



HoGent

A.I. IN MUZIEK

Een onderzoek naar de invloed van Artificiële Intelligentie op muziek

Sam Enthoven

201530907

Promotor: Gert Keunen

Masterproef: Scriptie

Afstudeerrichting: Pop (uitvoerende muziek)

Academiejaar: 2019 – 2020



INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding
2. Wat is A.I.?
 - 2.1 Deep Learning
 - 2.2 Machine Learning
 - 2.3 Intelligentie
 - 2.4 Artificiële Intelligentie
3. De evolutie van A.I. (in muziek)
 - 3.1 Het ontstaan
 - 3.2 Belangrijke doorbraken/werken
4. Huidige stand van zaken
 - 4.1 Artificiële intelligentie als tool
 - 4.2 Zijn er nog vragen?
 - 4.3 Creatief Proces/Eigen Creatie
5. Conclusie
6. Literatuurlijst
7. Luistervoorbeelden

1. INLEIDING

Toen ik begon aan deze scriptie wilde ik echt artificiële intelligentie zo goed mogelijk begrijpen. Hoe werkt het exact, zou ik zelf bepaalde codes of algoritmes kunnen schrijven of kan ik dan ook zelf AI implementeren in mijn muziek? De mogelijkheden waren eindeloos. Ik zeg waren, omdat het al snel duidelijk werd dat ik veel te weinig technische achtergrond en kennis had om AI volledig te begrijpen. En vooral hoe ik het zou kunnen toepassen op mijn job als drummer. Want zou er ooit een dag komen dat AI een "bedreiging" zou kunnen zijn voor mijn job? Hoe meer ik mij verdiepte in programma's die AI gebruiken of op AI gebaseerd zijn, hoe meer geïntrigeerd ik werd door de mogelijkheden. Tijdens het lezen van wetenschappelijke artikels als voorbereiding op deze scriptie is het echt meerdere keren gebeurd dat ik praktisch van mijn stoel viel, zo verbaasd was ik over alles wat artificiële intelligentie kon. Een nieuwe wereld ging voor mij open. En die wereld wil ik nu graag met jullie delen.

Wat begon als een onderzoek naar de invloed van artificiële intelligentie op muziek werd een onderzoek naar wat AI juist is, een kijkje in de korte geschiedenis van AI en de mogelijkheden die het kan bieden voor muzikanten, songwriters en producers in de popmuziek. Aangezien ik afstudeer als uitvoerend muzikant (Pop) leek het mij niet meer dan logisch om mij vooral op AI in dit genre toe te spitsen. Ik ben dan ook heel bewust niet bezig geweest met de ontwikkeling van AI in de klassieke wereld, omdat dit een totaal ander verhaal is. De mogelijkheden van artificiële intelligentie zijn redelijk eindeloos, dus is het ook belangrijk om een duidelijk kader af te bakenen. Sowieso is het belangrijk om te weten wat AI juist is. Daarnaast is ook de geschiedenis en ontwikkeling van artificiële intelligentie van belang om de invloed ervan te kunnen begrijpen. Het is ook heel interessant om te bekijken wat de huidige rol van AI is en kan zijn in het huidige popwereldje. Dit heb ik onderzocht aan de hand van een uitgebreid literatuuronderzoek en door zelf met AI te experimenteren.

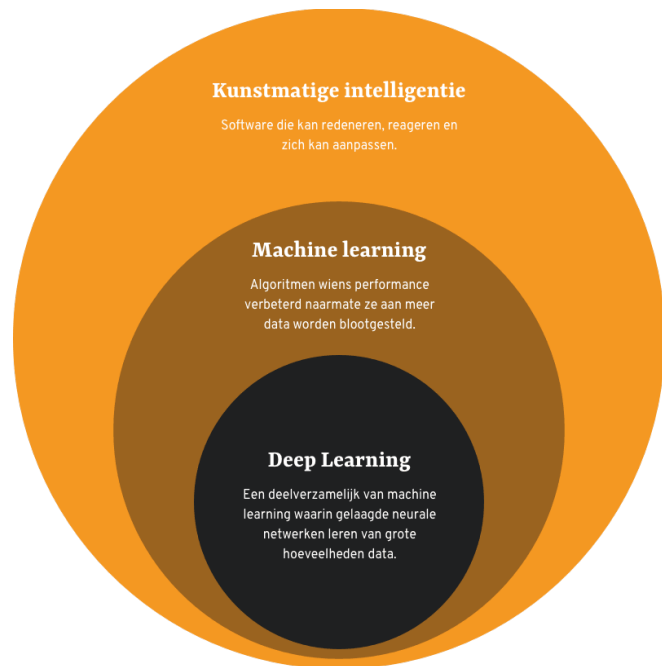
Na het lezen van deze scriptie zullen jullie hopelijk zelf willen experimenteren met AI, een stukje wijzer zijn geworden en hoop ik jullie er van overtuigd te hebben dat we artificiële intelligentie moeten zien als hulpmiddel en niet als "vijand van de creativiteit en eigenheid van de scheppende mens".

2. WAT IS A.I.?

Om beter te begrijpen wat artificiële intelligentie juist inhoudt, is het belangrijk om een duidelijke definitie te kunnen vormen. Op die manier zal het ook gemakkelijker zijn om bepaalde zaken in hun kader te kunnen zien of te begrijpen. Daarnaast zal het ook helpen om een duidelijke lijn te trekken waar AI juist stopt en begint. Dit zal belangrijk zijn wanneer we het gaan hebben over bijvoorbeeld het creatieve proces, specifiek bij het schrijven van een nummer, en de interactie of inmenging van de mens.

Het is echter zeer moeilijk om één duidelijke definitie van artificiële intelligentie te formuleren, omdat het een heel breed concept is. Het is geen specifiek tastbaar iets, wat het sowieso al moeilijker maakt. Heel simpel gezegd zijn het systemen die zelflerend zijn. Je zou hierbij direct kunnen denken aan robots, maar specifiek gaat het om de inhoud van zo'n robot: wat ze doen en de beslissingen die ze maken. Met de nadruk op beslissingen die ze zélf maken, en hoe ze dat zelf geleerd hebben. Daarnaast is AI, of kunstmatige intelligentie, een onderdeel van een groter geheel. De onderstaande afbeelding geeft beter weer wat ik daarmee bedoel.

Hier is duidelijk te zien dat deep learning (DL) een onderdeel is van machine learning (ML), dat dan weer een onderdeel is van kunstmatige intelligentie. Kort gezegd kunnen we stellen dat elke laag (of onderdeel) ingewikkelder is naarmate deze 'groter' wordt. Elk onderdeel heeft wel zijn specifieke karakter of onderzoeksdomein, en hoewel deze termen vaak in één adem genoemd worden zijn ze verre van gelijk aan elkaar. Vergelijk het met een concept uit de wiskunde: elk vierkant is een rechthoek, maar niet elke rechthoek is een vierkant. Laten we daarom beginnen bij de eerste stap en het meest voorkomende (kleinere) systeem: deep learning.

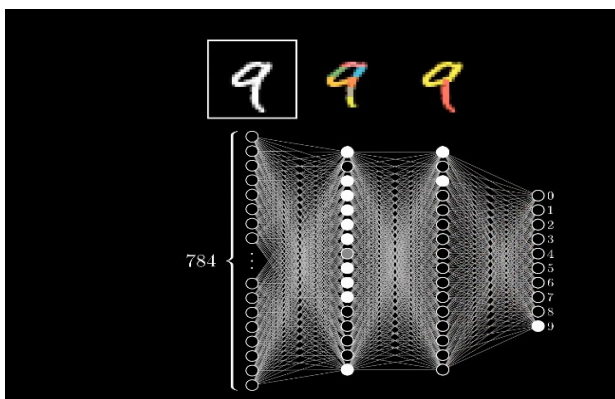


2.1. Deep Learning

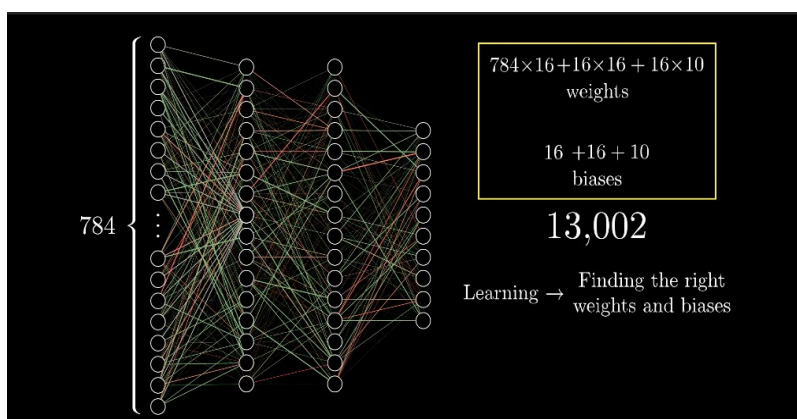
Deep learning (of *deep structured learning*) wil eigenlijk zeggen dat het gaat om gestructureerd leren, een vorm van machine learning gebaseerd op de structuur van ons brein. Deze structuur bestaat uit verschillende lagen die zijn opgebouwd uit artificiële neurale netwerken (daarom gebaseerd op ons brein, dat ook uit neurale netwerken bestaat). Elke laag bestaat uit x-aantal neurale netwerken, waarbij elke laag iets anders gaat herkennen of berekenen, om uiteindelijk tot het gewenste resultaat te komen. Dat resultaat gaat voornamelijk over het (her)kennen van patronen. Hoe dit gebeurt kan op drie verschillende manieren: gecontroleerd, ongecontroleerd en semi-gecontroleerd.

2.1.1 Gecontroleerd

Dit is de meest voorkomende vorm van deep learning en wordt dus ook het meest gebruikt. Het systeem of algoritme krijgt een input en een voorbeeld van een output. Het aantal lagen of parameters wordt door mensen berekend en ingevoerd (in de meeste gevallen toch) en binnen deze vaste structuur kan het systeem bijleren. Omdat het systeem een duidelijk voorbeeld heeft (input én output), leert het dus op basis van dat voorbeeld hoe de eigenschappen van de input bepalend zijn voor de output. Van dat ene voorbeeld zal het systeem uiteindelijk zelf alle soorten inputs kunnen linken aan de juiste output. De meest simpele vorm om dit uit te leggen is aan de hand van cijfers. Studenten die ICT volgen als afstudeerrichting en leren over AI hebben deze oefening allemaal zelf moeten doen, omdat ze relatief gemakkelijk is om uit te voeren. 3Blue1Brown (een gekend wiskunde-kanaal op YouTube)¹ legt dit zeer duidelijk uit. Als input heb je een (handgeschreven) cijfer, bijvoorbeeld 9. Als output zijn er meerdere opties: 0,1,2,3,4,5,6,7,8 en 9. Het systeem moet dus aan de hand van de input (in dit geval 9) de juiste output vinden. De verschillende lagen in het systeem zullen elk andere parameters hebben om uiteindelijk het cijfer 9 te herkennen (zie afbeelding 1). Dit volledige systeem, dat enkel cijfers tussen 0 en 9 moet herkennen, heeft ongeveer 13 002 verschillende parameters waar het rekening mee houdt (zie afbeelding 2). Dit cijfer zou veel hoger kunnen liggen, maar de onderzoekers hebben ervoor gekozen om alles zo simpel mogelijk te houden binnen hun gecontroleerde omgeving. Om terug te komen op de leerlingen ICT; elke leerling zal een getal mogen tekenen, en het systeem zal na verloop van tijd elk getal herkennen, hoe onduidelijk het ook geschreven is.



Afbeelding 1: verschillende parameters die het getal 9 zullen herkennen.



Afbeelding 2: door een gecontroleerde omgeving te creëren zijn er 13.002 parameters waar rekening mee gehouden wordt om getallen te herkennen.

¹ But what is a neural network? Deep learning, chapter one., https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=aircAruvnKk&feature=emb_logo (geraadpleegd op 8/5/20)

Toepassingen van dit soort deep learning kennen we al lang: beeldherkenning, gezichtsherkenning, spraakherkenning, bordspel-computers (bijvoorbeeld in schaken) ... Dit zijn ook toepassingen die we allemaal al gebruiken. Wie gebruikt vandaag de dag niet de functie om zijn smartphone te ontgrendelen met zijn/haar gezicht of vingerafdruk? Juist, een vorm van deep learning dus.

2.1.2 Ongecontroleerd

In dit geval krijgt het systeem of algoritme wel een voorbeeld van een input, maar niet van een output. Dit soort algoritme of systeem ontdekt zélf een structuur in de gegeven input. In ons eerste voorbeeld ging het om het herkennen van 10 mogelijke cijfers (de output = 0,1,2,3,4,5,6,7,8 en 9). Het systeem weet dus dat er alleen maar keuze is uit deze 10 cijfers, en dat de input en de uiteindelijke output één van deze cijfers zal zijn. Een voorbeeld van ongecontroleerde deep learning is het leren herkennen en vooral categoriseren van data en foto's. Stel dat we 1000 foto's van enkel katten of koeien ingeven als input, zal het systeem er in slagen om al deze foto's juist bij elkaar te zetten; alle katten bij elkaar en alle koeien bij elkaar. Het algoritme heeft zelf geleerd dat er twee soorten dieren (structuren) zijn als input en zal deze dus apart categoriseren. Veel toepassingen van ongecontroleerde deep learning zijn te vinden in de genees- en wiskunde, om grote clusters aan data te kunnen categoriseren of om bepaalde structuren te ontdekken.

2.1.3 Semi-gecontroleerd

Semi-gecontroleerde deep learning systemen zijn een combinatie van de twee bovenstaande types. Het systeem krijgt bijvoorbeeld als input 100 foto's te zien die alleen gelabeld zullen zijn als 'geen kat' of 'kat'. Na al deze afbeeldingen gezien te hebben zal het systeem er in slagen om alle foto's met het label 'kat' en het label 'geen kat' samen te zetten. Als we hierna 900 nieuwe foto's gaan geven die geen label hebben zal het systeem aan de hand van de eerste 100 zélf een onderscheid maken tussen 'geen kat' of 'kat' omdat het heeft geleerd hoe een kat er uit ziet, of hoe het een kat kan herkennen. Dit omdat de AI de structuren – in dit geval bijvoorbeeld de oren, neus, type vacht, ogen, snorharen ... – van de foto's die gelabeld zijn als 'kat' zal terugvinden in nieuwe foto's. Het heeft dus zelf geleerd om na al die tijd een kat te herkennen, enkel en alleen door het label 'kat' en de bijhorende afbeelding. Het leuke hieraan is dat je het systeem kan foppen: als op elke foto die gelabeld is als 'kat' een koe staat, zal het systeem alle foto's waar een koe op staat filteren en labelen als 'kat'. Het verschil met ongecontroleerde systemen zit hem dus vooral in het labelen van de input, met het doel om een specifieke output te krijgen.

2.2 Machine Learning

Zoals we ondertussen weten is deep learning een onderdeel van machine learning. Machine learning is de overkoepelende term waarvan deep learning een specifieke subgroep is, net zoals machine learning dat is van AI. Het basisconcept van machine learning is gebaseerd op hoe mensen leren: door vroegere ervaringen. Als je bijvoorbeeld leert fietsen zal je de eerste keer gegarandeerd op de grond belanden. Oefen je elke dag, zal je na een tijdje kunnen fietsen, zonder zij-wieltjes of hulp van een ouder. Dit is omdat je dag na dag meer ervaring opdoet en de eerdere ervaring van het vallen wil vermijden. Machines volgen normaal gezien de instructies die opgelegd zijn door de mens. Laten we bij het voorbeeld van het fietsen blijven: een machine (in dit geval een robot dus) leert fietsen. De mens zou instructies kunnen ingeven die stap voor stap uitleggen en commanderen hoe de robot moet leren fietsen. "Ga zitten op het zadel. Beide handen op het stuur. Linkervoet op de grond, rechtervoet op het rechterpedaal. Duw af met linkerbeen ..." enzoverder. Na honderden tests en aanpassingen aan de instructies zal de robot misschien ooit kunnen fietsen. Maar wat als we machines (robots) zélf kunnen laten leren door hun eerdere ervaringen, zonder de duizenden instructies van de mens? Dat concept noemen we machine learning. Het gaat dus om een vorm van AI die specifiek gericht is op het trainen van hoe een machine leert en zou moeten leren. Let wel op! In de meeste gevallen zal dit gebeuren aan de hand van simulaties, en nooit in een fysieke omgeving. Dit geldt trouwens voor bijna alle vormen van AI, het is pas sinds kort dat men ook effectief bezig is om dit in fysieke toestanden te testen (bijvoorbeeld een robot die zichzelf leert lopen, maar daarover later meer).

Net zoals bij deep learning zijn er verschillende manieren waarop ML kan werken; gecontroleerd, ongecontroleerd en semi-gecontroleerd. Daar komt op het niveau van ML nog een vorm bij: reinforcement learning, of "versterkingsleren". Dit is eigenlijk een uitgebreide vorm van semi-gecontroleerde systemen. De theorie gaat ervan uit dat men een systeem optimaal kan controleren in een bepaalde omgeving om zo door *trial en error* de gewenste resultaten te bereiken, en dit door juiste acties te belonen. Dit proces bestaat uit drie componenten:

- de agent: degene die moet leren en de beslissingen moet maken (men zou kunnen zeggen de robot, maar dan in een gesimuleerde omgeving),
- de omgeving: de gecontroleerde, gesimuleerde omgeving waarin de agent zijn beslissingen moet maken en waarmee hij in interactie gaat,
- de acties: de verschillende (specifieke) beslissingen die de agent moet of kan maken.

Het doel is dus om de agent zo snel mogelijk de juiste keuzes te laten maken om zo de grootste of meest rendabele beloningen te krijgen. Onlangs is men er in geslaagd om dit voor het eerst in een fysieke omgeving te laten werken. Het is Google gelukt om een vierpotige robot aan de hand van deep reinforcement learning zichzelf te leren lopen. De robot – die ze "*Rainbow Dash*" hebben genoemd – leerde bijvoorbeeld in 1,5 uur hoe hij moest lopen op een vlak stuk. Volgens een van de onderzoekers Jie Tan, tevens ook het hoofd van *Locomotion* bij Google, is het bijzonder moeilijk om een stappende robot met de hand te programmeren. "*We are interested in enabling robots to navigate in diverse and complex real world environments. It is difficult to manually engineer a locomotion controller that can handle such diversity and complexity. Learning is automatic, requires little prior knowledge, and can scale up with the amount of experience collected. We believe that for these legged robots to operate in the real world, the ability to learn by itself is crucial.*"

2.3 Intelligentie

We kunnen het natuurlijk niet de hele tijd over artificiële intelligentie hebben zonder dat we weten wat men eigenlijk verstaat onder intelligentie. Deze betekenis(-sen) zijn belangrijk om een grens te kunnen trekken tussen mens en computer.

In de psychologie (David Wechsler) kan intelligentie gedefinieerd worden als: *"Intelligentie is de globale capaciteit van het subject om doelbewust te handelen, rationeel te denken en doelmatig om te gaan met zijn omgeving"*.² Naar mijn mening is dat nog te beperkt om te weten wat er dan juist met intelligentie bedoeld wordt. Een meer uitgebreide – en dus betere – definitie zou zijn³:

Intelligentie is een mentale eigenschap met veel verschillende functies en mogelijkheden:

- overeenkomsten en verschillen op te merken in waarnemingen
- zich in de/een ruimte oriënteren
- redeneren en plannen maken
- problemen doorgronden en (proberen) oplossen
- in abstracties te denken
- ideeën en taal begrijpen en produceren
- informatie opslaan in het geheugen en daar weer uit kunnen halen
- leren van ervaringen

Het is belangrijk om te weten dat intelligentie vaak gezien wordt als een kenmerk van de persoonlijkheid, en kan bij de ene persoon sterker ontwikkeld zijn dan bij de ander. De sociale achtergrond, opleiding en cultuur spelen hierbij een belangrijke rol. Deze zijn vanzelfsprekend toepasbaar op mensen of levende wezens maar dus niet op levensloze objecten. Als zo'n levensloos object, zoals een computer of robot, toch over het hierboven beschreven vermogen beschikt, dan spreekt men over kunstmatige intelligentie. Het enige wat computers e.d. op dit moment kunnen is het nabootsen van bovenstaande eigenschappen in complexe programma's. Maar zelfs daarin zijn ze beperkt; het gaat specifiek over het ordenen, synthetiseren, selecteren en beoordelen van informatie. Het spectaculaire aan dit alles is de snelheid waarmee deze programma's kunnen werken, veel sneller dan het menselijke brein. Dat is voorlopig ook één van de weinige parameters waarmee men kunstmatige intelligentie kan meten: de snelheid. Bij mensen zijn er meerdere parameters en intelligentietesten beschikbaar om de graad of hoogte van intelligentie te meten, en dus te weten hoe intelligent iemand is. Dat is voorlopig niet toepasbaar op computersystemen.

² https://nl.wikipedia.org/wiki/Wechsler_Adult_Intelligence_Scale, geraadpleegd op 25/5/20

³ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Intelligentie>, geraadpleegd op 25/5/20

2.4 Artificiële Intelligentie

Andreas Kaplan en Michael Haenlein definiëren artificiële intelligentie als *"het vermogen van een systeem om externe gegevens correct te interpreteren, om te leren van deze gegevens en om deze lessen te gebruiken om specifieke doelen en taken te verwezenlijken via flexibele aanpassing."*⁴ Deze omschrijving komt grotendeels overeen met de definitie die de Vlaamse Overheid heeft geformuleerd: *"Artificiële intelligentie (AI) is de verzamelnaam voor de technologieën die software, machines en apparaten toelaten om hun omgeving te analyseren en vervolgens zelfstandig problemen op te lossen of acties te ondernemen. Zij vertonen hierbij gedrag die bij mensen als intelligent zou beschouwd worden."*⁵ Peter Joosten, een Nederlandse biohacker en toekomstdenker, vat het mooi samen als volgt: *"De essentie is het slimmer maken van software op basis van algoritmes. Die algoritmes worden gebruikt voor het herkennen van patronen (in data en datastructuren) en het oplossen van problemen."*⁶

Het is dus duidelijk dat AI draait om het zelf aanleren van bepaalde handelingen aan de hand van bepaalde parameters. Hoe goed of slecht deze systemen zichzelf iets kunnen aanleren (met de nadruk op zelfstandig) kan onderverdeeld worden in zwakke of sterke kunstmatige intelligentie. Maar hoe maak je het onderscheid tussen wat dan sterk of zwak is? In essentie zijn beide vormen van AI sterk, of wordt er zelfs gezegd dat een sterke AI de combinatie is van meerdere zwakke AI. Het zou dus beter zijn om deze twee te zien als de uitersten op een schaal. Kaplan en Haenlein classificeren artificiële intelligentie in drie verschillende types: analytisch, mens-geïnspireerd en vermenselijkte artificiële intelligentie. Deze drie types zouden op onze schaal van zwak naar sterk gecategoriseerd kunnen worden, want ze gaan telkens een stap verder in het zelf nemen van beslissingen. Analytische AI heeft enkel eigenschappen die consistent zijn met cognitieve intelligentie die een cognitieve voorstelling van de wereld genereert. Deze cognitieve intelligentie leert op basis van vorige ervaringen om zo toekomstige beslissingen te beïnvloeden. Mens-geïnspireerde AI bevat elementen van cognitieve en emotionele intelligentie. Met andere woorden gaat er naast het leren uit vorige ervaringen nu ook rekening gehouden worden met vormen van menselijke emoties in het nemen van beslissingen. Vermenselijkte AI vertoont eigenschappen van alle types (cognitieve, emotionele én sociale intelligentie) en zou dus in staat zijn om zelfbewust te zijn in interacties met anderen. Volgens Nick Bostrom (Zweedse filosoof) is dit een vorm van Superintelligentie, en dus een intelligentie die de totale menselijke intelligentie overstijgt. Deze vermenselijkte AI (en dus de sterkste variant) richt zich vooral op de ontwikkeling van software die volledig zelfstandig kan redeneren en problemen kan oplossen, zoals Kaplan en Haenlein al aangaven.

Theoretisch gezien is het mogelijk dat deze variant een eigen bewustzijn zou kunnen ontwikkelen en dus een eigen identiteit krijgt. Dit bewustzijn kan zich op twee manieren uiten. De eerste is dat de intelligentie van de software op die van de mens (het volledige brein) gebaseerd is. Ze denkt en uit zich dus als een mens. De tweede optie is dat de software zich op een niet-menselijke manier uit en ontwikkelt. Hoe dat er juist zou uitzien weet niemand op dit moment. Laat het dus zeer duidelijk zijn dat deze sterke variant nu absoluut nog niet bestaat.

4 Andreas Kaplan, Michael Haenlein, "Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest of the land?," *Business Horizons* (januari-februari 2019), 15-25

5 Artificiële Intelligentie, (z.d.), geraadpleegd van <https://overheid.vlaanderen.be/artificiele-intelligentie>

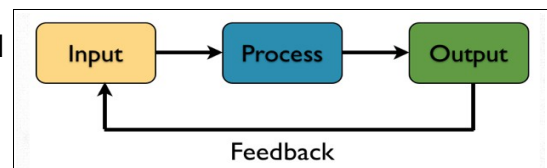
6 Peter Joosten, "Kunstmatige intelligentie: definitie, ontwikkeling & toepassingen (6x)", z.d., geraadpleegd van <https://www.peterjoosten.net/kunstmatige-intelligentie>

3. De evolutie van AI (in muziek)

Feit is dat Artificiële Intelligentie helemaal nog niet zo oud is en het is dan ook niet verwonderlijk dat er nog geen uitgebreide geschiedenis is. Het is pas in de late helft van de 20e eeuw dat er sprake is van onderzoek naar AI. Ondanks deze korte geschiedenis (minder dan 100 jaar), is er bijzonder veel gebeurd. Vooral de laatste jaren, met de komst van steeds kleinere maar wel krachtigere computers, heeft AI een serieuze boost gekregen.

3.1 Het ontstaan

Onderzoekers en wetenschappers uit verschillende domeinen (wiskunde, psychologie, economie, politieke wetenschappen en technische wetenschappen) zijn in de jaren 40 en 50 beginnen nadenken of het mogelijk zou zijn om een artificieel brein te maken.⁷ Onderzoek in de neurologie toonde al snel aan dat het menselijk brein bestaat uit een gigantisch groot elektrisch netwerk: neuronen die alles-of-niets impulsen uitsturen. Dit is te vergelijken met elektronische signalen of computercodes die ook werken met alles-of-niets signalen; simpele enen en nullen. In 1948 definieerde Norbert Wiener cybernetics als *"the scientific study of control and communication in the animal and the machine"*.⁸ De focus ligt op hoe bepaalde zaken (digitaal, machinaal of biologisch) informatie verwerken, op deze informatie reageren en vervolgens aanpassingen gaan maken – al dan niet zelf of door derden- om de eerste twee zaken beter te kunnen. Er moet dus wel altijd sprake zijn van de feedback-loop (aanpassingen maken) als je spreekt over cybernetics. Deze studie was zeer belangrijk omdat ze een grote impact heeft gehad op hoe we communicatie bekijken omdat ze relevant is voor mechanische, fysieke, biologische, cognitieve en sociale systemen.



Dan was er ook nog Alan Turing.⁹ Turing is gekend voor zijn doorbraken tijdens de oorlog (hij is verantwoordelijk geweest voor het kraken en ontcijferen van de Enigma-code, met zijn zelfgebouwde computer), zijn werken over en invloeden op de theoretische computer-wetenschappen en heeft de basis gelegd voor algoritmes en zelf-lerende systemen. Hij wordt ook wel de grootvader van de artificiële intelligentie genoemd, een titel die hij meer dan waard is. Turing is misschien wel het bekendst voor zijn befaamde 'Turing-test': deze test was een poging om te bepalen wanneer een machine intelligent zou kunnen zijn. Volgens Turing was dit het geval wanneer menselijke proefkonijnen tijdens een gesprek met de computer het onderscheid niet meer konden maken tussen mens of computer. Met andere woorden, als een persoon er van overtuigd was dat hij met een andere persoon in conversatie was (niet wetende dat deze persoon eigenlijk een computer is), dan was er sprake van intelligentie. Hij was er ook van overtuigd dat het gemakkelijker zou zijn om een computer te bouwen die het brein van een kind simuleert – en deze vervolgens alles aan te leren – dan een computer te bouwen die het brein van een volwassene simuleert. Klinkt bekend in de oren, niet? Hij was ook verantwoordelijk voor de Turing-machine. De theorie hierachter is zeer ingewikkeld maar het basisidee is dat elke berekening of probleem in de logica dat kan opgelost worden door deze machine uiteindelijk ook door een computer met beperkte middelen kan opgelost worden. Dit is een zeer belangrijke theorie geweest in de ontwikkeling van artificiële intelligentie.

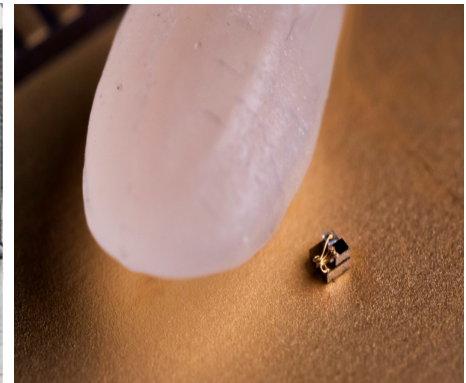
⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence. Geraadpleegd op 9/8/20

⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Cybernetics#cite_note-W1948-2. Geraadpleegd op 10/8/20

⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing. Geraadpleegd op 10/8/20

Als laatste was er ook het onderzoek van Claude Shannon in 1948 naar informatie-theorieën.¹⁰ Deze studie onderzocht de kwantificering, opslag en communicatie van informatie. Ook weer een redelijk ingewikkelde theorie, maar deze heeft een enorme impact gehad op de hele wetenschappelijke wereld. Zonder Shannon zouden we geen floppy disks kennen, geen internet kennen, zou de Voyager nooit Deep space bereikt hebben en zouden we nog nooit van een zwart gat of een gsm gehoord hebben.

Het zijn al deze elementen samen die ervoor gezorgd hebben dat wetenschappers de mogelijkheid op het bouwen van een elektronisch brein überhaupt overwogen, en kan dus gezien worden als het startschot van het onderzoek naar artificiële intelligentie.



De IBM 702: een van de eerste computers gebruikt door AI-onderzoekers (links), een groot verschil met de kleinste computer te wereld (2018, rechts), kleiner dan een rijstkorrel.

3.2 Belangrijke doorbraken/werken

Het eerste geregistreerde werk van computer-gecomponeerde muziek is de *Illiad Suite for String Quartet* en dateert van 1957.¹¹ Het is geschreven door de componist Lejaren Hiller en de wiskundige Leonard Isaacson en bestaat uit 4 delen die allemaal een ander soort experiment waren. De computer werd geprogrammeerd om willekeurig gehele getallen te genereren, die elk stonden voor verschillende muzikale elementen zoals toonhoogte, ritme, dynamiek,... Deze werden dan door geprogrammeerde eigenschappen en regels van het componeren nagekeken en uiteindelijk in een volledig originele compositie gegoten. De inmenging van de mens is nog duidelijk aanwezig, maar het is best opmerkelijk dat nog geen 10 jaar na de geboorte van AI een computer in staat was een werk te schrijven van ongeveer 20 minuten met 4 compleet verschillende delen.



Intro van het eerste deel van de *Illiad*.

¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Information_theory. Geraadpleegd op 10/8/20

¹¹ <https://blog.prototypr.io/a-retrospective-of-ai-music-95bfa9b38531>. Geraadpleegd op 4/8/20

Een compleet ander werk is *HPSCHD* van John Cage in samenwerking met Lejaren Hiller.¹² Dit muziekstuk uit 1968 is een multimediale compositie geschreven voor 1 tot 7 klavecimbels en 1 tot 52 tape recorders. Voor het werk liet Cage zich inspireren door onder andere *Muzikalisches Würfelspiel* (K. 294d) van Mozart en het Chinese *I Ching* (*Book of Changes*, de acceptatie van het onvermijdelijke). *Muzikalisches Würfelspiel*, of muzikaal dobbelspel, was een enorm populaire manier van componeren in de jaren 1800. Eigenlijk de vroegste vorm van aleatorische muziek. Door met dobbelstenen te werpen selecteerde je zelf kleine stukjes muziek die op voorhand geschreven waren. Na een aantal keer werpen (of wanneer de muziekstukjes op waren) werden deze random geselecteerde stukjes aan elkaar geplakt en tot een volwaardige compositie herleid. In het voorbeeld van Mozart waren er 176 verschillende maten waaruit een compositie gevormd kon worden. Het enige probleem is dat er verder geen instructies waren bij de compositie van Mozart en is er ook geen bewijs dat hij dobbelstenen wilde gebruiken. Cage vond dit zo interessant dat hij samen met Hiller een computerprogramma schreef om dit stuk 'op te lossen'. In totaal schreven ze zo drie verschillende programma's:

1. Het eerste programma was geschreven om het stuk van Mozart te 'kraken'. Dit deel van het programma was ook geschreven om de uiteindelijke compositie(s) nog aan te passen met andere bestaande composities van componisten zoals Chopin, Beethoven en Schumann. Dit laatste stukje code is gebaseerd op het Chinese orakel *I Ching* (*Book of Changes*), een klassieke tekst uit het oude China en wordt gebruikt als orakel- of wijsheidsboek. Het resultaat was dus een compositie die bestond uit allemaal willekeurige maten, aangevuld met willekeurige stukken van andere componisten.
2. Het tweede programma was verantwoordelijk voor het genereren van de geluidsopnames voor de 51 tapes. Deze opnames waren een mix van monofone lijnen in micro-tonale stemmingen, die gebaseerd zijn op Mozart's melodisch schrijven.
3. Bij elke gekochte plaat kreeg de koper een blad met instructies mee naar huis. Deze instructies werden gegenereerd door het derde en laatste programma (KNOBS), en waren dus volledig uniek per plaat die je kocht. Zo kon je naast de rol als luisteraar ook de rol als performer opnemen en zo deel worden van de compositie *HPSCHD*:

“Instructions – The unique set of results given below were generated by means of a program run on the CDC-6400 computer located at the State University of New York at Buffalo in april, 1969. The values listed in the column labelled (time) represents 5 second increasements in elapsed duration from the beginning of the composition. The numbers in the six other columns are randomly generated settings of the volume control and the treble and bass controls for the left and right channels, respectively, of your preamplifier. Whenever 0 appers, turn the knob in question full left. Whenever 4 apperas, turn the knob full right. Whenever 1, 2 of 3 appears, select the appropiate intermediate position. These three intermediate positions should be equally spaced between the extremes. If your preamplifier has only the volume control and a balance control, interpret (CH. 1) as the volume control and (CH. 2) as the balance control.

Good luck. – – – John Cage and Lejaren Hiller.”

12 <https://www.britannica.com/art/electronic-music/Computer-music#ref395219>. Geraadpleegd op 10/8/20

PROGRAM (KNOBS) FOR THE LISTENER
OUTPUT SHEET NO. 600

INSTRUCTIONS - THE UNIQUE SET OF RESULTS GIVEN BELOW WERE GENERATED BY MEANS OF A PROGRAM RUN ON THE CDC-6400 COMPUTER LOCATED AT THE STATE UNIVERSITY OF NEW YORK AT BUFFALO IN APRIL, 1969. THE VALUES LISTED IN THE COLUMN LABELLED (TIME) REPRESENT A SECOND INCREASEMENTS IN ELAPSED DURATION FROM THE BEGINNING OF THE COMPOSITION. THE NUMBERS IN THE SIX OTHER COLUMNS ARE RANDOMLY GENERATED SETTINGS OF THE VOLUME CONTROL AND THE TREBLE AND BASS CONTROLS FOR THE LEFT AND RIGHT CHANNELS, RESPECTIVELY, OF YOUR PREAMPLIFIER. WHENEVER 0 APPEARS, TURN THE KNOB IN QUESTION FULL LEFT. WHENEVER 4 APPEARS, TURN THE KNOB FULL RIGHT. WHENEVER 1, 2 OR 3 APPEARS, SELECT THE APPROPRIATE INTERMEDIATE POSITION. THESE THREE INTERMEDIATE POSITIONS SHOULD BE EQUALLY SPACED BETWEEN THE EXTREMES. IF YOUR PREAMPLIFIER HAS ONLY ONE VOLUME CONTROL AND A BALANCE CONTROL, INTERPRET (CH. 1) AS THE VOLUME CONTROL AND (CH. 2) AS THE BALANCE CONTROL.

GOOD LUCK. - - - JOHN CAGE AND LEJAREN HILLER.

TIME	VOLUME		TREBLE		BASS		TIME	VOLUME		TREBLE		BASS		TIME	VOLUME		TREBLE		BASS	
	CH.1	CH.2	CH.1	CH.2	CH.1	CH.2		CH.1	CH.2	CH.1	CH.2	CH.1	CH.2		CH.1	CH.2	CH.1	CH.2	CH.1	CH.2
0.00	1	3	1	3	4	3														
.05	3	3	1	2	4	3	3.25	1	3	0	0	4	4	6.45	4	0	3	0	2	4
.10	3	3	1	2	4	3	3.30	0	3	0	0	4	4	6.50	4	4	3	0	4	4
.15	3	3	0	2	4	3	3.35	0	3	0	0	4	4	6.55	3	3	3	0	4	3
.20	3	3	0	2	4	3	3.40	0	3	0	0	2	4	7.00	3	3	3	0	4	3
.25	3	4	0	3	4	3	3.45	0	3	1	0	2	0	7.05	3	3	3	0	4	3
.30	3	4	0	3	4	3	3.50	0	1	1	0	2	0	7.10	3	3	2	0	4	3
.35	3	4	0	3	2	3	3.55	0	1	3	0	2	0	7.15	3	3	2	0	1	3
.40	3	4	0	3	2	3	4.00	0	1	3	0	2	0	7.20	3	4	2	0	1	3
.45	3	0	1	3	2	3	4.05	2	1	4	4	2	0	7.25	3	4	2	0	1	3
.50	3	1	1	3	2	3	4.10	2	1	4	4	2	0	7.30	2	4	2	2	1	3
.55	3	1	1	1	2	3	4.15	2	1	4	4	2	0	7.35	2	4	2	2	1	2
1.00	3	1	1	1	2	4	4.20	3	1	4	4	2	0	7.40	2	4	2	2	1	2
1.05	0	1	1	1	2	4	4.25	3	1	4	1	2	0	7.45	2	4	2	2	1	2
1.10	0	1	1	1	2	4	4.30	3	1	4	1	0	0	7.50	0	4	2	2	1	2

Een voorbeeld van een unieke instructie uit 1969, nummer 200.¹³

Het valt op dat veel componisten uit de klassieke moderne muziek het gebruik van AI steeds meer gaan toepassen. Toevalsmuziek kan dankzij de komst van AI veel sneller berekend en geschreven worden, wat voor deze componisten als zeer welkom werd ontvangen. Heel snel werden deze nieuwe mogelijkheden niet alleen maar gezien als een hulpmiddel, maar ook als iets dat perfect op zichzelf kon bestaan. Een echte doorbraak hiervan gebeurde in 1980, toen David Cope begon met EMI: Experiments in Musical Intelligence.¹⁴ Zelf zegt Cope dat hij begon aan EMI omdat hij last had van een serieuze *composer's block*. Zijn originele plan was om een computerprogramma te schrijven dat in staat was om zijn ideeën en zijn muzikale richting verder aan te vullen. Dat kon 1 noot zijn, 1 maat, 10 maten, de mogelijkheden waren eindeloos. Cope had echter al snel door dat hij eigenlijk zelf niet zo heel veel wist over zijn eigen stijl, en begon dus maar met het implementeren van de grote klassieke componisten en hun specifieke stijlen. Zijn hele denken was gebaseerd op dat van recombinitie: nieuwe muziek (laten) schrijven door al bestaande muziek te recombineren om zo tot nieuwe, logische muziek te komen. Volgens hem was dit zeer logisch, omdat alle grote Westerse muziek is opgebouwd uit combinaties van de 12 gelijkgestemde tonen die wij kennen als onze toonladder. Zijn Experiments in Musical Intelligence werken volgens drie basisprincipes:

1. **Deconstruction:** analyse van de muziek en verdelen in kleinere stukken,
2. **Signatures:** wat komt veel voor? De clichés bepalen en datgene behouden wat een stijl specificeert,
3. **Compatibility:** recombineren van nieuwe werken.

Natuurlijk is het logisch dat bestaande werken in kleinere stukjes delen, en die vervolgens in een andere volgorde weer ineen te steken, gaan klinken als complete onzin. Het was dan ook zeer belangrijk voor Cope om heel intensief bezig te zijn met de analyse van bestaande werken om tot een degelijk resultaat te kunnen komen. De meeste van deze nieuwe werken klinken eigenlijk verassend goed en 'correct', maar missen wel de emotie die we gewoon zijn van bepaalde stijlen. Een beetje levenloos en zonder veel muzikale energie. David Cope verwoordt het gebruik van AI en computers om muziek te maken perfect in zijn biografie: "*Ultimately, the computer is just a tool with which we extend our minds.*" Deze uitspraak past perfect binnen het

¹³ <https://www.worthpoint.com/worthopedia/original-1969-john-cage-computer-1874703051>. Geraadpleegd op 10/8/20

¹⁴ <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/experiments.htm>. Geraadpleegd op 11/8/20

hele idee achter Artificiële Intelligentie.

Pas in de jaren 90 beleeft AI zijn hoogdagen. Dit is deels door de steeds groter wordende capaciteiten van computers en deels omdat men zich veel meer ging richten op specifieke, geïsoleerde problemen. Zo won op 11 mei 1997 Deep Blue een potje schaken van de wereldkampioen Garry Kasparov.¹⁵ Deep Blue was een supercomputer gebouwd door IBM en was in staat om een goede 200 000 000 zetten per seconde te berekenen en vervolgens uit te voeren. Deze computer was ongeveer 10 miljoen keer sneller dan een van de eerste schaakcomputers, de Ferranti Mark 1, uit 1951. Ook op het gebied van spraaktechnologie, wiskunde en vooral economie was er de ene na de andere doorbraak. Zo ook het ontstaan van Google. In de klassieke moderne muziek was AI al lang een gevestigde waarde in het componeren van werken, maar dat is in de popmuziek niet echt te merken. Ondanks de vele nieuwe eigenschappen en methodes van AI blijft het lang stil in de muziekwereld omtrent het gebruik ervan, wat ook niet onlogisch is. Het was en is zeer moeilijk om bepaalde emoties (die toch wel bij popmuziek horen) te kunnen vatten in een code. Daarnaast speelt ook de ontwikkeling van DAW's een belangrijke rol. Deze ontwikkeling loopt ongeveer gelijk met de evolutie van de computer; van een kamer gevuld met draden en knoppen tot een scherm op je bureau thuis. Waar vroeger de creatie en productie van nummers in de handen van professionals met ervaring en opleiding lag, was dat plots voor iedereen bereikbaar. Omdat het veel toegankelijker werd, kwam de rol van AI in een stroomversnelling terecht omdat het commercieel ook interessant was: "*Iedereen producer, schrijf een hit in je slaapkamer!*" En dat brengt ons waar we nu zijn.

15 https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence. Geraadpleegd op 10/8/20

4. Huidige stand van zaken

Tegenwoordig is Artificiële Intelligentie niet meer weg te denken uit onze maatschappij. Denk maar aan gezichtsherkenning, de speciaal voor jou voorgestelde films of series op Netflix of zelf-rijdende auto's. Of denk maar aan de afspeellijsten 'Discover Weekly', 'Daily Mix 1' enzoverder van Spotify. Al deze zaken zijn een vorm van AI die door bedrijven wereldwijd worden gebruikt om het gedrag van hun consumenten te meten en zo hun aanbod bij te sturen. Het is belangrijk om te weten dat al deze nieuwe technologieën, waar AI een heel grote rol in speelt, er vooral zijn om ons leven gemakkelijker of aangenamer te maken. Of in het extreme misschien zelfs veiliger als je denkt aan zelf-rijdende auto's; moest iedereen een zelf-rijdende auto hebben zou er nooit meer een zwaar verkeersongeval zijn. Artificiële Intelligentie is er om ons leven gemakkelijker te maken, en dat is zeer welkom als muzikant, producer, componist,....

4.1 Artificiële Intelligentie als tool

We hebben het al de hele tijd over AI die voorkomt uit supercomputers die kamers vol apparatuur in beslag nemen om een programma te kunnen genereren. We weten ondertussen ook al dat deze computers een pak kleiner zijn geworden, en dat de meeste van ons zo'n computer in hun rugzak of zelfs broekzak hebben zitten. Volgens sommigen is het zelfs nog nooit zo gemakkelijk geweest om muziek te schrijven en op te nemen als in deze tijd. Als we het specifiek over pop muziek gaan hebben (ik studeer immers af als popmuzikant) dan zien we dat AI echt als middel wordt gebruikt, om het ons muzikanten gemakkelijker te maken. Hieronder volgt een selectie aan programma's, plug-ins en andere vormen van AI die interessant kunnen zijn voor popmuzikanten of producers.

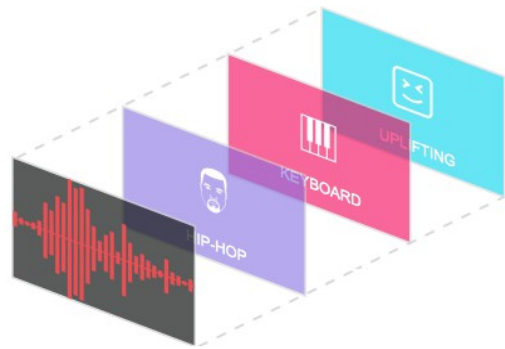
4.1.1 Spotify

Iedereen kent Spotify wel. Hét streaming platform dat in 2008 zijn levenslicht zag en sindsdien de hele muziekindustrie op zijn kop heeft gezet. Met meer dan 280 miljoen Spotify-gebruikers is het de grootste streaming dienst die er is, en deze cijfers gaan voorlopig alleen maar stijgen. Maar wat heeft Spotify nu juist met AI te maken?

De oprichters van Spotify, Daniel Ek en Martin Lorentzon, begonnen in 2006 met het ontwikkelen van hun kleine start-up in Stockholm.¹⁶ Ze wilden een betaalbaar alternatief bieden dat tegelijkertijd ook de illegale handel zou tegenhouden (denk maar aan programma's zoals LimeWire of ThePirateBay). *"The only way to solve the problem was to create a service that was better than piracy and at the same time compensates the music industry."* Ek had toen al het vermoeden dat hij op een goudmijn zat, maar ook hij kon niet inschatten wat voor een impact Spotify zou hebben op de muziekindustrie. Eén van de sterke eigenschappen die de app heeft is het categoriseren van muziek. Dit doen ze met behulp van Niland API, een Frans bedrijf dat gespecialiseerd is in het categoriseren van muziek met AI. Wat opvalt is dat eigenlijk niemand exact weet hoe Niland werkt. Zij houden dit ook zeer bewust geheim, maar het basisprincipe is redelijk simpel: muziek bevat heel veel informatie, zowel op muzikaal vlak als effectieve data (bijvoorbeeld de ISRC codes). Deze informatie wordt door Niland omgezet naar 'tastbare' data en gaat vervolgens op zoek naar gelijkenissen tussen duizenden nummers. Het gaat vergelijkbare nummers vinden, deze samenzetten in een groep en bijvoorbeeld de term hip-hop aan deze groep toewijzen. Een vorm van deep learning dus.

16 <https://www.bbc.com/news/newsbeat-43240886>. Geraadpleegd op 12/8/20

Niland¹⁷ zorgt er voor dat de nummers de juiste 'tags' krijgen. Deze kunnen gaan van genre tot mannen- of vrouwenstem tot zelfs het gevoel (verdrietig, opgewekt, rustgevend) van een nummer. Hierdoor kan Spotify heel snel de functie 'Nummerradio' gebruiken en toepassen. Vind je een bepaald nummer leuk? Dan zal Spotify dankzij Niland voor jou allemaal gelijkaardige nummers presenteren. Ook afspeellijsten zoals 'Discover Weekly' of 'Genres en Stemmingen' worden mee door Niland gemaakt.



Een schematische voorstelling van hoe Niland werkt.

Ondertussen heeft Spotify een marktwaarde van meer dan 20 miljard dollar en dat is iets dat bij veel muzikanten in het verkeerde keelgat is geschoten. Per stream krijgen artiesten van Spotify tussen de \$0.006 – 0.0084.¹⁸ Dat is redelijk weinig en dat is ook de reden dat Ek al langer onder vuur ligt. En terecht ook, want zeker in de huidige corona-crisis, waardoor muzikanten niet eens live kunnen spelen en op die manier heel veel inkomsten verliezen, zou er eigenlijk van Spotify een tegemoetkoming moeten komen. Er zijn enkele grote artiesten die dit probleem al hebben aangekaart maar voorlopig zonder enig resultaat. Jay Z was bijvoorbeeld een van die artiesten. Die was het zó beu dat hij besloot in 2016 zijn eigen streaming platform op te richten: Tidal.

Tidal is in grote lijnen hetzelfde als Spotify maar heeft toch wel enkele pluspunten. Zo kan je op Tidal ook videoclipps of live-sessies bekijken van artiesten, iets wat op Spotify (nog) niet kan. Ook verdienen artiesten meer per stream bij Tidal dan Spotify en dat speelt de laatste maanden hard in het voordeel van de streaming dienst van Jay Z. Maar net zoals alle andere platformen (Deezer, Apple Music,...) is ook Tidal volledig gebouwd op het systeem van Artificiële Intelligentie en zouden we ons geen wereld zonder kunnen voorstellen.

4.1.2 iZotope

iZotope is ongetwijfeld gekend bij de producers onder ons. Sinds 2016 is iZotope de koploper als het gaat over plugins die gebaseerd zijn op AI en machine learning.¹⁹ Hun doel is efficiëntie: oplossingen zoeken voor tijdrovende processen of problemen tijdens het produceren. Op deze manier kan je veel meer met het creatieve bezig zijn en minder met het technische, wat voor veel mensen als een godsgeschenk kwam. Eén van de eerste plug-ins met AI die iZotope uitbracht was Neutron Track Assistant. Dit programma kon detecteren met welke instrumenten je bezig was (herkennen van een gitaar, drums, piano, vocals,...) en automatisch bijpassende effecten voorstellen die bij je muziek zouden passen. Op deze manier moet je niet zelf door honderden effecten bladeren tot je iets goed vindt, maar krijg je ze binnen enkele seconden op een dienblaadje geserveerd. Het doel van iZotope is vooral om je een goed startpunt te bieden waar je dan zelf nog alle vrijheid hebt om dingen aan te passen.

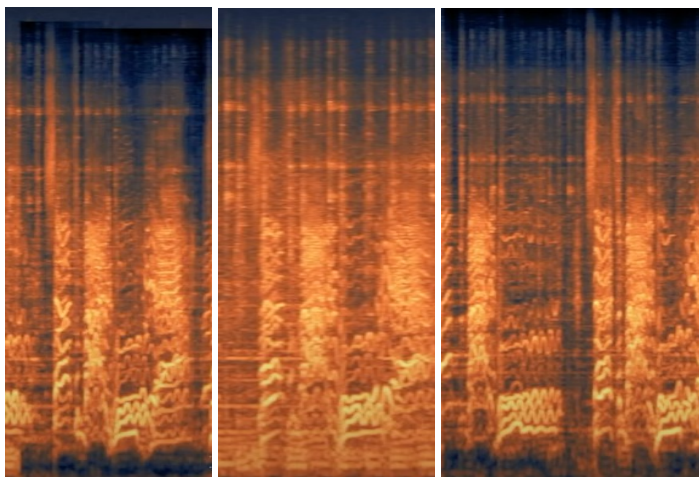
¹⁷ <http://niland.io/technology>. Geraadpleegd op 12/8/20

¹⁸ <https://www.businessofapps.com/data/spotify-statistics/>. Geraadpleegd op 12/8/20

¹⁹ <https://www.izotope.com/en/learn/what-the-machine-learning-in-rx-6-advanced-means-for-the-future-of-audio-repair-technology.html>. Geraadpleegd op 12/8/20

Eén van de strafste zaken die ik ben tegengekomen tijdens mijn zoektocht naar AI in muziek was RX7 van iZotope. RX7 is hét schoolvoorbeeld van hoe machine learning in muziek zou moeten werken. Het doel van dit programma is om fouten en onzuiverheden uit de mix te halen, zonder dat de mix daaronder lijdt. Een klein voorbeeldje om te schetsen wat ik bedoel: er is een live opname van Bob Dylan, maar in zijn micro zit veel te veel overspraak van een tamboerijn. Eigenlijk is deze opname dus niet bruikbaar of je kan er voor kiezen om uren te prutsen en editen zodat die tamboerijn toch iets minder opvalt. Met RX7 kan dit op nog geen 2 minuten. De AI van RX7 is zo ver in zijn leerproces dat het zonder problemen stemmen, percussie, bas of andere kan herkennen en zonder problemen kan reduceren.²⁰ Waar je vroeger stukje bij beetje in de opname moest gaan knippen en aanpassen kan je dit nu met één klik doen. Het zijn dit soort programma's die de toekomst van muziek zijn, zonder in de weg te komen van de menselijkheid van muziek.

Hier zie je een voorbeeld van wat RX7 kan: links is de handmatige aanpassing, rechts wat RX7 heeft gedaan en midden de standaard, onbewerkte track. De bas (onderste lijn, blauw) is netjes weggefilterd. Hetzelfde geldt voor het hoge gekletter van de tamboerijn (bovenste lijn, blauw). Kijk vooral naar de gelijkenissen tussen de twee bewerkingen, RX7 doet het eigenlijk zelfs beter dan de producer in kwestie.



Naast RX7 heeft iZotope nog veel meer plugins die gebruik maken van AI. De volledige Ozone-reeks bijvoorbeeld. Dit gaat van mastering tot EQ tot zelfs het herstellen van frequenties. Het bijzondere aan alles wat iZotope maakt is dat je altijd volgens jouw eigen voorkeuren kan werken: elk programma start bijvoorbeeld met een bevraging. Wat is de sound die je wil bereiken? Hoe hard wil je de compressie horen? Welke stijl of referentie heb je? Op deze manier leert de AI van iZotope altijd bij, en zal er altijd de best mogelijke oplossing uitkomen.

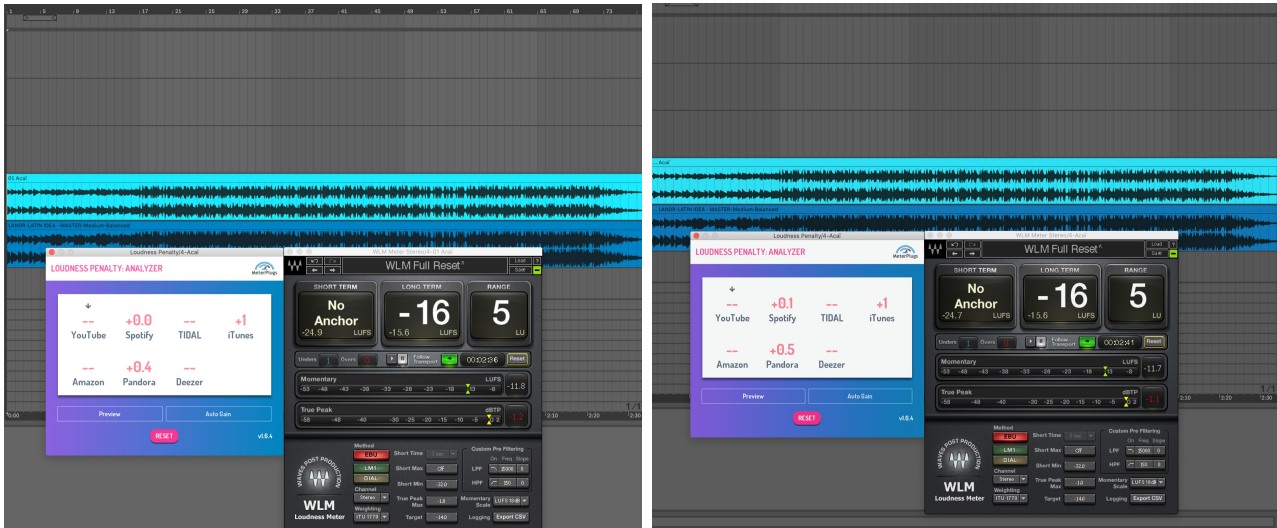
4.1.3 LANDR

LANDR²¹ is te vergelijken met iZotope, maar is een web-applicatie met beperkte mogelijkheden en kan ook alleen maar gebruikt worden voor mix- en mastering van je nummer. Het leuke aan LANDR is dat het relatief goedkoop is, en dat het technisch gezien heel goed in elkaar steekt. Zo zal LANDR altijd eerst de stijl van je nummer analyseren en vergelijken met zijn gigantische database. Per nummer dat wordt ingevoerd wordt deze database aangevuld en leert de AI van LANDR altijd bij. Het heeft trouwens 8 jaar geduurd voor het op de markt kwam, dus je mag er zeker van zijn dat de codering van LANDR van het hoogste niveau is. Hoewel je maar drie verschillende keuzes hebt in mastering styles (Warm, Balanced en Open) kan je wel een aantal referentietracks mee indienen. Ook deze nummers gaat LANDR eerst analyseren om zo tot de meest gepaste balans te komen voor jouw master.

²⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=IgChVNeWQgc>. Geraadpleegd op 13/8/20

²¹ <https://www.landr.com>. Geraadpleegd op 13/8/20

Samen met Willem-Alexander Langlet hebben we uitgezocht wat LANDR juist doet en vervolgens geprobeerd om tot hetzelfde resultaat te komen. Daarnaast hebben we hetzelfde nummer door een professionele master-engineer laten afwerken en deze drie resultaten naast elkaar gelegd. Wat meteen opviel is dat LANDR vooral heel luid is. Het straffe is ook dat het rekening houdt met bepaalde verwachtingen van streaming platformen, bijvoorbeeld -14 Lufs en -1DbTP voor Spotify.



Links de meting van een artisanale master, rechts de meting van LANDR.

Hoewel de master van LANDR redelijk snel na te maken was (al dan niet beter) is het wel een ideaal platform voor artiesten die het geld niet hebben om een volledig album of zelfs aparte nummers te laten masteren. Het hangt trouwens ook heel hard af van het genre dat je wil laten masteren, zo zal LANDR een veel beter resultaat hebben bij hip hop-muziek dan bijvoorbeeld jazz.

4.1.4 Orb Producer Suite

Deze plugin is voor iedereen die na vijf jaar conservatorium nog altijd niet zo goed akkoorden kan spelen op de piano, mezelf inclusief. De Orb Producer Suite²² bestaat uit 4 verschillende plugins die allemaal met AI werken: Orb Chords, Melody, Bass en Arpeggios. De ontwikkelaars van deze plugins, Hexachords, hebben jaren gewerkt om elke mogelijke akkoordprogressie aan te leren aan hun AI. Elke mogelijke volgorde, turn-around, line-cliché of cadens is aangeleerd. Dat zijn er behoorlijk wat, maar het zou geen nut hebben om elke mogelijke progressie aan te bieden. Dat is enerzijds te moeilijk om te ontwikkelen en anderzijds zou dat het plezier van zelf experimenteren en uitzoeken volledig teniet doen. Het uiteindelijke resultaat zijn meer dan 600 verschillende akkoordprogressies waar je uit kan kiezen, die telkens nog aan te passen zijn naar jouw voorkeur. Daarbovenop kan je nog de lengte (1 maat, twee maten, acht maten,..) veranderen en dat per thema of deel van een nummer. Het is ook extreem handig dat de *AI-engine* van de Orb Producer Suite hetzelfde is voor alle plugins. Je hebt dus één algemene interface waar alles aan gelinkt is en op die manier kan je bijvoorbeeld na het vinden van jouw akkoorden een perfect bijpassende baslijn laten genereren. Ondanks dat Hexachords best vooruitstrevend is met deze AI-plugins, is het nog altijd de componist of songwriter zelf die de beslissingen maakt.

22 <https://www.orb-composer.com/orb-producer-suite/>. Geraadpleegd op 14/8/20

4.1.5. Jukebox

Jukebox²³ is dan weer iets totaal anders dan de bovenstaande voorbeelden. Zelf heb ik dit programma heel toevallig ontdekt toen ik aan het scrollen was op Instagram (wat trouwens ook volledig gebaseerd is op AI). Het team dat achter Jukebox zit, OpenAI, is een zelfstandig bedrijf dat zich wil specialiseren in AGI (Artificial General Intelligence) en het is hun missie om er voor te zorgen dat deze AGI voordelig is voor de hele mensheid. Misschien is dat een beetje een hippie-gedachte, maar AGI is de volgende stap in de evolutie van AI en volgens sommigen zelfs de gevaarlijkste. AGI zijn volledig autonome systemen die in zo goed als alle gebieden het beter doen dan de mens. Vooral op economisch vlak en op spelniveau: in augustus 2018 heeft hun AGI 99,95% van de topspelers van Dota (een reeks strategische videogames) verslaan. Zij heten ook heel bewust OpenAI omdat ze al hun experimenten, onderzoeken, codes en vooral hun bevindingen transparant willen houden voor de buitenwereld.

MuseNet²⁴ is de voorganger van Jukebox en was een revolutie op het gebied van *AI-generated music*. Het is een neurale netwerk dat er in slaagt om composities van maximum 4 minuten te maken, met een maximum van 10 instrumenten. Daarnaast kon het ook verschillende stijlen combineren, van Mozart tot The Beatles tot Country, noem maar op. MuseNet heeft duizenden MIDI-files van originele werken beluisterd en geanalyseerd om zo patronen te ontdekken in de harmonieën, ritmes en stijlen van deze werken. In combinatie met GPT-2, een AI-model dat de volgende stap in een sequens kan voorspellen, kan MuseNet dus aan de hand van een klein voorbeeld of input een volledig nummer (in MIDI) genereren. Een voorbeeld: als input (ongeveer de eerste 30 seconden) kies ik het nummer van Adele, *Someone Like You*, en ik zou dit graag in Country-stijl verder willen horen. Het resultaat klinkt niet per se als Country, maar je herkent wel bepaalde typische akkoorden eigen aan deze stijl. MuseNet is zeer beperkt in zijn kunnen omdat het zich moet baseren op MIDI – vaak simpele pianoklanken – en niet op audio, wat dus niet altijd even 'juist' of 'menselijk' klinkt. Maar dat is ook helemaal niet het doel.

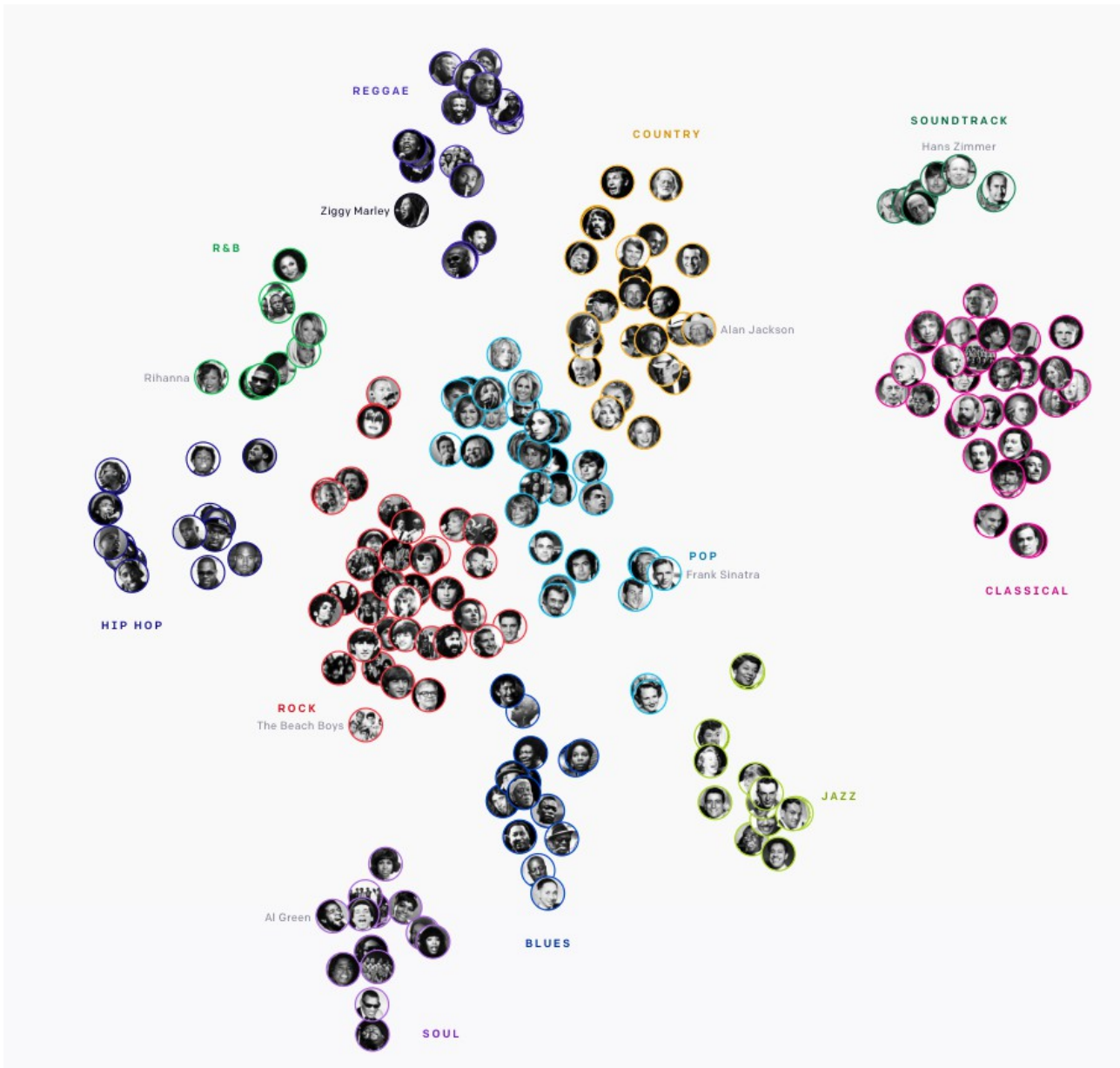
En dat is bij Jukebox net wel het geval. Hoe kunnen we AI of AGI audio aanleren, dit volledig laten analyseren en vervolgens de AGI zélf met nieuwe audio laten afkomen? Dat is de vraag die OpenAI zich stelde en die voorlopig is opgelost: Jukebox. Het probleem met audio is de grootte en lengte ervan. Een typische song van ongeveer 4 minuten in CD-kwaliteit (44 kHz, 16-bit) heeft ongeveer 10 miljoen *timesteps*. Om dat in perspectief te zetten; GPT-2, waar MuseNet op gebouwd is, werkt met duizend *timesteps*. De tijd en het geheugen dat een AGI dus nodig heeft om dit te kunnen verwerken is dus enorm. Zo duurt het ongeveer negen uur om 1 minuut aan audio te kunnen verwerken.

Het tweede probleem is het herkennen van stemmen. Spraaktechnologie staat al heel ver, denk maar aan Siri of Google Home, waar algoritmes onze stem en onze woorden herkennen en daardoor een opdracht kunnen uitvoeren. Maar nu moet het plots ook deze stemmen zélf kunnen bewerken en als nieuwe audio kunnen uitsturen. Dit is deels gelukt maar staat nog heel duidelijk in zijn kinderschoenen. Maar het is wel leuk als je eens een nummer van The Beatles wil horen met de stem van Katy Perry in country-stijl. Bij stemmen horen natuurlijk ook de teksten van een nummer. Ook deze worden in Jukebox geanalyseerd en opgeslagen in een databank, gerangschikt per stijl en jaar van uitgave.

23 <https://openai.com/blog/jukebox/>. Geraadpleegd op 16/8/20

24 <https://openai.com/blog/musenet/>. Geraadpleegd op 16/8/20

De volledige technische details zijn echt ingewikkeld en soms niet te snappen, maar wat Jukebox kan en doet is fenomenaal. Want het is niet enkel audio analyseren en er iets anders van maken; het is ook genre bepalen, lyrics herkennen, melodieën analyseren, instrumenten herkennen en groeperen en daarbovenop nog de artiesten aan de hand van hun muziek in een genre en in een interactieve cluster plaatsen. Die cluster ziet er ongeveer zo uit:



Dit geeft soms zeer verrassende resultaten. Kijk maar naar Drake. Hoewel hij een hip hop-artiest is valt hij toch net buiten die cluster. En valt hij ook niet echt in de cluster van pop- of R&B-muziek. Of staat Dolly Parton plots heel dicht bij Jennifer Lopez.

Hoewel Jukebox enorm vooruitstrevend is en in de komende jaren alleen maar betere resultaten zal boeken zijn er toch nog een aantal problemen. Door het verwerken van pure audio zullen de herwerkingen altijd enorm veel ruis hebben. Op hun website is te lezen hoe dat komt, maar zelfs na maanden te leren over artificiële intelligentie snap ik daar niets van.

4.1.6. Eervolle vermeldingen

Op dit moment zijn er ongelooflijk veel bedrijven en multi-nationals aan het investeren in AI. Het zou ook weinig nut hebben om elke mogelijke AI te bespreken die iets met muziek te maken heeft. Naast de plugins en programma's die ik al besproken hebben zijn er een aantal leuke en verrassende technologieën die ik nog graag met jullie zou delen.

Av3ry is een AI-bot op Facebook ontwikkeld door Alexander Schubert (een Duitse moderne componist). Je kan haar een berichtje sturen op Facebook en zij zal speciaal voor jou een stukje muziek maken. Meestal is dit niet echt 'muziek' te noemen, maar wel leuk om eens te doen. Daarnaast heeft zij ook een constante live-video lopen waar ze constant muziek aan het genereren is. Wie in is voor een trip: check zeker haar Facebook profiel: <https://www.facebook.com/Av3ry.Bot/>

Het **AI Songfestival** is misschien wel de toekomst van het originele Songfestival! Dertien teams van over heel Europa en Canada gingen onderzoeken of AI in staat was om een echt songfestival-nummer te schrijven. Het festival is (terecht) gewonnen door het Australische team, maar dit soort competities tonen aan dat AI als creatieve tool de toekomst kan zijn voor muziek.

<https://www.vpro.nl/programmas/ai-songfestival/artikelen/australie-wint-het-ai-songfestival.html>

Google Magenta is een open source onderzoek van Google zelf naar de rol van machine learning en AI in het creatieve proces. Dit betekent dat iedereen aan dit onderzoek kan deelnemen en dat alle tools en resultaten openbaar zijn. Zij hebben een reeks aan plugins ontwikkeld, Magenta Studio, die gratis te downloaden zijn. Eén van die plugins is Groove, wat voor mij als drummer als waanzin klonk. Groove is bedoeld om een standaard drumpatroon (in MIDI) meer de "feel" van een echte drummer te geven. Ze hebben dit bereikt door 15 uur lang verschillende drummers op te nemen op MIDI drumkits. Deze opnames werden vervolgens gebruikt om een neuraal netwerk te trainen. Het resultaat is écht ongelooflijk, neem zeker eens een kijkje op de website van Google Magenta en experimenteer er op los!

<https://magenta.tensorflow.org/studio/ableton-live#installation>



4.2 Zijn er nog vragen?

Bij het werken met artificiële intelligentie rijzen al snel enkele belangrijke vragen op. Bijvoorbeeld het recht op privacy bij gezichtsherkenning in de straten. Of Google en Facebook die meeluisteren naar gesprekken binnenshuis. Dit is nog een volledig ander aspect van AI dat zeker de moeite waard is om te bekijken, maar behoort niet tot de kern van deze scriptie. Het is echter wel belangrijk om dat kort aan te raken op vlak van muziek: zo zullen er in de toekomst heel veel vraagstukken ontstaan specifiek in de muzieksector waar we het antwoord nog niet eens op kunnen weten. Zo is er het juridische aspect dat zich nu stilaan begint op te dringen. Wat met plagiaat? Of wat met auteursrecht en AI? In hoeverre kan een computer of programma "eigenaar" zijn van een werk? Of zijn het dan de ontwikkelaars van het programma die de rechthebbende zijn? In het Amerikaanse auteursrecht is het bijvoorbeeld niet specifiek aangegeven dat een persoon eigenaar hoeft te zijn van zijn/haar rechten, en valt artificiële intelligentie dus in een enorme grijze zone. De komende jaren zal dit ongetwijfeld nog aan bod komen en voor hevige discussies zorgen, maar dat is wel iets waar we als artiesten bij moeten stil staan. Er is ook nog de filosofische kant van het verhaal. Gaat muziek echt beter zijn met de komst van AI? Of wat is dan de definitie van goede muziek, en in hoeverre is AI capabel om dan "goede" muziek te schrijven? En wat als AI tóch een bedreiging zou vormen voor uitvoerende en scheppende muzikanten? Moeten we dan de ontwikkeling van AI juist niet tegenhouden of beperken? Dit zijn allemaal belangrijke kwesties die in de komende jaren een grote rol zullen spelen in de ontwikkeling van artificiële intelligentie en de invloed die het zal hebben op niet alleen muziek, maar ook onze samenleving.

4.3 Creatief proces/Eigen creatie

Ondertussen is het hopelijk wel duidelijk dat AI duidelijk een invloed kan hebben op het hele creatieve proces. Het zou ook stom zijn om dat niet eens zelf te testen, en dus heb ik voor mezelf een aantal regels opgesteld:

- Ik geef mezelf slechts 24 uur om een nummer te schrijven en te mixen. De mastering laat ik door LANDR doen,
- Ik mag alleen sounds gebruiken die in Ableton zitten, geen externe samples of zelf iets 'live' opnemen,
- Ik laat zo veel mogelijk in de handen van AI. Ik kies zelf wel enkele parameters en ga hier en daar aanpassingen maken in de sounds, maar ongeveer 70-80% moet door AI beslist en gemaakt zijn,
- Ik probeer zo veel mogelijk van alle bovenstaande programma's te gebruiken.

Ik ben begonnen met de **Orb Producer Suite** om akkoorden te genereren. Ik had in mijn hoofd om iets instrumentaal te maken omdat ik allesbehalve een goede zanger ben. Het genre was voor mij niet van belang en na wat scrollen door de mogelijke akkoorden was het duidelijk dat ik iets in de richting van lo-fi hip hop ging maken. De titel van het nummer is dan logischerwijs ook "*Lo-Fi AI*". Op deze akkoorden heb ik dan een baslijn laten maken. Werken met de Orb Producer Suite was eigenlijk zeer aangenaam. Alles voelt heel intuïtief en logisch aan, waardoor je niet uren moet zitten prutsen om iets juist te krijgen. Deze plugins komen trouwens ook met een ingebouwde synth, die ook heel gemakkelijk te gebruiken is. Simpele en duidelijke plugins: altijd een winnaar. Met de akkoorden en de baslijn had ik de basis voor mijn nummer en heb ik vervolgens **Google Magenta** een drumpartij laten verzinnen met *Drumify*. Alles ging veel sneller dan verwacht en voor ik het wist had ik na een kleine drie uur prutsen al zeker anderhalve minuut aan muziek, die niet eens zo slecht klonk.

Google Magenta werkt trouwens geniaal goed, ik heb mij volledig laten gaan en een soort competitie met mezelf gestart. Wie zou het snelst een gepaste partij verzinnen? Dit was een volledige omleiding in het schrijven van het nummer, maar wel een heel leuk experiment. Vooral omdat ik zelf drummer ben. Na dit kort intermezzo heb ik besloten om het allemaal even te laten liggen en later nog eens door te luisteren. Vind ik het wel echt goed, is het wel echt zó zot dat AI dit heeft geschreven? Dat soort vragen hielden mij bezig, omdat ik het meeste uit deze opdracht voor mezelf wilde halen. Het is ook best moeilijk om het allemaal los te laten en de AI maar te laten doen. Altijd wil je nog wel iets aanpassen of toch iets ander proberen ... Ik denk dat dit een van de moeilijkste zaken is aan het werken met AI, je eigen menselijke inmenging beperken tot het minimum (toch specifiek in deze opdracht).

Uiteindelijk ben ik best tevreden met het resultaat. Het is simpel, maar dat stoort me absoluut niet. Het was geweldig om zelf eens te kunnen experimenteren en vanop de eerste rij te kunnen ervaren wat AI allemaal al kan. Het volledige nummer heb ik nog laten masteren door **LANDR**, gewoon om te bekijken en vooral te horen of dat nog iets zou veranderen. Het nummer is te beluisteren onder het hoofdstuk 'Luistervoorbeelden'.

5. Conclusie

Het is niet tegen te spreken dat Artificiële Intelligentie zijn plekje gaat innemen in de toekomst en ontwikkeling van muziek. De technologie bestaat nog geen honderd jaar en is dus totaal nog niet volledig ontwikkeld, maar zal zeker binnen afzienbare tijd het volledige muzieklandschap veranderen. Die veranderingen beginnen we nu al stilletjes te zien. Onze streaming platformen werken al uitgebreid met AI, steeds meer bedrijven brengen AI-geïnspireerde plugins uit en iedereen kan hier thuis al mee experimenteren. En dat is niet iets waar we schrik van moeten hebben. We moeten AI zien als een extra gereedschap in onze al uitgebreide gereedschapskist, want dat is onze taak als artiesten; constant innoveren en creëren, nieuwe manieren zoeken om creatief aan de slag te kunnen gaan. En daar kan AI ons op weg helpen.

Artificiële Intelligentie heeft ook nu al duidelijk een invloed op de manier waarop we muziek ontdekken en maken, soms zelfs zonder dat we het doorhebben. Het maakt ons leven gemakkelijker, niet alleen op vlak van muziek. Ik heb vooral gemerkt tijdens het maken van deze scriptie dat we nog maar het topje van de ijsberg zien, nu pas ontdekken we alle mogelijkheden die AI zou kunnen aanbieden. Door ook zelf met artificiële intelligentie te werken heb ik kunnen merken hoe geavanceerd de huidige technologie al is, dus ik ben heel benieuwd naar wat de toekomst nog gaat brengen.

Voorlopig hebben we het geluk dat we als mensen muziek kunnen maken: met fouten of per ongeluk, experimenteren, onze emotie(s) vastleggen en dit delen met de wereld. Het publiek dat zich herkent in deze emotie(s) en daarom fan is van onze muziek. Muziek en cultuur zijn zaken die ons het meest mens maken, en dat zal een artificieel neurale netwerk van neuronen waarschijnlijk (hopelijk) nooit bereiken of begrijpen.

6. Literatuurlijst

1. 3Blue1Brown. (2015, 7 oktober). *But what is a Neural Network? | Deep learning, chapter 1*. Geraadpleegd van https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=aircAruvnKk&feature=emb_logo
2. Wechsler Adult Intelligence Scale. (z.d.). *In Wikipedia*. Geraadpleegd op 25 mei 2020, van https://nl.wikipedia.org/wiki/Wechsler_Adult_Intelligence_Scale
3. Intelligentie. (z.d.). *In Wikipedia*. Geraadpleegd op 25 mei 2020, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Intelligentie>
4. Kaplan, A. Haenlein, M. (2018, 11 januari). Siri, Siri in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*. (15 – 15). Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/328761767_Siri_Siri_in_my_hand_Who%27s_the_fairest_in_the_land_On_the_interpretations_illustrations_and_implications_of_artificial_intelligence
5. *Artificiële Intelligentie*. (z.d.). Geraadpleegd van <https://overheid.vlaanderen.be/artificiele-intelligentie>
6. Joosten, P. (z.d.). Kunstmatige Intelligentie: definitie, ontwikkeling & toepassinge (6x). *Peter Joosten*. Geraadpleegd van <https://www.peterjoosten.net/kunstmatige-intelligentie/>
7. History of artificial intelligence. (z.d.). *In Wikipedia*. Geraadpleegd op 9 augustus 2020, van https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence
8. Cybernetics. (z.d.). *In Wikipedia*. Geraadpleegd op 10 augustus 2020, van https://en.wikipedia.org/wiki/Cybernetics#cite_note-W1948-2
9. Alan Turing. (z.d.). *In Wikipedia*. Geraadpleegd op 10 augustus 2020, van https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing
10. Information theory. (z.d.). *In Wikipedia*. Geraadpleegd op 10 augustus 2020, van https://en.wikipedia.org/wiki/Information_theory
11. Li, C. (2019, 24 september). *A retrospective of AI + Music. How AI has shaped music creation and the industry*. Geraadpleegd van <https://blog.prototypr.io/a-retrospective-of-ai-music-95bfa9b38531>
12. Hiller, L. (z.d.). *Electronic music – Computer music*. Geraadpleegd van <https://www.britannica.com/art/electronic-music/Computer-music>
13. *Original 1969 John Cage computer printout "program (knobs) for the listener"*. (z.d.). Geraadpleegd van <https://www.worthpoint.com/worthopedia/original-1969-john-cage-computer-1874703051>
14. Cope, D. (z.d.). *Experiments in Musical Intelligence*. Geraadpleegd van <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/experiments.htm>

15. History of artificial intelligence. (z.d.). *In Wikipedia*. Geraadpleegd op 9 augustus 2020, van https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence
16. (2018, 1 maart). *How Spotify came to be worth billions*. Geraadpleegd van <https://www.bbc.com/news/newsbeat-43240886>
17. (z.d.). *Music Perception Engine*. Geraadpleegd van <http://niland.io/technology>
18. Mansoor, I. (2020, 30 juli). *Spotify Usage and Revenue Statistics (2020)*. Geraadpleegd van <https://www.businessofapps.com/data/spotify-statistics/>
19. Wichern, G. (2017, 24 april). *What the machine learning in RX6 Advanced means for the future of audio repair technology*. Geraadpleegd van <https://www.izotope.com/en/learn/what-the-machine-learning-in-rx-6-advanced-means-for-the-future-of-audio-repair-technology.html>
20. iZotope, Inc. (2018, 2 oktober). *Using RX7 to mix a Bob Dylan live recording*. Geraadpleegd van <https://www.youtube.com/watch?v=IgChVNeWQgc>
21. (z.d.). <https://www.landr.com>. Geraadpleegd op 13/8/20
22. (z.d.). <https://www.orb-composer.com/orb-producer-suite/>. Geraadpleegd op 14/8/20
23. (2020, 30 april). *Jukebox*. Geraadpleegd van <https://openai.com/blog/jukebox/>
24. (2019, 25 april). *MuseNet*. Geraadpleegd van <https://openai.com/blog/musenet/>

7. Luistervoorbeelden

1. Illiac Suite for String Quartet – Lejaren Hiller & Leonard Isaacson (1956)
<https://www.youtube.com/watch?v=fojKZ1ymZlo&t=708s>
2. HPSCHD – John Cage & Lejaren Hiller (1967 – 1969)
<https://www.youtube.com/watch?v=Pv0VTEZaITc&t=515s>
3. Experiments in Musical Intelligence – David Cope (1981)
<http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/mp3page.htm>
<https://open.spotify.com/album/7BPUGcPhGNxCo6SXwXB2ue?si=-SEdNRdzTUKkz--tW-mWGA>
4. Using RX7 to Mix a Bob Dylan Live Recording
<https://www.youtube.com/watch?v=IgChVNeWQgc&t=121s>
5. Vergelijking van twee verschillende masters (LANDR)
<https://soundcloud.com/samenthoven/sets/luistervoorbeelden>
6. Resultaten van Jukebox en MuseNet – OpenAI
https://soundcloud.com/openai_audio
7. Google Magenta Groove Plugin
<https://www.youtube.com/watch?v=3MmuWFkgYUY>
8. Av3ry – Alexander Schubert
https://soundcloud.com/av3ry_ai
9. Eigen nummer
<https://soundcloud.com/samenthoven/sets/luistervoorbeelden>