot in staat is deze mechanismen in werking te brengen. In dit artikel zullen drie mechanismen – Bewondering, Identificatie en Empathie – besproken worden. Uiteindelijk zullen we bovenstaand concert opnieuw bezoeken en besluiten met de vraag of robots van muziek houden, of niet.

Muziek

Een muziekitvoering bestaat allereerst uit geluid. De noten die een musicus speelt, kunnen vastgelegd zijn in een partituur – wat meestal het geval is bij klassieke muziek; ze kunnen vooraf bedacht zijn door de uitvoerder – wat vaak het geval is bij popmuziek; of ze kunnen ter plekke ontstaan – wat doorgaans het geval is bij geïmproviseerde jazzmuziek. Verschillende muziekgenres stellen dus verschillende eisen aan robotingenieurs. In alle genres moeten de noten echter tot leven worden gebracht door de musicus. De musicus heeft daartoe verschillende speeltechnieken tot zijn beschikking. Speeltechnieken verwijzen naar het gebruik van tempo, timing, dynamiek, articulatie, frasering, vibrato en timbre. Het zijn technieken die een musicus in kan zetten om een muzikaal verhaal te vertellen.

Door de jaren heen zijn er de nodige pogingen ondernomen om machines te bouwen die in staat zijn het spel van echte muzikanten te imiteren. Zelfspelende muziekinstrumenten kunnen daarom worden gezien als de eerste muziekrobots. De collectie van Museum Speelklok bevat enkele van de mooiste en meest vernuftige zelfspelende muziekinstrumenten. De Hupfeld Phonoliszt Violina – een orchestrion met zelfspelende violen uit 1914 – bijvoorbeeld, gebruikt verschillende technieken om het tempo, het vibrato en het timbre van de vioolklanken zodanig aan te passen dat de muziek tot leven komt.



Admiration, Identification, and Empathy – will be discussed. Finally, we will revisit our concert, and decide whether robots love music.

Music

A musical performance consists first and foremost of sound. The notes a musician plays can be derived from a score – which is usually the case with classical music; are composed by the performer beforehand – which is often the case with pop music; or are conceived at the very moment of performing – which is usually the case with improvised jazz music. As such, various genres of music offer different challenges to robotics engineers. In all genres, however, the notes need to be brought alive by the use of performance features. Performance features refer to the use of tempo, timing, dynamics, articulation, phrasing, vibrato and timbre applied to tell a musical story.

—Hupfeld Phonoliszt Violina roll orchestrion, Model A, Ludwig Hupfeld, Leipzig (Germany), 1914.

Een ander voorbeeld vormen de reproductie-piano's van het museum. Hiervoor is gebruik gemaakt van een ingenieus mechanisch en pneumatisch opnamesysteem waarmee naast de noten, de druk, timing, dynamiek en pedaalgebruik van een live uitvoering van een pianist konden worden vastgelegd met gaatjes in een papieren rol. Wanneer een geperforeerde papierrol in de pianola wordt geplaatst kunnen we uitvoeringen van vermaarde pianisten zoals Debussy, Rachmaninov en Gershwin opnieuw beluisteren.

Deze voorbeelden van zelfspelende muziekinstrumenten laten zien dat het mogelijk is om machines te bouwen die op mechanische wijze een muzikale uitvoering kunnen reproduceren. Dergelijke machines zijn echter afhankelijk van voorgeprogrammeerde informatiedragers zoals een geperforeerde papierrol. Zij kunnen de muziek enkel zo spelen als vastgelegd op de informatiedrager waardoor elke uitvoering gelijk is aan de vorige.

Muziekrobots van de 21^e eeuw daarentegen, maken gebruik van software met complexe algoritmen. In plaats van te worden geprogrammeerd om een vaststaand stuk op een vaststaande manier te spelen, krijgt de nieuwe generatie robots speelinstructies mee die kunnen worden toegepast bij het spelen van om het even welk stuk. Daarnaast worden technieken gebruikt die robots in staat stellen om zelf te leren: Eerst leren robots patronen te herkennen in gigantische hoeveelheden data. Vervolgens leren ze die patronen terug te zien in nieuw aangeboden data en daar vanuit hun 'ervaring' op te reageren.

Hoewel de technische capaciteiten van de eerste zelfspelende muziekinstrumenten bewonderenswaardig zijn en de vooruitgang van recente

Self-playing musical instruments can be seen as the first musical robots. Over the years, these machines have become capable – to a certain extent – to reproduce musical performances as played by real musicians. The collection of Museum Speelklok contains some of the most beautiful and ingenious self-playing musical instruments. The Hupfeld Phonoliszt Violina – an orchestrion with self-playing violins built in 1914 – for instance, uses various techniques to alter the tempo, vibrato and timbre of the violin sounds. Some of the Museum's Reproduction Pianos, to mention another example, make use of an ingenious mechanical and pneumatic recording system which can capture the pressure, timing, dynamics, and pedal use of a live performance of a pianist on a perforated paper roll. When placing the perforated paper roll into the pianola, the exact performance of great pianists such as Debussy, Rachmaninov and Gershwin can be heard again.

These examples of self-playing musical instruments show that it is possible to build machines able to mechanically reproduce a musical performance. However, these machines are dependent on pre-programmed information carriers such as a perforated paper rolls, and are only capable of exactly repeating the performance as captured on the carrier.

Musical robots of the 21st century, in contrast, are using software with complex algorithms. Instead of being programmed to play a particular piece in a certain fixed way, the new generation of robots will be fed with performance rules to apply when playing whatever piece. In addition, machine-learning

muziekrobots imposant is, missen deze machines nog verschillende kenmerken van de musicus in ons voorbeeld. Bij een indrukwekkende concert-beleving komt meer kijken dan geluid alleen.

Uiterlijk

Een tweede voor de hand liggend kenmerk van een uitvoerend musicus is diens uiterlijk. Waar de hiervoor genoemde zelfspelende instrumenten eruit zien als instrumenten, zijn er ook voorbeelden van historische muziekrobots die er net zo aantrekkelijk uitzien als ze klinken. Zo bevat de collectie van Museum Speelklok talloze automaten – mechanisch in beweging gebrachte tafereel van mensen of dieren met een speelwerk erin dat zorgt voor begeleidende muziek. Hoewel de bewegingen van de mensen of dieren in het tafereel niet de muziek produceren die je hoort, ben je – zeker bij de zingende vogels – soms toch geneigd dat te geloven.

Al in de 19^e eeuw creëerde de Nederlandse uitvinder Jacob Cornelis van Oeckelen een muziek-machine die niet alleen de klarinet kon bespelen, maar er ook uitzag als een klarinettist, en tot op zekere hoogte als een klarinettist kon bewegen. Terwijl we gemakkelijk kunnen zien dat de klarinetspeler van Van Oeckelen geen mens van vlees en bloed is, zijn wij eerder geneigd menselijke kwaliteiten toe te dichten aan iets dat op een mens lijkt – denk bijvoorbeeld aan een pop – dan aan iets dat eruit ziet als een machine.

Belangrijker nog dan het hebben van een menselijke vorm als het gaat om onze neiging menselijke eigenschappen in iets of iemand te zien, zijn echter gezichtsuitdrukkingen en bewegingen. Denk maar aan animatiefilms: wie werd er niet vertederd door de theepot en het kleine kopje in Disney's Beauty and the Beast of

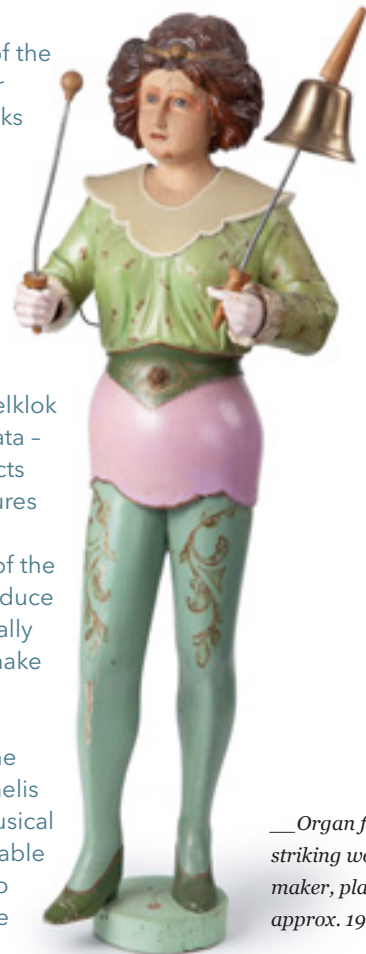
methods such as deep learning are used which enable robots to learn based on the input they receive.

Although the technical abilities of the early machines are impressive and the advancement of recent machines is remarkable, these machines, however, still miss several of the qualities the performing musician in our example displays.

Appearance

An obvious characteristic of the performing musician in our example is the way she looks and moves. Whereas the self-playing instruments mentioned before just looked like instruments, there are also examples of early musical robots that look as appealing as they sound. The collection of Museum Speelklok includes numerous automata – mechanically moving objects of humanoid or animal figures accompanied by music. Although the movements of the moving objects do not produce the music you hear, especially the singing birds tend to make you believe otherwise.

Back in the 19th century, the Dutch inventor Jacob Cornelis van Oeckelen created a musical machine that was not only able to play the clarinet, but also looked and moved to some



— Organ figurine bell striking woman, unknown maker, place unknown, approx. 1900.

13 Davidson, J.W., & Correia, J.S. (2002). Body Movement. In R. Parncutt, & G.E. McPherson (Eds.), The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning (pp. 237-250). Oxford: Oxford University Press.

de bureaulamp in Pixar's Luxo Jr.? Als het gaat om bewegingen van musici wordt er vaak een onderscheid gemaakt tussen geluid producerende bewegingen en zogenaamde bijkomende of expressieve bewegingen. Zowel bij het opleiden van musici als bij de ontwikkeling van muziekrobots ligt de nadruk doorgaans op het uitvoeren van geluid producerende bewegingen, zoals het op de meest efficiënte wijze indrukken van een pianotoets of bewegen van een strijkstok. Aan bijkomende of expressieve bewegingen, zoals het meebewegen van je lichaam met de muziek die je speelt, wordt doorgaans weinig aandacht besteed. Onderzoek¹³ toont echter het belang aan van deze bijkomende bewegingen voor de mate van expressiviteit van een uitvoering zoals die door het publiek ervaren wordt. Een gevolg hiervan is dat ingenieurs begonnen zijn hun muziekrobots niet alleen geluid producerende bewegingen maar ook expressieve bewegingen te laten maken. Een mooi voorbeeld hiervan is Shimon, een marimba spelende muziekrobot. Shimon is geen robot die er zoals de klarinetspeler van Van Oeckelen uitziet als een mens. Door zijn sociaal expressieve 'hoofd' dat meebeweegt met de muziek en zich kan richten op medemuzikanten en het publiek, wordt het echter gemakkelijk om je voor te stellen dat deze robot toch beschikt over menselijke eigenschappen.

Samengevat kunnen we stellen dat naast muzikale speeltechnieken het uiterlijk, gezichtsuitdrukkingen en bewegingen belangrijke kenmerken zijn van een uitvoerend musicus. Maar hoe zit het met de expressie en communicatie van emoties?

Emotie

Wat is de kracht van muziek? En waarom is muziek zo belangrijk voor ons? Het kan bijna niet anders dan dat dit samenhangt met onze emoties.

extent like a human being. Whereas we can easily see that Van Oeckelen's clarinet player is not a real person, it seems easier for us to project human qualities onto something that looks like a human being – think for instance of a doll – than onto something that looks like a machine.

It's easier for us to project human qualities onto something that looks like a human, than onto something that looks like a machine.

More important than looks, however, are facial expressions and movements when it comes to our tendency to empathize with someone or something. Animated movies show numerous examples: Who has not been moved by the teapot and little cup in Disney's Beauty and the Beast, or the desk lamp in Pixar's Luxo Jr.? In the education of performing musicians as well as in the development of musical robots the focus has long been on sound producing movements such as pressing a key in the most efficient way, rather than on ancillary or expressive movements such as moving your head along with the music. Research¹³, however, has shown the importance of ancillary movements for the perceived expressiveness of a performance.

As a result, engineers have started to equip their robots with ancillary movements. A great example is Shimon, a marimba playing musical robot. Shimon is no humanoid robot such as Van Oeckelen's clarinet player, but due to his socially expressive head that moves along with the music and can turn towards fellow

___Detail Hupfeld
Phonoliszt Violina roll
orchestration, Model A,
Ludwig Hupfeld, Leipzig
(Germany), 1914.

Muziek kan ons enthousiasmeren, ervoor zorgen dat we gewoonweg móeten bewegen. Muziek kan ons ook troosten, of tot tranen toe roeren. Belangrijke vragen in dit verband zijn wat de rol van een uitvoerend musicus hierin is: hoe brengt een musicus muzikale emoties over? En is het noodzakelijk dat hij of zij deze emoties zelf voelt om het publiek te kunnen ontroeren?

Onderzoek laat zien dat basisemoties zoals blijdschap, verdriet, woede, angst en tederheid worden geassocieerd met specifieke muzikale kenmerken, en dat deze emoties dus via muziek kunnen worden gecommuniceerd.¹⁴ Een musicus die gevraagd wordt om een muziekstuk verdrietig te laten klinken, zal dat waarschijnlijk doen door vrij zacht te spelen, in een langzaam tempo, en door de noten zo veel mogelijk legato te spelen. Waarschijnlijk zou hij of zij daarbij weinig bewegen, en de bewegingen die er zijn zouden eerder traag en vloeiend van aard zijn. Een musicus die daarentegen gevraagd wordt om een muziekstuk vrolijk te laten klinken, zal dat waarschijnlijk doen door vrij hard te spelen, in een vlot tempo, en door de noten zo kort mogelijk en duidelijk gearticuleerd te spelen. Waarschijnlijk zou hij of zij daarbij meer bewegen, en de bewegingen zouden eerder snel en springerig van aard zijn. Deze patronen komen overeen met de wijze waarop wij in het dagelijks leven uitdrukking geven aan onze emoties: door onze stem op een bepaalde manier te gebruiken, en door onze houding en manier van bewegen geven wij (onbewust) aan hoe we ons voelen. Een musicus maakt hier gebruik van, en kan – net als een acteur – deze patronen bewust toepassen en uitvergroten.

Onderzoek naar de emoties van musici tijdens het instuderen en uitvoeren van een muziek-

musicians and the audience, it becomes easy to project a subjective state onto this robot. Thus, along with performance features, the appearance, facial expressions, and movements are important characteristics of a performing musician. But how about the expression and communication of emotions?

Emotion

Perhaps the main reason why we love music is that music can be connected to our emotions. Important questions in this regard are: What is a performing musician's role in this? How does s/he actually express emotions? And does s/he need to feel certain emotions in order to be able to express them?

Research shows that at least basic emotions such as happiness, sadness, anger, fear and tenderness are associated with specific musical features and can be reliably communicated.¹⁴ A musician who wants to express sadness, for instance, will probably play quite soft, low, slurred notes in a slow tempo. Bodily movements may be restricted, or consist of slow, fluent, swaying movements. A musician who wants to express happiness will probably play quite loud, high, clearly articulated notes, in a fast tempo. Bodily movements may be more prevalent, and consist of fast and jerky movements. These characteristics resemble our vocal and bodily expressions of emotions in everyday life, although a performing musician may – like an actor – consciously apply and exaggerate them.

Research investigating the role of musicians' experienced emotions when practicing and performing indicates that musicians try to feel

14 Juslin, P.N. (2000). Cue Utilization in Communication of Emotion in Music Performance: Relating Performance to Perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(6), 1797-1813.

stuk laat zien dat musici in de oefenruimte de muzikale emoties daadwerkelijk voelen, maar op het podium het voelen van emoties aan het publiek overlaten.¹⁵ Tijdens het instudeerproces vragen musici zich af wat de muziek voor hen betekent, welke emoties de muziek uitdrukt, en hoe ze deze het beste over het voetlicht kunnen brengen. In de oefenruimte creëren zij een interpretatie, een plan voor de wijze waarop zij hun muzikale verhaal willen vertellen. Op het podium ligt de focus op de uitvoering van de eerder geconstrueerde interpretatie. Een musicus weet wat hij of zij moet doen om de muzikale emoties tot uitdrukking te brengen en de luisteraar te ontroeren. Het zelf voelen van de muziek-gerelateerde emoties is niet meer aan de orde: sterke emoties kunnen ervoor zorgen dat de musicus de controle over zijn spel verliest en fouten gaat maken waardoor de uitvoering voor het publiek zijn zeggingskracht verliest.

Verder onderzoek toont aan dat het een verschil maakt of een musicus tijdens het spelen de muzikale emotie voelt of niet.¹⁶ Een musicus die daadwerkelijk verdriet voelt wanneer hij een verdrietig muziekstuk speelt, blijkt zachter en langzamer te spelen, en met minder expressieve bewegingen dan wanneer hij hetzelfde stuk speelt zonder zich verdrietig te voelen. Een publiek blijkt in staat deze subtiele verschillen op te merken, zelfs als zij enkel een stokfiguuranimatie van de musicus te zien krijgen. Het is opmerkelijk dat het publiek in genoemde studie de uitvoeringen waarbij de musici daadwerkelijk verdrietig waren als meest emotioneel beoordeelden. Zij gaven echter de voorkeur aan de uitvoeringen waarbij de musici de uit te drukken emotie niet daadwerkelijk voelden. Deze bevindingen geven aan dat musici er inderdaad wellicht goed aan doen om zich op het podium te richten op het uitdrukken van

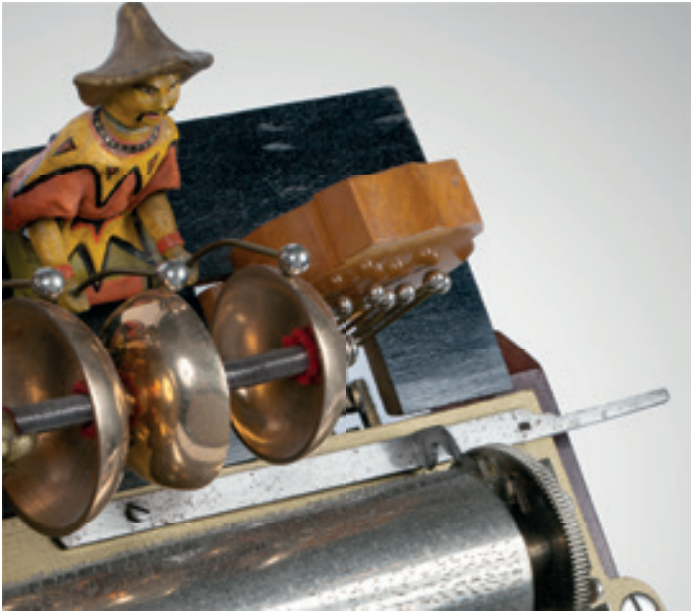
certain music-related emotions in the studio, when figuring out what the music means to them and constructing their interpretation of the music.¹⁵ On stage, however, they focus on expressing the previously constructed interpretation of the music without trying to feel music-related emotions, as experiencing strong emotions may cause mistakes and be detrimental to their playing.

Research shows, furthermore, that it does make a difference whether a performing musician feels or does not feel the expressed emotion when playing.¹⁶ A musician playing a sad piece of music, for instance, would play softer and slower, and with less expressive movements when s/he actually feels sad compared to when s/he does not. An audience could notice these very subtle differences, even when just presented with stick figure animations of the musicians. Interestingly, in the study referred to above, the audience members rated the performances during which the musicians felt the expressed emotion as more emotional. They preferred, however, the performances during which the musicians did not feel the expressed emotions. As such, these findings indicate that musicians may be right to focus on expressive playing (e.g., playing in such a way that the music expresses sadness, without necessarily feeling sad themselves) rather than on emotional playing (e.g., really feeling sad when playing a sad piece of music), since that is what an audience seems to prefer.

Nowadays, it is likely that the auditory and bodily characteristics associated with the expression of particular emotions can be

15 Van Zijl, A.G.W. & Sloboda, J.A. (2011). Performers' experienced emotions in the construction of expressive musical performance: An exploratory investigation. *Psychology of Music*, 39(2), 196-219.

16 Van Zijl, A.G.W. (2014). Performers' Emotions in Expressive Performance: Sound, Movement, and Perception. *Jyväskylä Studies in Humanities* 222: University of Jyväskylä.



—Detail cylinder music box with automaton and percussion, Charles Ullmann, l'Auberson (France), approx. 1890.

de muzikale emoties zonder deze daadwerkelijk te voelen. Dat is immers waaraan het publiek de voorkeur geeft.

Wat betreft de emotionele uitdrukkingsmogelijkheden van muziekrobots lijkt de programmering van de geluids- en bewegingskenmerken van bepaalde emoties binnen handbereik. De subtiele verschillen tussen het daadwerkelijk voelen van een emotie en het doen alsof, en het effect daarvan op de sfeer tijdens een uitvoering, lijken echter nog te ongreepbaar om in een algoritme te kunnen vangen. Op de vraag of wij eerder ontroerd zullen raken door een emotionele of een onfeilbare muziekrobot blijft het antwoord dus vooralsnog open.

Interactie
Een van de voornaamste redenen waarom mensen in het digitale tijdperk nog naar live

incorporated into the performance skills of robot musicians. The subtle differences between someone expressing an emotion and someone actually feeling that emotion, and the effect on the atmosphere, however, may still be too elusive to capture into an algorithm. It is still an open question though, whether an emotional or an invincible performer is more likely to move us.

Interaction
The characteristic most crucial for the attraction of a live performance is perhaps the interaction of the musician with its co-performers and the audience. Van Oeckelen's clarinet player has been said to nod towards the pianist at the start of its performance, and take a bow at the end of its performance. Although pretty basic, these gestures can be seen as a form of interaction with co-performers and the audience and contribute to our level of engagement with the musical robot. Van Oeckelen's robot, however, was not dependent on the presence of a co-performer, and its way of playing did not change based on the input or energy of the audience. As such, Van Oeckelen's clarinet player was not really capable of interacting with others.

Shimon, the marimba playing musical robot, is taking the characteristic of interaction to a different level. Due to the use of

concerten gaan, is de interactie die plaatsvindt, de uitwisseling van energie tussen de musici en het publiek. De beginselen van een dergelijke interactie zien we reeds terug bij de klarinetsspeler van Van Oeckelen. Van Oeckelens klarinettist schijnt aan het begin van zijn optreden naar de pianist geknikt te hebben, en aan het eind van de show voor het publiek te hebben gebogen. Dergelijke vormen van interactie tussen musicus en mede-musici en publiek vergroten onze betrokkenheid bij een uitvoering. Het spel van de muziekrobot van Van Oeckelen was echter niet afhankelijk van de aanwezigheid van mede-musici, en het spel veranderde niet op basis van de input of energie van het publiek. De klarinet-tist van Van Oeckelen was dus niet echt in staat tot interactie.

De marimbaspelende robot Shimon daarentegen, tilt het idee van interactie naar een ander niveau. Door het gebruik van zogenaamde machine-learning methoden, is Shimon in staat om muzikale input in real time te analyseren en samen met menselijke musici te improviseren. Shimons expressieve hoofd – dat meebeweegt met het ritme van de muziek alsof Shimon er echt van geniet, en dat afwisselend naar het aanslaan van de klankstaven en de mede-musici kijkt – completeert het beeld van een interactieve musicus.

Een muziekrobot als Shimon laat zien dat het technisch mogelijk is een robot te laten reflecteren op wat zojuist geklonken heeft, en zelfs dat het mogelijk is een robot te laten anticiperen op wat gaat komen. Interactie tussen mensen wordt echter niet alleen gevoed door dat wat we horen of zien. Of en hoe een musicus de volgende noot speelt lijkt afhankelijk te zijn van een laatste kenmerk.

machine-learning methods, Shimon is able to analyze musical input in real time and improvise along with human performers. His socially expressive head – which moves along with the beat as though Shimon is truly enjoying the music, and shifts attention across the marimba space and between fellow performers – completes the idea of a performing musician on stage.

However, a performing musician's behavior on stage is not only shaped by influences that can be seen or heard. A music performance is a social event that happens in time. The music is shaped in this very moment. Whereas reflecting on previous performances and anticipating what is yet to come may be incorporated into a machine-learning algorithm, there is one characteristic that may have the final say on when and how the next note is played.

Intention

A final characteristic of a performing musician may be the intention behind it all: The urge to make music, the feeling that you have to play in order to express yourself. This intention may lead you in all the creative decisions you take at every stage in practice and performance. It enables you to deal with the enormous pressure and psychophysiological reactions related to performing at your best, having just one chance to do it right, in front of hundreds of people or just for that one person you care about.

Of course, a musical robot may exist for the purpose of making music – though it may nowadays more likely exist for stretching the limits of technical possibilities and making

Intentie

Voor een uitvoerend musicus is muziek maken niet zomaar iets. Veel musici maken muziek omdat ze niet anders kunnen, omdat muziek de taal is waarin zij zich kunnen uiten. Een musicus maakt muziek met de intentie een muzikaal verhaal te vertellen. Deze intentie is leidend bij het nemen van alle creatieve beslissingen, van het instuderen tot het uitvoeren van een muziekstuk. Deze intentie stelt musici in staat de enorme druk en psychofysiologische reacties te trotseren die het gevolg zijn van een vak waarbij je op het moment suprême op je best dient te presteren, met slechts één kans om het goed te doen ten overstaande van een publiek van honderden mensen, of voor die ene persoon waar je om geeft. Een laatste hier te bespreken kenmerk van een uitvoerend musicus is de intentie waarmee hij of zij speelt.

We kunnen stellen dat de bestaansreden van een muziekrobot het maken van muziek is – hoe-wel het tegenwoordig waarschijnlijker is dat er muziekrobots gemaakt worden om de technologische grenzen te verleggen en mensen minder bang te maken voor robots. We kunnen de uitvoeringen van muziekrobots zoals Shimon creatief noemen, in de zin dat zij enorme hoeveelheden aan muzikale data kunnen analyseren en gebruiken voor de creatie van unieke eigen composities. Muziekrobots hebben bovendien geen last van psychofysiologische reacties zoals trillende vingers, een verhoogde hartslag, intens zweten of ondermijnende gedachten. In dat opzicht kunnen zij altijd op hun best presteren, en wellicht op een dag beter musiceren dan de mens.

Maar misschien wordt de zeggingskracht van een muziekuivoering wel juist bepaald door het vermogen van de musicus om al die uitdagingen

people feel less apprehensive about robots. Its decisions can be called creative in the sense that music robots like Shimon can analyze enormous amounts of musical data and use these analyses to play structured and unique compositions of their own. When appearing on stage, robots do not have the problem of psychophysiological reactions – like trembling fingers, an increased heart rate, intense sweating, or disturbing thoughts – that may be detrimental to their performances. In that regard they can always perform at their best. As such, music robots may someday be able to surpass humans in their ability to perform music.

**Music robots may someday
be able to surpass humans
in their ability to perform music.**

However, the emotional power of a music performance may well be the musicians' ability to overcome the challenges they are confronted with, change their interpretation of the music inspired by life events outside the concert hall and the energy of the audience, and express their deepest feelings because that makes their lives worth living. In the end, isn't that what moves listeners when attending a performance?

Admiration, Identification and Empathy

In order to answer the question whether we could be emotionally moved by the performance of a robot, we need to detect the mechanisms responsible for us being

—Pierrot, automaton with cylinder, Michel Bertrand, Bulle (Switzerland), 1989.



te overwinnen. Misschien zijn het juist de ervaringen buiten de concertzaal en de energie van het publiek die bepalen hoe een muziekstuk uiteindelijk gespeeld wordt. Of misschien draait het vooral om de noodzaak die een musicus ervaart om zijn diepste gevoelens te verklanken. Vanuit een achterliggende intentie. Omdat dat het leven de moeite waard maakt. Is dat misschien wat ons uiteindelijk het meest ontroert?

Bewondering, Identificatie en Empathie

Om de vraag te beantwoorden of wij emotioneel geraakt kunnen worden door een muziekuivoering van een robot, dienen we de mechanismen te onderzoeken die verantwoordelijk zijn voor onze ontroering, en te bepalen of een robot in staat is deze mechanismen in werking te brengen.

Onze beleving van een uitvoering wordt misschien nog wel het meest beïnvloed door onze ogen en gedachten: het maakt een groot verschil of we een musicus zien of alleen horen spelen, en of we denken naar een mens of naar een robot te luisteren. Onderzoek geeft aan dat er waarschijnlijk verschillende onderliggende mechanismen zijn die ervoor zorgen dat muziek emoties bij ons oproept.¹⁷ Een voorbeeld van zo'n mechanisme is dat wanneer we een muziekstuk horen dat ons herinnert aan een bepaalde gebeurtenis in ons leven, we de emoties behorende bij die gebeurtenis opnieuw beleven. Voor de meeste van deze mechanismen geldt dat de muziek als zodanig het uitgangspunt vormt, niet een specifieke uitvoeringspraktijk. Voor de werking van dergelijke mechanismen maakt het dus niet uit of je de muziek op de radio hoort of tijdens een live concert, en of de muziek door een mens of een robot gespeeld wordt. De muziek kan ons evengoed ontroeren.

moved, and determine whether a robot could meet the requirements for these mechanisms to operate. In this regard, the most influential aspect for our perception of a performance may be whether we see or just hear the performer, and whether we think we are listening to a human or a robot. Research has suggested several mechanisms for how we experience emotions when listening to music.¹⁷ The majority of these mechanisms (e.g., a certain piece of music reminds us of a certain episode in our life and thus causes an emotional reaction), however, focus on music itself, not on a specific performance. For these mechanisms to operate, it does not matter whether the music is played on the radio or live, by a human or a robot. We may be moved.

If we focus on the attraction of a live performance like the example at the beginning of this article, some other mechanisms may be at play. A first mechanism responsible for us being moved may be admiration: We admire a musician for how s/he comes across and for any special skills s/he possesses. We admire, for instance, someone's beautiful appearance, someone's skilled way of playing the most challenging pieces of music, someone's amazing voice and the ability to express all possible emotions, someone's energy on stage, or someone's capacity to conquer the fear of performing in front of hundreds of people.

The reason why we admire someone is that we tend to identify and compare ourselves with others – a second mechanism. When comparing ourselves to a performing musician, we may imagine what it would be like to play like that, and probably realize the gap between the musician's abilities and ours. Still, the fact that

17 Juslin, P. N. & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31, 559–621.

Als we ons richten op de aantrekkingskracht van een live uitvoering zoals in het voorbeeld aan het begin van dit artikel, lijken er een drietal andere mechanismen te spelen. Een eerste mechanisme zou bewondering kunnen zijn: We bewonderen een musicus voor hoe hij of zij overkomt, en om alle speciale vaardigheden die hij of zij bezit. We bewonderen bijvoorbeeld iemands knappe uiterlijk, iemands talent om de meest uitdagende muziekstukken te spelen, iemands prachtige stem en het vermogen om daarmee alle mogelijke emoties uit te drukken, iemands energie op het podium, of iemands moed om voor honderden mensen op te treden.

De reden waarom we iemand bewonderen, is dat we onszelf identificeren en vergelijken met anderen – een tweede mechanisme. Als we ons identificeren met een uitvoerend musicus, zouden we ons voor kunnen stellen hoe het zou zijn om ook zo te kunnen spelen – en ons waarschijnlijk realiseren dat we een dergelijk niveau niet zomaar kunnen evenaren. Desondanks, een ander mens iets bijzonders zien doen herinnert ons eraan dat grote prestaties mogelijk zijn. Dit kan ons inspireren om ook onze dromen te verwezenlijken. Identificatie op haar beurt maakt empathie mogelijk – een derde mechanisme. Empathie is het vermogen om je in te leven in de gevoelens van iemand anders. Als we menselijke eigenschappen in iemand of iets herkennen – of denken te herkennen – zijn we geneigd ervan uit te gaan dat die persoon of dat object gedachten en gevoelens heeft. Van het projecteren van gedachten en gevoelens in iemand of iets is het vervolgens een kleine stap naar het veronderstellen van een intentie achter het gedrag dat we waarnemen.

Onderzoek toont aan dat er een relatie is tussen empathie en het ervaren van emoties bij muziek:



—Automaton with cylinder, 'Bird Trainer', Gustave Vichy, Paris (France), approx. 1890. On loan from the Murtoth D. Guinness Collection of Mechanical Instruments and Automata, The Morris Museum, Morristown, New Jersey.

another human being is able to do something shows us that great achievements are possible, which might inspire us to strive for something as well.

Identification in turn, may make empathy – a third mechanism – possible: The capacity to understand and vicariously experience someone else's feelings. If we recognize – or imagine we recognize – human traits in someone or something, we tend to project thoughts and feelings onto that person or object. It is a small step from projecting thoughts and feelings onto someone or something, to imagining an intention behind the behavior we observe.

mensen die zich inleven in de musicus en zich bijvoorbeeld voorstellen hoe de musicus zich voelt, ervaren sterkere emoties in relatie tot de muziek die ze horen. Dit blijkt zowel uit de beschrijving die mensen geven van hun beleving, als uit metingen van fysiologische reacties tijdens het luisteren. Empathie met de musicus lijkt er dus voor te zorgen dat wij eerder door een uitvoering geraakt worden.¹⁸

Het lijkt erop dat het technisch mogelijk is om robots te maken die de kenmerken van een uitvoerend musicus kunnen imiteren. Als zodanig kunnen we deze robots bewonderen om hun vaardigheden. We kunnen ons identificeren met hen vanwege hun uiterlijk en bewegingen. We kunnen empathie voor hen opbrengen vanwege hun imitatie van menselijke eigenschappen. We kunnen zelfs geloven dat ze handelen vanuit een persoonlijke intentie. We zouden ontroerd kunnen raken door hun muziek.

Houden robots van muziek?

Stel je voor dat je het concert aan het begin van dit artikel opnieuw bezoekt en dat het een robot is die voor je speelt. Je bent ontroerd, door de muziek die je hoort; door de manier waarop de robot je bespeelt – met haar uiterlijk, haar bewegingen, haar expressie; door de manier waarop ze communiceert met jou en alle anderen in het publiek. Maar bovenal raakt het je dat zij nooit door iemand of iets zal worden ontroerd, dat ze de emoties die ze overbrengt niet voelt, en dat ze niet in staat is van muziek te houden.

Het belangrijkste verschil tussen een mens en een robot is waarschijnlijk dat er geen wederkerigheid is, en dat een robot nooit oprecht ontroerd zal kunnen zijn. Niet door ons. Niet door onze liefde. Niet door onze muziek.

Research suggests a relationship between empathizing with a musical performer (e.g., imagining how the performer feels) and music-induced emotions and their underlying physiological activity: Audience members who empathize with the musical performer experience stronger emotions in relation to the music they hear – and are more likely to be moved by the performance.¹⁸

It may be technologically possible to create and program robots with the ability to imitate the characteristics of a performing musician. As such, we may admire these robots for their skills. We may identify with them due to their appearances and movements. We may empathize with them because of their imitation of human traits. We may even start to believe that they operate from an innate intention. We may be emotionally moved by their music.

Do robots love music?

Imagine that you revisited the concert at the beginning of this article, and that a robot was performing at that concert. You are moved, because of the music you hear; because of the way the robot enthralls you, with her appearance, her movements, her expression; because of the way she interacts with you and all the others in the audience. But above all you are moved by the idea that she will never be moved by anyone or anything, that she does not feel the emotions she expresses, and that she cannot love music.

The main difference between robots and us is probably that there is no reciprocity, and that they will never be emotionally moved. Not by us. Not by our love. Not by our music.

18 Miu, A.C., Baltes, F.R., 'Empathy Manipulation Impacts Music-Induced Emotions: A Psychophysiological Study on Opera', In *PLoS ONE* 7-1, e30618 (2012).

6 ROBOTS LOVE MUSIC

Prof. dr. ir. David Abbink



—Dance organ 'Robot Decap' with built-in Hammond organ, Decap brothers, Antwerp (Belgium), 1964.

Sinds het ontstaan van de mensheid worden muziekinstrumenten gebruikt om emoties uit te drukken, om rituelen te voorzien van muziek, of gewoonweg om onszelf te vermaken. De diversiteit en complexiteit van muziekinstrumenten is verbluffend.

Als je vroeger naar muziek wilde luisteren was het vaak de enige optie om zelf muziek te maken, of om anderen te vinden die voor je wilden spelen. Dat is vandaag de dag moeilijk voor te stellen: we kunnen muziek kiezen uit een database die meer liedjes bevat dan we ooit zouden kunnen luisteren, en kunnen het afspelen waar en wanneer we maar willen. En musiceren is niet meer slechts aan mensen voorbehouden: in Robots love Music kun je robots zien en horen die ook muziek kunnen maken!

Maar wat is een robot eigenlijk? Is de collectie zelfspelende instrumenten in Museum Speelklok in feite een collectie vroege robots? Op wat voor manier lijken ze op of verschillen ze van menselijke muzikanten?

Een geschiedenis van zelfspelende muziekinstrumenten

Muziek ontstaat door geluidsgolven gestructureerd door tijd. Oorspronkelijk werden geluidsgolven opgewekt door muziekinstrumenten (bijvoorbeeld gemaakt van bot, hout, gespannen huid of snaren). Muziek spelen vraagt echter niet alleen om een compositie (geschreven door iemand anders of geïmproviseerd), maar ook om beheersing van je bewegingen en krachtoefening op het instrument. Mensen doen dit intuïtief, maar tot voor kort was het een enorme uitdaging om machines te maken die hun bewegingen zo beheersten. Om deze

Since the dawn of mankind, we have made musical instruments to express emotions, to accompany rituals, or simply to entertain ourselves. The diversity and complexity of musical instruments is astounding.

For a long time however, if you wanted to hear music – alone or together – the only option you had was to either play music yourself, or find others to play it for you. This is difficult to imagine today: we can select music from a database with more songs than we could ever listen to, and play it whenever we like, for as long as we like. And humans are not alone anymore: in Robots love Music you can see and hear robots that can play music too!

But, what is a robot? Is the collection of self-playing musical instruments exhibited by Museum Speelklok a collection of early robots? And how are they similar to and different from human musicians?

A history of self-playing musical instruments

Music is based on sound waves organized in time. Traditionally, sound waves were evoked by means of musical instruments (made from bone, wood, taut skins, strings). Playing music requires not only a composition (either written by someone else, or improvised), but also control over movement and forces on the musical instrument. Humans do this intuitively, but – until recently – you had to come up with very ingenious mechanical devices to create any kind of controlled movement. To make such devices 'self-moving' they needed to be powered by springs, weights, or the flow of air or water.

machines zelf-bewegend te maken waren veren, gewichten of het stromen van lucht of water nodig voor de aandrijving.

De eerste zelfspelende instrumenten¹⁹ waren allemaal gebaseerd op het principe van een externe aandrijving, vaak gereguleerd door cilinders met pinnen die akoestische klankbronnen bespeelden. Pianola's (zelfspelende piano's) en zelfs hele 'orkesten in een doos' (orchestrions) werden geïntroduceerd, waarin de cilinders werden vervangen door papieren rollen. Museum Speelklok in Utrecht huisvest een grote historische collectie zelfspelende muziekinstrumenten.

Vanaf de economische crisis in de jaren 30 werd het ontwikkelen van muziekautomaten minder populair. Dit kwam mede door de opkomst van de fonograaf en de grammofoon, die opgenomen geluiden en daarmee muzikale uitvoeringen konden afspelen. Geluidsgolven konden worden gevangen en gereproduceerd.

Van mechanische naar elektronische geluidsgolven

Tussen 1870 en 1920 werd elektriciteit aangewend als krachtbron. Het werd ook al snel gebruikt als een nieuwe methode om geluidsgolven mee op te wekken. Tussen 1920 en 1930 werden de eerste elektronische muziekinstrumenten, en bijbehorende composities, geïntroduceerd. Traditionele muziekinstrumenten produceren geluidsgolven op mechanische wijze: krachten en bewegingen die trillingen veroorzaken. Elektronica maakte het mogelijk om mechanisch geproduceerde geluidsgolven te versterken en aan te passen door elektrische circuits. Elektronica kon worden toegepast op mechanische systemen, waaruit elektromechanische instrumenten zoals het Hammond-orgel

The first self-playing instruments¹⁹ were all based on the principle of such external power, often controlled by cylinders with pegs to actuate acoustic elements. Mass-produced pianolas (self-playing pianos) and even entire 'orchestras in a box' (orchestrions) were introduced, in which the cylinders were replaced by paper rolls. The Museum Speelklok in Utrecht houses a large collection of such historical self-playing musical instruments.

The innovations in musical automata came to a halt during the economic crisis in the 1930s. Another factor that contributed to the decline of musical automata was the rise of the phonograph and gramophone, which could play back pre-recorded sounds and thereby musical performances. Sound waves could now be captured, and exactly reproduced.

From mechanical to electrical sound waves

In 1870-1920 electricity was harnessed and used as source for power. But it was also relatively quickly used as a new possibility to generate sound waves. Between 1920-1930, the first electronic musical instruments were introduced, along with the first compositions for them. Traditional musical instruments produce sound waves by mechanical means: forces and movements that cause vibrations. Electronics allowed amplification and modulation of mechanically produced sound waves through electrical circuits. Electronics could be added to mechanical systems to produce electromechanical instruments, for example in the Hammond organ (popularized by Simon and Garfunkel, the Beatles, the Doors), or in electric guitars and basses, which were played by human musicians. But electronic circuits also opened up the creation of completely

¹⁹ One of the earliest self-playing musical instruments hails from 1206, described by muslim inventor Al-Jazari in his famous work "The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices". In this book he described a musical robotic band to entertain guests at royal drinking parties. It consisted of a boat with four 'automatic' musicians, each powered by water, and programmed by a cylinder with pegs (cams).



(bekend van o.a. Simon en Garfunkel, the Beatles, the Doors), elektrische gitaren en basgitaren voortkwamen. Daarnaast creëerde het gebruik van elektronische circuits ook de mogelijkheid tot het ontwikkelen van compleet nieuwe geluidsgolven. Volledig elektronische muziekinstrumenten zijn bijvoorbeeld de theremin (uitgevonden in 1919) en synthesizers (o.a. gebruikt door Robert Moog in de jaren '70). Een synthesizer kan elektronische signalen omzetten naar geluidsgolven die zowel traditionele muziekinstrumenten imiteren als volledig nieuwe geluiden creëren. De invloedrijke band Kraftwerk maakt veel gebruik van synthesizers. Kort na de formatie van de band besloot Kraftwerk om geen akoestische instrumenten meer te gebruiken, maar in plaats daarvan alleen nog maar muziek te maken met synthesizers.

new sound waves. Purely electronic musical instruments include the theremin (invented in 1919) and synthesizers (pioneered by Robert Moog in the 1970s). With synthesizers, electronic signals can be converted to sound waves that can either imitate (multiple) traditional musical instruments or constitute entirely novel sounds. An influential band incorporating synthesizers is the German band Kraftwerk. Soon after the formation of the band, Kraftwerk decided to abandon acoustic instruments altogether and only use synthesizers to create and perform their music.

Digitization and computers

During the Second World War, British mathematician Alan Turing realized the predecessor of the modern computer, spurred by the need to break the Enigma code. It is however not a

Digitalisering en computers

Tijdens de Tweede Wereldoorlog ontwikkelde wiskundige Alan Turing de voorloper van de moderne computer, gedreven door de noodzaak om de Enigma-code te kraken. Het is veel minder bekend dat hij in 1948 ook de eerste was die een computer gebruikte om muzieknoden te genereren. Zijn uitvindingen op het gebied van computers maakten de weg vrij voor digitalisering, een proces waarbij informatie omgezet wordt in bits (nullen en enen), die snel verwerkt en aangepast kunnen worden door computerprogramma's.

Voor muzikanten betekende dit dat de programmering van een compositie niet alleen mechanisch bewaard kon worden (op cilinders, papier, orgelboeken), maar ook digitaal, wat het mogelijk maakte programma's snel aan te passen. Deze computerprogramma's konden synthetische of digitale geluidsgolven opwekken, of konden gekoppeld worden aan elektronische instrumenten bespeeld door mensen.

Digitalisering zorgde er ook voor dat computeralgoritmes (een verzameling instructies voor berekeningen) muziek konden componeren. In 1960 publiceerde de Russische onderzoeker Zapirov het eerste onderzoek naar algoritmische muziekcomposities. Vijf jaar later introduceerde uitvinder en schrijver Ray Kurzweil (inmiddels directeur of engineering bij Google) een nieuw pianostuk dat was gecomponeerd door een computeralgoritme, dat muzikale patronen in verschillende door mensen gemaakte composities kon herkennen.

Helaas is voor de gemiddelde muzikant het gebruik van computers en algoritmes te hoog gegrepen. Zelfs het aansluiten van elektronische apparaten op elkaar of op een computer, of op interfaces waar muzikanten mee zouden kun-

very well-known fact that in 1948 he was also the first to program a computer to generate musical notes. His work on computers paved the way for digitization, the process which converts information to bits (zeroes and ones), which can then be rapidly processed and manipulated by computer programs.

For musicians, this meant that the program for a music composition could now be stored not only mechanically (cylinders, paper, organ books) but also digitally, which allowed instantaneous changes to the programs. These computer programs could trigger synthesized or digitally sampled sound waves or could be connected to human-played electronic musical instruments.

Digitization also allowed computer algorithms (sets of rules to be followed in calculations) to actually compose music. In 1960 the Russian researcher Zaripov published the first paper on algorithmic music composing. Five years later, inventor and author Ray Kurzweil (currently director of engineering at Google) premiered a novel piano piece created by a computer algorithm capable of recognizing musical patterns in various man-made compositions.

Unfortunately, the average musician could not make use of computer programs and algorithms. In fact, even just connecting electronic musical instruments to each other or to computers, or to interfaces which musicians could interact with is a challenge. Therefore in the 1980s a technical standard was introduced: MIDI (Musical Instrument Digital Interface). MIDI sequences can be manipulated in ways that prerecorded audio cannot. It is possible to change the key, instrumentation or tempo of a MIDI arrangement,



—Automaton with music box, Duracell, Taipei (Taiwan), approx. 1990.

nen communiceren is een uitdaging. Om deze reden werd in de jaren '80 een technische standaard ingevoerd: MIDI (Musical Instrument Digital Interface). MIDI-patronen kunnen makkelijker worden aangepast dan vooraf opgenomen audiomateriaal. Het is mogelijk om de toonsoort, instrumentatie of tempo aan te passen, en om aparte onderdelen opnieuw te ordenen. De mogelijkheid om composities te maken en ze direct terug te luisteren stelt de componist in staat snel te experimenteren.

De British Musician's Union probeerde in 1982 het gebruik van synthesizers zelfs te verbieden

De introductie van MIDI viel samen met de ontwikkeling van personal computers, wat een snelle uitbreiding van muzikale software en elektronische instrumenten (bas-synthesizers, drummachines, etc.) op gang bracht. Deze klanken voerden de boventoon in de elektronische dancemuziek van de jaren 80. Tegelijkertijd ontstonden er verontruste geluiden over het feit dat de synthesizer wel eens muzikanten en orkesten zou kunnen gaan vervangen. De British Musician's Union probeerde in 1982 het gebruik van synthesizers zelfs te verbieden, en dertig jaar later waarschuwden Britse filmcomponisten dat de kwaliteit van filmmuziek te lijden heeft onder het gebrek aan expressiviteit veroorzaakt door het gebruik van synthetische geluiden.

Ondanks deze waarschuwingen heeft elektronische muziek muzikanten of componisten niet overbodig gemaakt.

and to reorder its individual sections. The ability to compose ideas and quickly hear them played back enables composers to experiment quickly.

The introduction of MIDI coincided with the dawn of personal computers, spurring a rapid expansion of music software and electronic instruments (bass synthesizers, drum machines etc). Their sounds dominated the electronic dance music in the 1980s. At the same time, concern was raised that the advent of the synthesizer would replace session musicians and orchestras. The British Musician's Union unsuccessfully attempted to ban synthesizers in 1982, and thirty years later leading British film composers warned that the quality of film music was suffering due to lack of expression in synthesized sounds.

Despite these warnings, electronic music has not made human musicians or composers obsolete. Rather, electronic music is often blended with the input from human musicians: hip-hop artists rap on top of sampled beats, live musicians play drums and guitar alongside pre-recorded backing tracks, electronic music artists use their laptops, touchpads or even bodysuits to produce and alter sounds in real-time. Yet at the same time, it is obvious that electronics have revolutionized music composing and performance. You could perhaps even call your laptop playing an MP3 a self-playing musical instrument. In addition, you could easily create a MIDI program to play piano pieces that you could not play yourself, or that could not even be played by the most talented pianist in the world!

But to what extent can computers now equal or even outperform humans in composing music? The increasingly cheap and fast computation

Elektronische muziek wordt daarentegen vaak gecombineerd met het werk van menselijke muzikanten: hiphop-artiesten rappen op gesamplede beats, muzikanten bespelen live drums en gitaar begeleid door opgenomen backing tracks, elektronische muzikanten gebruiken hun laptops, touchpads of zelfs bodysuits om geluiden in real-time te produceren. Tegelijkertijd zien we dat elektronica het componeren en opvoeren van muziek radicaal veranderd heeft. Je zou nu misschien zelfs je laptop die een MP3 bestand afspeelt een zelfspelend instrument kunnen noemen. Daarnaast kun je vrij makkelijk een MIDI programma creëren dat pianostukken speelt die je zelf niet zou kunnen spelen, of die zelfs te moeilijk zijn voor de meest talentvolle pianisten ter wereld!

In hoeverre zijn computers gelijk aan of zelfs beter dan mensen als het gaat om het componeren van muziek? Computers worden steeds goedkoper en sneller, en het herkennen van patronen en 'big data' stimuleert de ontwikkeling van 'deep learning': algoritmes die zelf kunnen leren. In essentie bestaat 'deep learning' uit een toevoer van grote databestanden (big data), waar statistische patronen uit afgeleid kunnen worden. Met andere woorden, zolang ze genoeg data ontvangen kunnen deze algoritmes zichzelf continu blijven ontwikkelen en verbeteren. Google gebruikt deze techniek bijvoorbeeld voor hun zoekmachine, Facebook gebruikt het voor je persoonlijke pagefeed (en voor doelgerichte marketing), en Spotify en Netflix geven zo suggesties voor nieuwe nummers of films. Je hebt waarschijnlijk ook wel gehoord dat 'deep learning' nu zelfs beter GO kan spelen dan de huidige wereldkampioen.



power, pattern recognition and 'big data' have facilitated 'deep learning': algorithms that learn by themselves. Basically, deep learning can be fed with large amounts of data (big data), and learn to extract essential statistical patterns to perform a task. In other words, these algorithms continuously improve themselves, the more data you feed them. Google uses this technique to help our internet searches, Facebook to personalize pagefeeds (and help them with targeted marketing), and Spotify or Netflix to suggest songs or movies. You have probably also heard that deep learning has learned to play Go better than the world champion. Deep learning can also be applied to music composition. Algorithms collect the learning material by themselves from sample music material supplied by the user or program-

—*Robotic hand,*
Rob Scharff & Jo Geraedts,
Delft (Netherlands), 2015.
On loan from the Delft
University of Technology.

Deep learning kan ook toegepast worden op het componeren van muziek. Algoritmes verzamelen het te bestuderen materiaal zelf uit voorbeeldmateriaal ingegeven door de gebruiker of de programmeur. Het materiaal wordt dan omgezet in een muziekstuk dat lijkt op het voorbeeldmateriaal. Muzikant en computerwetenschapper David Cope ontwikkelde de kunstmatig intelligente componist Emily Howell: een set algoritmes die statistische patronen in het werk van een componist kan ontdekken, en daaruit een persoonlijke stijl kan afleiden. Het meest indrukwekkende is echter dat deze algoritmes vervolgens een nieuw werk in exact dezelfde stijl kunnen componeren. Online kun je luisteren naar een nieuwe compositie in de stijl van Bach, die hij nooit geschreven heeft maar die makkelijk van hem had kunnen zijn... Emily Howell heeft al twee albums uitgebracht.

Wil je zelf proberen om een algoritmische compositie te maken? Dan kun je Jukedek een proberen. Je vult een aantal velden in (genre, sfeer, lengte van het stuk) en een deep-learning-algoritme zal een persoonlijk nummer voor je creëren... Wellicht is het je opgevallen dat alle voorbeelden tot nu toe de mogelijkheden van software beschrijven. Maar hoe zit het dan met het lichaam? Dan hebben we het over robots: belichaamde kunstmatige intelligentie!

Robotische muzikaliteit: robotmuzikanten, robot componisten

In hoeverre hebben robotmuzikanten zich ontwikkeld? Kunnen robotmuzikanten net zo goed akoestische instrumenten bespelen als mensen? Zijn ze misschien zelfs beter dan mensen?

mer. The material is then processed into a piece of music similar to the sample material. Musician and computer scientist David Cope has created the artificial intelligence composer Emily Howell: a set of algorithms that can analyze statistical patterns in the works of a composer, and thereby recognize their 'signature style'. More impressively, these algorithms can then compose new works in that style. Online you can listen to a new composition in the style of Bach, that he never wrote, but might have written... Two albums of Emily Howell have been released to date.

Would you like to try algorithmic composition yourself? Then you can check out Jukedek: just fill in a few items (genre, mood, length of track) and a deep-learning algorithm will make a custom song for you...

Perhaps you have noticed that so far, all these examples show the capabilities of software. But what about the body? Then we enter the terrain of robots: embodied artificial intelligence!

Robotic musicianship: robotic musicians, robotic composers

How far have robotic musicians developed? Do robotic musicians equal human musicians when playing acoustic instruments made for humans? Could they outperform human musicians?

These questions are intriguing, but before we let our imagination run wild it is important to realize that at the moment, the majority of musical robots can do little more than execute pre-programmed motions. Essentially, they are no different than the ancient musical robots of Al-Jazari, except that their mechanical body is now powered by electricity and controlled by adjustable software. Such examples include the industrial robot arms programmed by Nigel

Dit zijn stuk voor stuk intrigerende vragen, maar voordat we onze fantasie de vrije loop laten is het belangrijk om te benadrukken dat op dit moment de meerderheid aan muzikale robots niet veel meer kan dan het uitvoeren van vooraf geprogrammeerde bewegingen. In essentie verschillen deze niet veel van de muzikale robots van Al-Jazari, behalve dat hun mechanische lijf nu aangedreven wordt door elektriciteit en aanpasbare software. Voorbeelden hiervan zijn de robotarmen geprogrammeerd door Nigel Stanford, of de robot-band Compressorhead. Deze robotmuzikanten zijn zeker indrukwekkend en vermakelijk, maar ze spelen of componeren niet zoals mensen. Ze zijn leuk om naar te kijken, maar ze werken niet samen met menselijke muzikanten door op hen te reageren.

Dit is precies waar professor Gil Weinberg, directeur van het Georgia Tech Center for Music Technology, naar streeft. “Laten we nieuwe technologieën uitvinden die muziek kunnen verbeteren en mensen op een totaal nieuwe manier muziek kunnen laten maken en creëren”, zegt Weinberg. “Een manier om dit te bereiken is door robots te bouwen die een digitaal brein dat muziek begrijpt combineren met een fysiek lijf dat muziek kan maken. Die samenwerking zou wat mensen nu al doen nog beter kunnen maken”.

Tien jaar geleden creëerde hij de marimba-spelende robot Shimon: een robot die marimba speelt met een lijf (vier armen en acht stokken) en een brein (met deep-learning-algoritmes) die fysiek akkoorden en samenklanken kunnen spelen, en die op vooraf bepaalde akkoordenschema's kunnen improviseren. Shimons brein werd getraind door PhD-student Mason Breton,



Stanford or the robot band Compressorhead. These robotic musicians are absolutely impressive and entertaining, but do not play or compose like humans. Actually, they are maybe fun to watch, but they do not perform together with human musicians, in the sense that they respond to them.

This is exactly what Professor Gil Weinberg, the director of the Georgia Tech Center for Music Technology, set out to do. “Let’s invent what will be the new technologies that can enhance music that can let people play and create music in completely new ways,” Weinberg said. “One of them is building robots that combine digital brains that can understand music and physical bodies that can actually play music. Both of them enhancing what humans currently do.”

Ten years ago he created marimba-playing Shimon: a marimba-playing robot with a body (four arms and eight sticks) and a brain (deep-learn-

___ *Drum prosthesis, Gil Weinberg, Georgia (USA), 2013-2014.*

___ *Travis Speakerdock ‘Shimi’, Guy Hoffman, Atlanta (Georgia, USA), 2011-2012. On loan from Georgia Tech Research Corporation.*



die het bijna vijfduizend nummers voerde - variërend van Beethoven tot de Beatles en van Lady Gaga tot Miles Davis - en meer dan twee miljoen motieven, riffs en ritmes. De kernvraag was: heeft het hebben van een lichaam, met zowel mogelijkheden als beperkingen, invloed op de muzikale composities van deep-learning-algoritmes?²⁰ Mason Breton richtte een jazzcombo op met hemzelf op gitaar, piano en drum, drie dansende robots (Shimi's) die elektronische muziek creëren met behulp van improviserende algoritmes, en een mechanische marimbaspelende robot (Shimon).

ing algorithms) that can physically play chords and harmonies, and improvise over precomposed chord progressions. Shimon’s brain was trained by a PhD student Mason Bretan, who fed it nearly five thousand songs - from Beethoven to the Beatles and from to Lady Gaga to Miles Davis - and more than two million motifs, riffs and licks of music. A main research question was: do the limitations and possibilities of being embodied influence the musical composition of deep-learning algorithms?²⁰ Mason Bretan assembled a jazz combo consisting of himself on guitar, piano and drums, three dancing

Weinberg faciliteerde ook een nog intiemere connectie tussen robotmuzikant en menselijke muzikant, door de ontwikkeling van een robotische drum-prothese voor Jason Barnes, een drummer die zijn rechteronderarm was verloren. De prothese kan gekoppeld worden aan zijn rechter bovenarm, en heeft motoren die twee drumstokken aansturen. De bewegingen van de eerste stok worden volledig bepaald door Jason zelf: de bewegingen van zijn bovenarm bepalen de bewegingen van de drumstok. Voor drummen is het echter ook belangrijk om de stok strakker of losser te kunnen vasthouden en bewegen. Jason kan dit bepalen door elektromyografische (EMG) sensoren op zijn bovenarm, die kunnen meten hoeveel hij zijn spieren aanspant en de grip van de prothese daarop kunnen aanpassen.

De andere stok 'luistert' naar de muziek en improviseert daarop. "De tweede drumstok heeft zijn eigen wil," zegt Weinberg, "Het is enorm interessant om Jason te zien spelen en improviseren met het deel van zijn arm waar hij geen volledige controle over heeft. Jason kan de tweede stok wegtrekken van de drums als hij de volledige controle wil hebben, of hij kan het toestaan om uit zichzelf te spelen en om verrast te worden door deze nieuwe arm die reageert op zijn speelwijze".

Iedereen wordt daarnaast de mogelijkheid geboden om met een robotische arm te kunnen spelen. Weinbergs lab maakte ook een draagbaar robotisch ledemaat, dat als een derde drum-arm kan fungeren. Het reageert op bewegingen en de muziek die het hoort, zodat de muzikant nieuwe manieren van drummen kan ontdekken.

Uiteindelijk is de vraag of robotmuzikanten beter zijn dan menselijke muzikanten misschien

robots (Shimis) that create electronic music using improvisational algorithms, and a mechanical marimba-playing robot (Shimon).

**Shimon was designed to listen
like a human and play like a machine.**

Weinberg also made an even more intimate interaction between robot musician and human musician possible, when he created a robotic drumming prosthesis for Jason Barnes, a drummer who lost his right arm from below the elbow. The prosthesis can be attached to his right upper arm, and has motors to power two drumsticks. Movement for the first stick is completely controlled by Jason: his upper arm movements determine the general movement of the stick. But for drumming it is also important to be able to tighten and loosen the stick to control rebound. Jason can control this through electromyography (EMG) muscle sensors on his upper arm, that measure how much he flexes his biceps and thereby adjust the robotic prosthesis' 'grip' on the stick. The other stick, listens, to the music being played and improvises. "The second drumstick has a mind of its own," said Weinberg, "It's interesting to see him playing and improvising with part of his arm that he doesn't totally control. Jason can pull the second robotic stick away from the drum when he wants to be fully in control, or he can allow it to play on its own and be surprised and inspired by his new arm responding to his drumming".

But you do not need to be an amputee to play with a robotic arm. Weinberg's lab also realized a wearable robotic limb, that acts as a third drumming arm. It responds to gestures and the music it hears, so you can explore new ways of drumming. In conclusion, perhaps the question



—Shimon, Gil Weinberg and Guy Hoffman, Atlanta (Georgia, USA), 2009. On loan from Georgia Tech Research Corporation.

wel helemaal niet zo relevant. Technologie heeft altijd onze creatieve mogelijkheden verrijkt. Ik ben van mening dat robots en kunstmatige intelligentie ons niet zullen vervangen als muzikanten. Muzikale optredens en composities zullen daarentegen nog mooier worden, mits we een manier kunnen bedenken om intuïtieve interfacing en interactie te faciliteren. In de toekomst kunnen we misschien samen met robots elektronische instrumenten musiceren die onze stoutste dromen overtreffen, maar het maken van en luisteren naar muziek is en blijft een voor-namelijk menselijke behoefte.

whether robot musicianship is better or worse than human musicianship is not so relevant. Technology has always enriched our creative possibilities. I believe that robots and artificial intelligence will not replace us as musicians. Instead, music performance and composition will be even richer than it ever was, provided we come up with intuitive interfacing and engaging interaction. In the future we might play with robotic musicians or electronic instruments beyond our wildest dreams, but playing music and listening to it is – and will always remain – a very human need.

LIJST VAN EXPOSITIE- STUKKEN

COLLECTION OVERVIEW



—Automaton with
program disk and
flute, Karl Griesbaum,
Triberg im Schwarzwald
(Germany), approx. 1930.

1. 'Hand', Freerk Wieringa, Deventer (Nederland), 2006. In bruikleen van Freerk Wieringa.
2. Automaat uit de film 'Hugo', Dick George Creatives, East Molesy (Verenigd Koninkrijk), 2011. In bruikleen van Collections Cinémathèque française, Parijs (Frankrijk).
3. Pneuma Accordeon Jazz 'Double Tino', Gastaud et Raibaut, Nice (Frankrijk), ca. 1930-1935.
4. Speelklok met bellenspeelwerk, vervaardiger onbekend, Zuidelijke Nederlanden, ca. 1550.
5. Humanoïde robot Nao, Aldebaran Robotics, Parijs (Frankrijk), 2014.
6. Automaat met programmaschijf en zuigerfluit, Karl Griesbaum, Triberg im Schwarzwald (Duitsland), ca. 1930.
7. Automaat met cilinderspeelwerk 'Bird trainer', Gustave Vichy, Parijs (Frankrijk), ca. 1890. In bruikleen van The Murtoogh D. Guinness Collection of Mechanical Instruments and Automata, The Morris Museum, Morristown, New Jersey.

1. 'Hand', Freerk Wieringa, Deventer (The Netherlands), 2006. On loan from Freerk Wieringa.
2. Automaton from the film 'Hugo', Dick George Creatives, East Molesy (UK), 2011. On loan from the House of Automata, Paris (France).
3. Pneuma Accordion Jazz 'Double Tino', Gastaud et Raibaut, Nice (France), approx. 1930-1935.
4. Music box with bells, unknown maker, southern Netherlands, approx. 1550.
5. Humanoid robot Nao, Aldebaran Robotics, Paris (France), 2014.
6. Automaton with program disk and flute, Karl Griesbaum, Triberg im Schwarzwald (Germany), approx. 1930.
7. Automaton with cylinder, 'Bird Trainer', Gustave Vichy, Paris (France), approx. 1890. On loan from the Murtoogh D. Guinness Collection of Mechanical Instruments and Automata, The Morris Museum, Morristown, New Jersey.

8. Automaat met orgel 'Fluitspeler', Alexandre Theroude, Parijs (Frankrijk), ca. 1869. In bruikleen van The Murtoth D. Guinness Collection of Mechanical Instruments and Automata, The Morris Museum, Morristown, New Jersey.

9. Working model van Schlottheimautomaat 'tafelship' uit de 16^e eeuw, Ian Hammond & J.J.L. Haspels, Camberly (Groot-Brittannië) & Utrecht (Nederland), 1991.

10. Mechanischer Feldtrompeter von Mälzel aus 1808 - Remake, Jakob Scheid, Wenen (Oostenrijk), 2014-2015. In bruikleen van: Institut für Musikwissenschaft der Universität Wien.

11. Automatische altklarinet 'Klar', Godfried-Willem Raes, Gent (België), 2012. In bruikleen van Stichting Logos, Gent.

12. Rollenorkestrion, Philipps Paganini, Philipps & Söhne, Bockenheim (Duitsland), ca. 1921.

13. Metallofoon met een versteekbare cilinder 'Gloggomobil', Herbert Bachli, Zofingen (Zwitserland), 1983.

14. Cilinderspeeldoos met automaten en slagwerk, Charles Ullmann, l'Auberson (Frankrijk), 1890.

15. Automatisch xylofoonspelende clown Zilotone, Wolverine Supply, Pittsburgh (Verenigde Staten), ca. 1930.

16. Automaat met speelwerk, Duracell, Taipei (Taiwan), ca. 1990.

17. Ludwig - LEGO automaat met metallofoon, Daniele Benedettelli, Grosseto (Toscane, Italië), 2018. In bruikleen van Daniele Benedettelli.

18. Orgelbeeld bel slaande dame, vervaardiger onbekend, plaats onbekend, ca. 1900.

8. Automaton with organ, 'Flute Player', Alexandre Theroude, Paris (France), approx. 1869. On loan from the Murtoth D. Guinness Collection of Mechanical Instruments and Automata, The Morris Museum, Morristown, New Jersey.

9. Working model of the Schlottheimautomaton, 'nef' from the 16th century, Ian Hammond & J.J.L. Haspels, Camberly (UK) & Utrecht (The Netherlands), 1991.

10. Mechanischer Feldtrompeter von Mälzel aus 1808 - Remake, Jakob Scheid, Vienna (Austria), 2014-2015. On loan from the Institut für Musikwissenschaft der Universität Wien.

11. Automatic alt-clarinet, 'Klar', Godfried-Willem Raes, Ghent (Belgium), 2012. On loan from Stichting Logos, Ghent.

12. Roll orchestrion, Philipps Paganini, Philipps & Söhne, Bockenheim (Germany), approx. 1921.

13. Metallophone with adjustable cylinder 'Gloggomobil', Herbert Bachli, Zofingen (Switzerland), 1983.

14. Cylinder music box with automatons and percussion, Charles Ullmann, l'Auberson (France), 1890.

15. Self-operating xylophone playing clown Zilotone, Wolverine Supply, Pittsburgh (USA), approx. 1930.

16. Automaton with music box, Duracell, Taipei (Taiwan), approx. 1990.

17. Ludwig - a glockenspiel-playing LEGO automaton, Daniele Benedettelli, Grosseto (Tuscany, Italy), 2018. On loan from Daniele Benedettelli.

18. Organ figurine bell striking woman, unknown maker, place unknown, approx. 1900.

19. Drumprothese, Gil Weinberg, Georgia (US), 2013-2014. In bruikleen van Georgia Tech Research Corporation.

20. Cimbaalspelende robot 'Simba', Godfried-Willem Raes, Gent (België), 2007. In bruikleen van Stichting Logos, Gent.

21. Orcestrion met pneumatisch klavier, xylofoon en mandoline-effect, Weber Grandezza, Gebroeders Weber, Waldkirch (Duitsland), ca. 1920.

22. Medische handprothese, Philippe Cauet, Parijs (Frankrijk), 1915-1916. In bruikleen van Van Leest Antiques, Utrecht.

23. Robothand, Rob Scharff & Jo Geraedts, Delft (Nederland), 2015. In bruikleen van Technische Universiteit Delft.

24. Pierrot, Automaat met cilinderspeelwerk, Michel Bertrand, Bullet (Zwitserland), 1989.

25. Robotarm 'Line-us', Durrell Bishop en Robert Poll, Londen (Verenigd Koninkrijk), 2017.

26. LEGONARDO- portrayer robot, Daniele Benedettelli, Grosseto (Toscane, Italië), 2013. In bruikleen van Daniele Benedettelli.

27. Automatische Banjo 'Encore', D. C. Ramey Piano Company, Chicago Heights (Verenigde Staten), 1978, gerestaureerd door Dave Ramey.

28. Vioolspeler op ton, automaat met cilinderspeelwerk, toe te schrijven aan Alexandre Nicolas Théroude, Parijs (Frankrijk), ca. 1877.

29. Rollenorkestrion 'Violano Virtuoso', Mills Novelty Company, Chicago (Verenigde Staten), ca. 1906.

30. Automaat met cilinderspeelwerk, toe te schrijven aan Leopold Lambert, Parijs (Frankrijk), 1890.

19. Drum prosthesis, Gil Weinberg, Georgia (USA), 2013-2014. On loan from Georgia Tech Research Corporation.

20. Cymbal playing robot 'Simba', Godfried-Willem Raes, Ghent (Belgium), 2007. On loan from Stichting Logos, Ghent.

21. Orcestrion with pneumatic keyboard, xylophone and mandolin-effect, Weber Grandezza, Weber brothers, Waldkirch (Germany), approx. 1920.

22. Medical hand-prosthesis, Philippe Cauet, Paris (France), 1915-1916. On loan from Van Leest Antiques, Utrecht.

23. Robotic hand, Rob Scharff & Jo Geraedts, Delft (Netherlands), 2015. On loan from the Delft University of Technology.

24. Automaton with cylinder 'Pierrot', Michel Bertrand, Bullet (Switzerland), 1989.

25. Robotic arm 'Line-us', Durrell Bishop and Robert Poll, London (UK), 2017.

26. LEGONARDO-portrayer robot, Daniele Benedettelli, Grosseto (Tuscany, Italy), 2013. On loan from Daniele Benedettelli.

27. Automatic Banjo 'Encore', D. C. Ramey Piano Company, Chicago Heights (Verenigde Staten), 1978, restored by Dave Ramey.

28. Violin player, automaton with cylinder, attributed to Alexandre Nicolas Théroude, Paris (France), approx. 1877.

29. Roll orchestrion 'Violano Virtuoso', Mills Novelty Company, Chicago (USA), approx. 1906.

30. Automaton with cylinder, attributed to Leopold Lambert, Paris (France), 1890.

31. Speelgoedrobot 'Furby', Tiger Electronics, Vernon Hills (Verenigde Staten), 2012.

32. Automaat met cilinderspeelwerk, Leopold Lambert, Parijs (Frankrijk), ca. 1885.

33. Rollenorchestrion 'Hupfeld Phonoliszt Violina', Model A, Ludwig Hupfeld, Leipzig (Duitsland), 1914.

34. De androïde klarinettist, Cornelis Jacobus van Oeckelen, Breda (Nederland), 1838. In bruikleen van John Gaughan.

35. Dansorgel 'Robot Decap', Gebroeders Decap, Antwerpen (België), 1964.

36. Shimon, Gil Weinberg en Guy Hoffman, Atlanta (Georgia, Verenigde Staten), 2009 . In bruikleen van Georgia Tech Research Corporation.

37. Travis Speakerdock 'Shimi', Guy Hoffman, Atlanta (Georgia, Verenigde Staten), 2011-2012. In bruikleen van Georgia Tech Research Corporation.

38. Straatorgel 'Limonaire', Limonaire Frères, Parijs (Frankrijk), ca. 1910.

39. Robotische blokfluit, Casper de Jong, Utrecht (Nederland), 2018. In bruikleen van Casper de Jong.

40. Automatisch orgel 'Pos', Godfried-Willem Raes, Gent (België), 2018. In bruikleen van Stichting Logos, Gent.

41. Uurwerk van tafelklok met bellenspeelwerk, John Taylor, Londen (Verenigd Koninkrijk), ca. 1780.

42. Serinet Rolin Thomassin, Jean Baptiste François, Frankrijk (Parijs), ca. 1750.

31. Toy robot 'Furby', Tiger Electronics, Vernon Hills (USA), 2012.

32. Automaton with cylinder, Leopold Lambert, Paris (France), approx. 1885.

33. Roll orchestrion 'Hupfeld Phonoliszt Violina', Model A, Ludwig Hupfeld, Leipzig (Germany), 1914.

34. Android clarinet player, Cornelis Jacobus van Oeckelen, Breda (Netherlands), 1838. On loan from John Gaughan.

35. Dance organ 'Robot Decap', Decap brothers, Antwerp (Belgium), 1964.

36. Shimon, Gil Weinberg and Guy Hoffman, Atlanta (Georgia, USA), 2009. On loan from Georgia Tech Research Corporation.

37. Travis Speakerdock 'Shimi', Guy Hoffman, Atlanta (Georgia, USA), 2011-2012. On loan from Georgia Tech Research Corporation.

38. Street organ 'Limonaire', Limonaire Frères, Paris (France), approx. 1910.

39. Robotic recorder, Casper de Jong, Utrecht (The Netherlands), 2018. On loan from Casper de Jong.

40. Automatic organ 'Pos', Godfried-Willem Raes, Ghent (Belgium), 2018. On loan from Stichting Logos, Ghent.

41. Timepiece of table top clock with bells, John Taylor, London (UK), approx. 1780.

42. Serinet Rolin Thomassin, Jean Baptiste François, Paris (France), approx. 1750.

43. Libellion boekenspeeldoos, Richter & Cie, F.A.d., Rudolstadt (Duitsland), ca. 1905.

44. Boekenorgel 'Perleetje', Gijsbert Perlee, Amsterdam (Nederland), ca. 1975.

45. Mondharmonica 'Rolmonica', Rolmonica Music Company of Baltimore, Baltimore (Verenigde Staten), ca. 1930.

46. Automatisch spelende saxofoon 'Playasax', Q.R.S. Company, Verenigde Staten, ca. 1930.

47. Platenspeeldoos, Thorens, Ste-Croix (Zwitserland), ca. 1920.

48. Platenspeeldoos, Thorens, Ste-Croix (Zwitserland), ca. 1970.

49. Automatische aeiolische cello 'Aeio', Godfried-Willem Raes, Gent (België), 2017. In bruikleen van Stichting Logos, Gent.

50. 'MR-808 Interactive', Moritz Simon Geist, Dresden (Duitsland), 2015. In bruikleen van Sonic Robots.

43. Libellion book music box, Richter & Cie, F.A.D., Rudolstadt (Germany), approx. 1905.

44. Book organ 'Perleetje', Gijsbert Perlee, Amsterdam (Netherlands), approx. 1975.

45. Harmonica, 'Rolmonica', Rolmonica Music Company of Baltimore, Baltimore (USA), approx. 1930.

46. Automatic saxophone 'Playasax', Q.R.S. Company, USA, approx. 1930.

47. Music box, Thorens, Ste-Croix (Switzerland), approx. 1920.

48. Music box, Thorens, Ste-Croix (Switzerland), approx. 1970.

49. Automatic aeolian cello 'Aeio', Godfried-Willem Raes, Ghent (Belgium), 2017. On loan from Stichting Logos, Ghent.

50. 'MR-808 Interactive', Moritz Simon Geist, Dresden (Germany), 2015. On loan from Sonic Robots.

TERMENLIJST

GLOSSARY



— Schlottheimautomaton 'Nef' from the 16th century. Hans Schlottheim, Augsburg (Germany), 1585. Coll. Kunsthistorisches Museum, Wenen.

Algoritme - Een algoritme is een reeks instructies om iets te bereiken. Dit kan een computerprogramma zijn, maar ook bijvoorbeeld een recept voor een maaltijd.

Antropomorfisme - Zowel het geven van een menselijke gedaante als het toekennen van menselijke eigenschappen en waardeoordelen aan niet-menselijke dieren of dingen.

Automaat - Een zelfbewegend mechanisme, vaak in de vorm van een mens of dier, dat door middel van aandrijving vooraf geprogrammeerde handelingen uitvoert.

Cellulaire automaat - Een model dat gebruikt wordt in wiskunde en informatica, dat vaak wordt gebruikt om leven te simuleren.

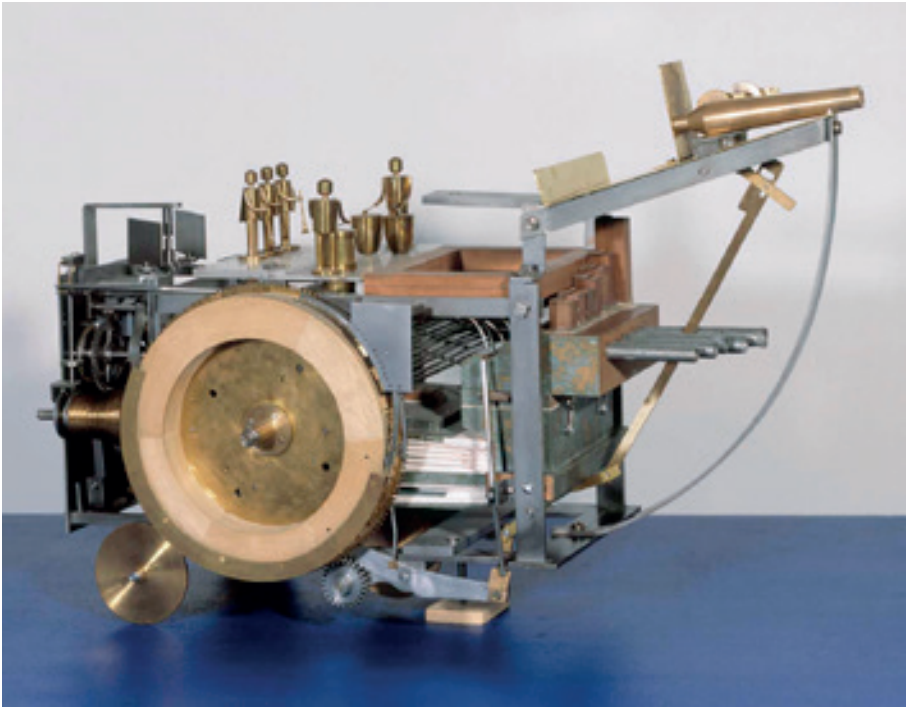
Algorithm - An algorithm is a set of instructions for achieving a set goal. This could be a computer program, but also, for instance, a recipe for a dish.

Anthropomorphism - Both the creation of a humanoid form and the attribution of human traits and values to non-humans or animals.

Automaton - A self-operating mechanism, often in a humanoid or animal shape, that executes pre-programmed tasks.

Cellular automaton - A model used in mathematics and computer science, often used to simulate life.

Cylinder - A program carrier for self-playing musical instruments. With the use of pins and bridges a mechanism is activated, which will play a melody.



— Working model of the Schlottheimautomaton. Ian Hammond & J.J.L. Haspels, Camberly (UK) & Utrecht (The Netherlands), 1991.

Cilinder - Een programmadrager voor zelfspelende muziekinstrumenten. Door middel van pinnen en bruggen, langgerekte pinnen, wordt een mechaniek in werking gezet en een melodie gespeeld.

Cyborg - De fysieke samensmelting van mens en machine.

Dynamiëk - De verschillende klanksterktes in muziek.

Fractal - Een wiskundige formule die bestaat uit, of voortkomt uit, een voortdurende herhaling van steeds dezelfde patronen of processen.

Frasering - Het maken van muzikale "zinnen", door middel van rusten, accenten en volume.

Genetisch algoritme - Een algoritme dat zoekt naar de beste oplossing voor optimalisatie- en zoekproblemen en werkt op basis van de wetten van Darwin.

Cyborg - A physical being which is both human and machine.

Cam - Cams are flat disks which contain instructions for certain mechanical movements. They convert a rotational movement into a linear movement. The cam has a curved outline which may vary in shape and size. The cam is connected to a lever which in turn activates the desired part of the machine. In the case of automatons this technique could for example be used to move an arm up and down or to open and close an eyelid.

Dynamics - Different variations in loudness in music.

Fractal - Mathematical formula that consists of, or is generated by, a continuous repetition of patterns or processes.

Interface – Koppelvlak waarmee informatie van een systeem (bijvoorbeeld menselijke taal) omgezet wordt in begrijpelijke informatie voor een ander systeem (bijvoorbeeld de enen en nullen die een computer begrijpt).

Marimba – Een aan de xylofoon verwant muziekinstrument met houten toetsen.

Musical Instrument Digital Interface (MIDI) – Een digitaal systeem waarmee (elektronische) instrumenten kunnen worden aangestuurd.

Muziekrobot – Programmeerbare mechanisch bewegende machine die in plaats van een levende muzikant live muziek maakt met akoestische instrumenten.

Nokkenschijven – Nokkenschijven zijn platte schijven die de instructies voor een bepaalde mechanische beweging bevatten. Ze zetten een ronddraaiende beweging om in een op- en neer gaande beweging. In de omtrek van de schijf zijn uitstulpingen (nokken) aangebracht die in vorm en grootte kunnen variëren. Deze uitstulpingen zetten een lichter in beweging en daarmee uiteindelijk het bedoelde onderdeel. In het geval van automaten kan het bijvoorbeeld gaan om het op en neer gaan van een arm of het open en dicht gaan van een oog.

Ondes-Martenot – Een van de vroegste elektronische muziekinstrumenten, waarbij door middel van een elektronenbuis geluidsgolven worden gegenereerd.

Orchestrion – Een zelfspelend instrument waarbij verschillende muziekinstrumenten tot een samenhangend geheel zijn samengevoegd in één kast en door één programmadrager worden aangestuurd.

Pianola – Een automatische spelende piano waarbij een pneumatisch systeem zorgt voor de vertaling van het in de papieren rollen geperforeerde muziekprogramma in aanslagen van de pianohamers.

Genetic Algorithm – An algorithm that generates solutions for optimization and search problems using the theories of Darwin.

Interface – A device which converts one system's information (for example human language) into information suitable for use by another system (for example the zeros and ones used by a computer).

Marimba – An instrument with wooden bars, related to the xylophone.

Musical Instrument Digital Interface (MIDI) – A digital system that can be used to control (electronic) instruments

Musical Robot – Programmable mechanically moving machine that replaces a live musician by playing on acoustic instruments.

Ondes-Martenot – One of the first electronic musical instruments, which uses a vacuum tube to generate soundwaves.

Orchestrion – A self-playing instrument that combines several musical instruments, often placed in a cabinet, which together are controlled by one program carrier.

Phrasing – The creation of musical 'phrases' by using breaks, accents and volume.

Pianola – An automatic piano with a pneumatic system, which uses a music program on paper rolls to strike the hammers of the piano.

Prosthesis – Artificial replacement or adjustment of a body part or organ.

Self-playing instruments – Instruments that use a power source, a program carrier and an acoustic sound source to create live music.

Prothese – Kunstmatige vervanging of correctie van een lichaamsdeel of orgaan.

Software – Verzamelnaam voor de besturings- en toepassingsprogramma's die een (computer)systeem laten functioneren.

Theremin – Een elektronisch muziekinstrument dat bespeeld wordt door de handen tussen twee antennes te bewegen.

Timbre – Klankkleur die ervoor zorgt dat we verschillende stemmen en muziekinstrumenten van elkaar kunnen onderscheiden.

Vibrato – Het laten 'trillen' van een toon, zowel bij een instrument als bij de menselijke stem.

Virtuositeit – De zeer hoge technische vaardigheid van een muzikant, in combinatie met een sterke expressie.

Zelfspelende instrumenten – Instrumenten die door middel van aandrijving, een programma en een akoestische klankbron live muziek maken.

Software – Generic term for operating programs and applications which allow a (computer)system to function.

Theremin – An electronic musical instrument that can be played by moving the hands between two antennae.

Timbre – Characteristic quality of a sound which ensures we can differentiate between various voices or musical instruments.

Vibrato – Using vibration for a note, used for both musical instruments and the human voice.

Virtuosity – Highly technical skills of a musician, combined with an expressive performance.

BIBLIOGRAFIE

BIBLIOGRAPHY

Abū al-'Iz Ibn Ismā'il ibn al-Razāz al-Jazarī, *The book of knowledge of ingenious mechanical devices (Al-Jami Bain Al-Ilm Wal-Amal Al-Nafi Fi Sinat'at Al-Hiyal, 1206)*, vertaald en geannoteerd door Donald R. Hill, Islamabad 1989.

Bach, C.Ph.E., *Versuch über die wahre Art das Clavier zu spielen*, Berlin 1753.

Banū Mūsa bin Shākīr, *The Book of ingenious devices (Kitāb al-Ḥiyal, 850)*, vertaald en geannoteerd door Donald R. Hill, Dordrecht 1979.

Davidson, J.W., Correia, J.S., 'Body Movement.' In *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*, edited by R. Parncutt & G. E. McPherson, 237-250. Oxford: Oxford University Press, 2002.

Fludd, R., *Utrisque cosmi majoris et minoris historia*, Oppenheim 1617.

Froggat, T. (regisseur), *Science in a Golden Age - Pioneers of Engineering: Al-Jazari and the Banu Musa (documentaire)*, Oktober 2016.

Haastert, J. van, *Cornelis Jacobus van Oeckelen kunstwerker. Leven en werken van een uitvinder van mechanische muziekinstrumenten (Breda, Batavia, Boston/ New York) (1798-1865)*, Utrecht 1980.

Harari, Y.N., *Homo Deus, een kleine geschiedenis van de toekomst*, Amsterdam 2015.

Haspels, J.J.L. (ed.), *Royal Music Machines: Vijf eeuwen vorstelijk vermaak*, Zutphen 2006.

Haspels, J.J.L., *Automatic musical instruments, their mechanics and their music 1580-1820*, Koedijk 1987.

Juslin, P.N., 'Cue Utilization in Communication of Emotion in Music Performance: Relating Performance to Perception', In *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 26-6 (2000) 1797-1813.

Juslin, P.N., Västfjäll, D., 'Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms.', *Behavioral and Brain Sciences*, 31, (2008) 559-621.

Kapur, A., 'A history of robotic musical instruments.', *ICMC* (2005).

Kries, M., Thun-Hohenstein, C., Klein, A., *Hello, robot. Design between human and machine. Exhibition Vitra Design Museum GmbH*, London 2017.

La Mettrie, J.O. de, *L'homme machine*, Leiden 1748.

Lehr, A., *De geschiedenis van het astronomisch kunstuurwerk ; zijn techniek en muziek*, Den Haag 1981.

Miu, A.C., Baltes, F.R., 'Empathy Manipulation Impacts Music-Induced Emotions: A Psychophysiological Study on Opera', In *PLoS ONE* 7-1, e30618 (2012).

Parent, M., 'De instrumenten van muzikmaker Godfried-Willem Raes.' In *Kunst. Tijdschrift Vlaanderen*, Jaargang 66 (2017), 48-52.

Quantz, J.J., *Versuch einer Anweisung die Flöte traversiere zu spielen*, Berlin 1752.

Richards, A., 'Automatic genius; Mozart and the mechanical sublime.' In *Music & Letters*, 80 (1999) 3 366-389.

Riskin, J., 'Eighteenth-century wetware.' In *Representations*, 83 (2003) 2, 97-125.

Riskin, J., *The restless clock; A history of the centuries-long argument over what makes living things tick*, Chicago/Londen 2016.

Russell, B., *The 500-year quest to make machines human. London Exhibition Science Museum*, London 2017.

Schmidt, J.M., *Musico-Theologica*, Bayreuth 1754.

Stafford, B.M., F. Terpak, *Devices of Wonder. From the world in a box to images on a screen*, Los Angeles 2001.

Weinberg, G., 'Tedtalk on musical robots and robotic musicians.' Edition 1.0, November 2012. <https://www.youtube.com/watch?v=VscnR6F20yc>.

Wood, G., *Living Dolls. A magical history of the quest for mechanical life*, London 2002.

Zijl, A. van, 'Performers' Emotions in Expressive Performance: Sound, Movement, and Perception.' *Jyväskylä Studies in Humanities* 222: University of Jyväskylä (2014), 1- 153.

Zijl, A. van, Sloboda, J.A., 'Emotions in concert: performers' experienced emotions on stage.' In *Proceedings of the 3rd international Conference on Music and Emotions (ICME3)*, Jyväskylä, Finland (2013).



—Medical hand-prosthesis, Philippe Cauet, Paris (France), 1915-1916. On loan from Van Leest Antiques, Utrecht.

COLOFON

Redactie en bijdrage

Editing and contributions

Marieke Lefeber
Marian van Dijk
Bart Doornbusch
Lise Claerhoudt
Eunice Kasse

Vertalingen

Translation

Liesbeth Vissee

Fotografie

Photography

Albertine Dijkema; A10design

Ontwerp catalogus

Design catalog

RROOK strategie x ontwerp

Ontwerp campagnebeeld en beeldmerk

Design campaign image and logo

Ontwerpbureau Today

Drukwerk catalogus

Catalog printer

Drukkerij LibertasPascal

Redactiesecretariaat

Editorial secretary

Museum Speelklok
Steenweg 6
3511 JP Utrecht
Telefoon: 030 231 27 89

ISBN 978-90-801699-8-2
NUR 644

Newsletter & Support us

Op de hoogte blijven van museumactiviteiten en meer?
Meld je aan voor de nieuwsbrief of word Vriend van Museum Speelklok via onze website.
Stay tuned for more information about museum activities and more. Sign up for the newsletter or become Friend of Museum Speelklok. More information on our website.

Social media

Volg ons ook op
Follow us on



Deze tentoonstelling is mede mogelijk gemaakt door
This project was made possible by



Kunnen de oudste en nieuwste muziekrobots jou kippenvel bezorgen met hun muzikale spel? Kunnen ze muzikale emoties overbrengen en ons inspireren tot het creëren van iets nieuws? Deze en andere vragen komen aan bod in de tentoonstelling Robots love Music, te zien van september 2018 t/m maart 2019. In de tentoonstelling laat Museum Speelklok zien hoe de soms al eeuwenoude zelfspelende muziekinstrumenten door de jaren heen steeds meer op echte muzikanten gaan lijken. Niet alleen door hun uiterlijk, maar ook doordat ze in staat zijn te luisteren, te kijken en zelfs te reageren op hun omgeving! Deze catalogus biedt een inspirerende verdieping in de tentoonstelling Robots love Music.

Can robots also convey musical emotions? Could they make music in collaboration with humans, could they inspire us to create something new? These and other questions will be covered during the exhibition Robots love Music, on view from September 2018 until March 2019. In Robots love Music we show how mechanical musical instruments increasingly start to resemble real musicians. Not necessarily because they look human, but also because they can interact with their environment, just like musicians do. Thanks to artificial intelligence robotic musicians can listen, look and respond. This catalogue offers inspiring insight into the exhibition Robots love Music.



**MUSEUM
SPEELKLOK**

STEENWEG 6
3511 JP UTRECHT
THE NETHERLANDS

WWW.MUSEUMSPEELKLOK.NL

ISBN 978-90-801699-8-2



9 789080 169982 >