

VAKIDIOOT



REAL TIME RAY TRACING

Deze nieuwste rage in gaming zorgt voor levensechte licht-simulaties. Wat gaat er schuil achter de motorkap?

MUSEUM- VERLICHTING

Hoe beïnvloedt licht de ervaring van kunst in een museum?

ODE AAN DE SPECTROSCOPIE

Het levensverhaal van een onderbelicht vakgebied

KLOKJES DOOR DE JAREN HEEN

Hoe werken klokken? Wat is een seconde? Wat heb je aan een Ytterbiumatoom?

Verlichting

In dit nummer

	Van de Voorzitter <i>Tjibbe</i>	4
	Ode aan de spectroscopie <i>Amber Visser</i>	5
	Pasta, of, de nut van het moderne experimentele onderzoek <i>Cintia Perugachi BSc & Renske Wierda (bijna BSc)</i>	7
	De Antiverlichting <i>Jan Pieter van der Plas</i>	10
	Real Time Ray Tracing <i>Niels Asberg</i>	11
	Hoe ver is ver? <i>Leon Kamermans</i>	16
	Meet your ASML Campus Promoter Niek Geijtenbeek <i>Advertentie ASML</i>	17
	Puzzel! <i>Amber Visser</i>	18
	Mysterieuze medezeggenschap <i>Lotte Polling</i>	21
	Artificial Intelligence <i>Vivian Ning</i>	23
	De Optische MASER <i>Amber Visser</i>	25
	Museumverlichting <i>Lotte Polling</i>	27
	Klokjes door de jaren heen <i>Leon Kamermans</i>	29
	Bestuurlijke AvondTuren in de Avonduren <i>Ellen Kroon</i>	33
	In de boom <i>Jan Pieter van der Plas</i>	34
	De strip	36

Uitgave 25 november 2020
Opplage 1840
Deadline 7 februari 2021

De Vakidioot is een uitgave van
 Studievereniging A-Eskwadraat
 Princetonplein 5
 3584 CC Utrecht

Telefoon (030) 253 4499
Fax (030) 253 5787
Website a-eskwadraat.nl/vakid
E-mail vakid@a-eskwadraat.nl

Wil je de Vakidioot niet meer ontvangen of ben je verhuisd? Pas dan je gegevens aan op a-eskwadraat.nl.

Redactie

Niels Asberg
 Jelle Draijer
 Leon Kamermans
 Vivian Ning
 Lotte Polling
 Jan Pieter van der Plas
 Amber Visser

Voorzitter

Leon Kamermans

Eindredactie

Niels Asberg

Secretaris-Generaal

Amber Visser

Omslag

Niels Asberg
 Lotte Polling

Met dank aan

Cintia Perugachi
 Renske Wierda
 Ellen Kroon
 Mijn mama

Redactioneel

Beste lezer,

Een nieuw collegejaar, een nieuwe Vakidioot. En wat voor een. Waar de universiteit helaas gesloten is, hebben ook wij via Teams dit blad samengesteld. Gelukkig hebben we hier inmiddels al veel ervaring mee door alle online colleges. Ik had zelf persoonlijk nooit gedacht dat ik een hoorcollege om 9 uur 's ochtends in het Androclusgebouw zou gaan missen. We hopen dat de Vakidioot deze toch wel bijzondere tijden toch een beetje mag *verlichten*. Hahahaha. Sorry.

Het thema van dit kwartaal is *Verlichting*. Waar dat natuurlijk direct doet denken de 18e eeuwse cultureel-filosofisch-wetenschappelijke stroming, hebben we wat stukken klaargezet die aan mij omschreven werden als "*Iets met kunst of zo*". En kunnen robots wellicht verlicht raken doormiddel van kunstmatige intelligentie?

Maar je kan je nog veel meer met dit woord! Zo is er uitgebreid geschreven over licht in de vorm van Ray Tracing, lasers en een heuze ode aan de spectroscopie. Maar ook de eerste 3 letters van het woord zijn niet vergeten: hoe ver is ver eigenlijk?

Verder stellen we ook de vraag "*Wat is goed onderzoek eigenlijk?*" aan de hand van heuse pasta-experimenten, en schrijven we over de antiverlichting, en is er een uit de hand gelopen (en niet meer zo beknopte) geschiedenis van klokken en tijdsmetingen vervaardigd.

Namens de voltallige redactie, veel leesplezier!

Leon Kamermans
 Voorzitter Vakidioot



Van de Voorzitter

Tjibbe



Lieve lezers,

Wat leuk dat ik als gloednieuwe voorzitter een stukje kan schrijven voor de vakidoot. Er zijn voor mij dit jaar wat minder manieren dan gebruikelijk

om in contact te komen met leden, en op deze manier kan ik toch minstens vier keer dit jaar een oeverloos lulverhaal aan een paar onschuldige leden ophangen. Dat dit jaar anders dan anders is hoeft ik in ieder geval niet uit te leggen, toch heb ik er ontzettend veel zin in, want het daagt ons als bestuur behoorlijk uit. We hebben ongeveer alle plannen die we normaal van vorige jaren kunnen overnemen moeten omgooien, en volgens mij zijn daar een paar creatieve nieuwe ideeën uit voortgekomen. Toch hoop ik net als de rest van jullie dat de tweede helft van het jaar weer meer fysieke contactmomenten toe laat, zodat ik veel van jullie ook in het echt kan zien.

Dat is echter voor een andere editie van de vakidoot, en daarmee een andere editie van ‘van de voorzitter’. Voor nu kijk ik er naar uit om mij samen met de rest van mijn bestuur het komende jaar in te zetten voor deze prachtige vereniging. We gaan er een jubileumjaar van maken dat niemand gaat vergeten. Want deze crisis mag de feestvreugde van de 50e verjaardag niet drukken!

Er rest mij niks anders dan iedereen veel succes en sterkte te wensen in de komende tijd, en hopelijk tot gauw!

Tjibbe.

Voorzitter A-Eskwadraat

Ode aan de spectroscopie

Amber Visser

Vandaag mag ik jullie meenemen op een reis door de wondere wereld van de spectroscopie. Het verhaal begint aan het begin der tijden. Het is niet voor niets dat de derde zin in de bijbel is: “God zei: ‘er moet licht komen’, en er was licht.” Ook volgens de (zéér vergezochte) oerknaltheorie is er al zo lang in het verleden als we kunnen meten licht. Maar daar zit een cirkelredenering in, want we kunnen daarvoor niks meten omdat er geen licht was. Spectroscopie is het middel waarmee we het verst in het verleden kunnen kijken en waarmee we het verst weg kunnen kijken (met eventuele uitzondering van detectie van zwaartekrachtsgolven, maar dat is volgens mij ook gewoon een soort spectroscopie als je tussen je wimpers door gluurt). Dus jullie mogen nu gaan genieten van het verhaal van de spectroscopie.

Een bescheiden begin

We beginnen bij Sir Isaac Newton met de verwekking van de spectroscopie¹ (grap over hoe Newton als maagd is overleden). Ik was zelf lichtelijk geërgerd dat hij naast het bedenken van de infinitesimaalrekening (of was dat Leibniz?) en de wetten van de klassieke mechanica dacht: ‘laat ik ook eens beginnen aan licht’. Hij publiceerde in 1704 *Opticks* wat hij, in tegenstelling tot *Principia*, wel gewoon in het Engels schreef. Hij had het hierin over hoe wit licht is opgebouwd uit gekleurd licht en verklaarde breking van licht met behulp van het deeltjeskarakter dat hij eraan toeschreef. Zijn tijdsgenoot Huygens dacht dat licht een golfkarakter had. Doordat dit interferentie veel makkelijker kon verklaren werd dit zeer populair, tot het weer minder populair werd (volgens mij zitten we nu op 50/50). Bij Newton en Huygens startte ook de prille romance tussen astronomie en spectroscopie, die tot op vandaag de dag gaande is.

We gaan nu door naar de 19e eeuw. De oplettende lezer merkt op dat we hierbij een hele eeuw overslaan: dit is gedeeltelijk uit luiheid, maar vooral omdat de Wikipediapagina “History of spectroscopy” dit ook doet en dit mijn *uiterst* betrouwbare hoofdbron is (Je zou in feite ook deze pagina kunnen lezen en meer kunnen leren, dan mis je wel mijn schitterende commentaar). Maar vrees niet! In de eeuw die we overslaan zijn alleen zouten in de fik gezet om naar de kleurtjes te kijken, dus veel mis je niet.

Magische haren

Aan het begin van de 19e eeuw heeft de tralie het prisma vervangen als hoofdtechniek voor het splitsen van licht in verschillende golflengten. Tralies werden voor het eerst omschreven door James Gregory, een jaar nadat Newtons *Opticks* werd uitgebracht. De eerste tralie die door mensen is gemaakt werd gemaakt door David Rittenhouse in de Verenigde Staten in 1785².

Hij maakte de tralie door 50 magische haren tussen twee schroeven met zeer nauwe schroefdraad te spannen. Het is op dit punt waarschijnlijk cruciaal om uit te leggen wat een tralie is. Ik stel me voor dat er nu een hele groep lezers zich tralies voorstelt als voor een gevangenis, en nu denk je “dat kan toch niet zijn wat ze bedoelt”, maar op een manier is dat het wel. Een (transmissie)tralie kan je voor je zien als een minuscule versie van die voor een gevangenis. Als licht er doorheen gaat worden verschillende golflengten anders afgebogen. Dit is een cruciaal onderdeel in de werking van de meeste spectroscopen omdat we hiermee de intensiteit van golflengten los van elkaar kunnen analyseren met een veel nauwkeurigere scheiding dan met een prisma.

In 1821 gebruikte Fraunhofer een tralie die qua techniek zeer vergelijkbaar was met die van Rittenhouse om de eerste spectraallijnen te meten; in mijn ogen het ware begin van de spectroscopie. Het was een zware 120 jaar lange zwangerschap, maar nu eindelijk de geboorte. Hij mat een oranje lijn in het spectrum van een kaars en ontdekte bij het onderzoeken of deze lijn ook in het spectrum van de zon zat, 574 van de miljoenen lijnen in het spec-

¹Oké eigenlijk bij de Romeinen, maar die hebben verder geen super nuttige observaties gedaan dus die slaan we over.

²Hij was eveneens de eerste directeur van de “United States Mint”.

trum van de zon die we nu kennen. Hier werd ook de op dit punt letterlijk eeuwenoude relatie tussen astronomie en spectroscopie echt serieus. Het huwelijk, als ik het zo mag noemen³. De astronomie kan sindsdien niet meer zonder.

Kleine kinders worden groot

In 1859 legden Kirchoff (ja, die van de elektriciteitswetten) en Bunsen (ja, die van de branders) uit waar deze lijnen vandaan komen. Ze legden daarmee de grondslag voor alle onderliggende theorie van de spectroscopie. Het – op dat punt zeer nieuwe – idee was dat energie opgenomen werd door atomen die in een verhoogde energietoestand kwamen en de extra energie vervolgens als licht uitzonden. Je kan dit zien als de puberteit van de spectroscopie, waar de spectroscopie nog niet echt weet wie het wil zijn en hoe alles precies werkt, maar wel steeds meer een eigen persoon/vakgebied wordt.

Aan het begin van de 20e eeuw, met eerst het atoommodel van Bohr en daarna de bijdrages van Pauli, Heisenberg, Schrödinger en Dirac (*oh, look at all the names I just dropped*) werd het mogelijk om spectra te verklaren en voorspellen. We weten nu dat absorptie en emissie gebeurt door het raken in een hogere harmonische van de golf functie van een elektron en dat er meestal eerst wat energie verloren gaat aan vibraties (warmte). Hierna valt het elektron terug naar de originele toestand en

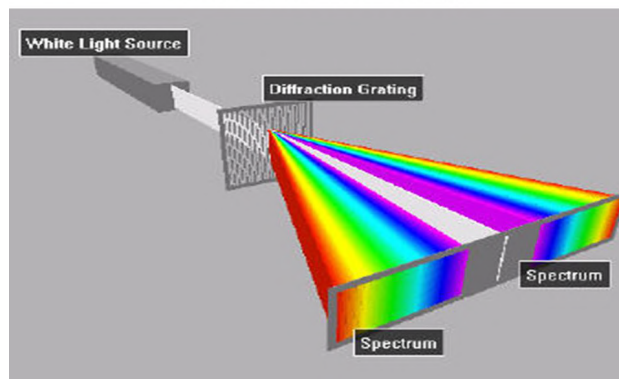
zendt het elektromagnetische straling uit. Dat elk atoom bij zijn eigen vaste golflengten absorbeert en uitzendt komt dus omdat de afstanden tussen de energieniveaus per stof vastliggen. Dit maakt spectroscopie dé manier om elementen uniek te kunnen identificeren.

Coming of age

Moleculaire spectroscopie ontwikkelde zich later in de loop van de 20e eeuw. Met de eerste UV-Vis spectrometer in 1941 en de eerste echte NMR-spectrometer in 1956. Naast de interacties die al plaatsvinden in een atoom (bijv. elektron-elektron repulsie) vindt er in een molecuul ook interactie plaats tussen de kernen en elektronen van de atomen die zich in het molecuul bevinden onderling. Dit geeft problemen die niet analytisch op te lossen zijn, wat het een stuk moeilijker maakt om spectra te voorspellen en verklaren. Met moleculaire spectroscopie kunnen we stellen dat de spectroscopie echt volwassen is. Het leidt niet alleen meer tot fundamentele ontdekkingen, maar heeft ook vele toepassingen en levert daarmee een echte bijdrage aan de maatschappij.

Het kindje is opgegroeid en een volwassene geworden waar we allemaal trots op kunnen zijn. Ik hoop dat ik wat van mijn liefde voor de spectroscopie op jullie heb kunnen overbrengen, maar zo niet, dan hou ik mijn favoriete vakgebied lekker voor mezelf.

Diffraction Grating



Voorbeeld van een tralie

³Huwelijk direct na de geboorte.... Misschien moet ik geen metaforen mengen.

Pasta, of, de nut van het moderne experimentele onderzoek

Cintia Perugachi BSc & Renske Wierda (bijna BSc)

“Domme vragen bestaan niet”, wordt ons vaak genoeg verteld. Dit credo komt waarschijnlijk uit de Verlichting, waarin wetenschap gelijk stond aan experimenteren. In dit kader zijn wij zelf aan het experimenteren geslagen. Met veel gepaste trots presenteren wij u:

Pasta

Inleiding

Veel mensen eten pasta. Pasta komt eigenlijk uit Italië. Gemiddeld eet een Italiaan 23 kg pasta per jaar. [1] Het woord pasta komt van het Italiaanse woord pasta wat van het Latijnse woord pasta komt wat van het Griekse woord παστά (pasta) komt. Er zijn verschillende soorten pasta, zoals macaroni, spaghetti en ravioli [2]. Pastadeeg maak je van [tarwebloem](#), eieren en een beetje zout.

Onze onderzoeksvraag is: Wat gebeurt er als je pasta voor meer dan 2 uur kookt. We denken dat de pasta dan uit elkaar valt. Daarna willen we de pasta filtreren en uit laten drogen in de oven. We denken dat de pasta dan hard genoeg wordt dat je er poeder van kan maken.

Materialen

0. Normale pasta
1. Volkoren pasta
2. 2 pannen
3. Water
4. Oven
5. Ovenschalen
6. [koffiefilters](#)
7. Keukenmachine

Methode

0. Breng het water aan de kook in de pannen
1. Doe de normale pasta in de ene pan en de volkoren pasta in de andere pan
2. Kook beide pasta's voor 2.5 uur
3. Filter de pastasoep door een koffiefilter zodat je pastaprut overhoudt
4. Doe de pastaprut in een ovenschaal
5. Zet de ovenschaal in een hete-lucht-oven op 100 °C voor 4 uur
6. Zet de ovenschaal in een hete-lucht-oven op 100 °C voor 4 uur
7. Vermaal de opgedroogde pastaprut in een keukenmachine

Plaatjes



Figuur 1 Pasta na 2.5 uur koken



Figuur 2 Pastaprut



Figuur 3 Pasta uit de oven!



Figuur 4 Pastapoeder, ruikt erg vies

Resultaten

De pasta was na 2.5 uur koken niet uit elkaar gevallen. De normale pasta was heel erg slijmerig,

terwijl de volkoren pasta iets minder slijmerig was. We hebben het geproefd en we raden het niet aan. Omdat de pasta niet uit elkaar gevallen was, hebben we de pasta afgegoten en daarna gepureerd. Toen hadden we pastaprut. Na 4 uur in de [oven](#) was het nog steeds niet droog. We hebben toen de half-uitgedroogde pastaprut op de verwarming gezet voor 5 dagen totdat de pasta hard was. De keukenmachine maakte veel lawaai tijdens het vermalen van de uitgeharde pastaprut. De pastaprut was zo vast dat de keukenmachine het niet goed kapot kreeg. Daarom hebben we het na een kwartier opgegeven. Na wat schudden zat er onderin de reageerbuis pasta-poeder. De pasta-poeder dat eruit kwam rook niet lekker.

Discussie

Terwijl we de pasta aan het koken waren, kwamen we erachter dat het water best wel snel verdampte. We hebben dus steeds een beetje water erbij moeten gooien. We denken niet dat

dit heeft uitgemaakt voor onze resultaten. Het was verassend dat de pasta niet uit elkaar was gevallen. Dat hadden we wel verwacht. Misschien was het wel gebeurd als we de pasta langer hadden gekookt, maar dat hadden onze huisbazen niet leuk gevonden. Het pureren was niet om aan te zien. Als [Italië](#) ooit de wereld overneemt, hebben wij een probleem. Het duurde ook lang om de pastaprut uit te drogen. Voor een volgende keer moeten we misschien minder pasta gebruiken. Het vermalen van de pastaprut ging niet soepel. Dat kwam omdat de uitgeharde pastaprut heel erg hard was. Harder dan de droge pasta waarmee we waren begonnen. Het uiteindelijke beetje pasta-poeder leek heel erg op [bloem](#).

Conclusie

Onze conclusie is dat je bloem kan maken van pasta als je een goede keukenmachine hebt. Maar daarvoor kan je ook gewoon naar de Albert Heijn. Dit was onze spreekbeurt.

Bibliografie

[1] <https://beleefdeitaliaansepasta.wordpress.com/2014/10/03/leuke-weetjes-over-pasta/>

[2] Albert Einstein. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. *Annalen der Physik*, 322(10):891-921, 1905.

[3] Wikipedia, [https://nl.wikipedia.org/wiki/Pasta_\(deegwaar\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Pasta_(deegwaar))



De Antiverlichting

Jan Pieter van der Plas

Geen mondkapjes dragen, oorlog en andere narigheden die mensen elkaar aan doen, hoe kunnen deze dingen in 2020 nog steeds een probleem zijn? De verlichting beloofde ons toch dat deze problemen allang de wereld uit geholpen zouden zijn. Ik bedoel, met genoeg onderzoek en feiten zullen we toch op een geven moment het met elkaar eens moeten worden? Volgens verschillende groepen denkers uit de 18de eeuw zal dit alleen nooit lukken. De verlichting had namelijk volgens hen een belangrijke aanname fout.

Deze groepen zijn samengevoegd onder de term “de Antiverlichting”. Bij het horen van deze naam krijg je waarschijnlijk al snel een beeld voor je van een anti-wetenschap, streng religieuze, oude man. Wat voor sommige denkers van de antiverlichting kan kloppen, maar niet voor alle. Dit is omdat de antiverlichting eigenlijk een grote groep verschillende ideeën is, die als ‘enige’ overeenkomst hebben dat ze het niet eens zijn met de verlichting. De problemen en oplossingen die ze voor de verlichting hebben verschillen erg van elkaar. Daarom focussen we maar op één van de stromingen: het pluralisme.

Om te weten waar het pluralisme het niet eens is met de verlichting, is het eerst nuttig om te weten wat de verlichting nu precies aannam. De verlichting heeft drie aannames. Ten eerste: alle problemen hebben oplossingen. Ten tweede is het mogelijk om op deze oplossingen te komen en als laatste zullen de oplossingen elkaar niet tegenspreken. Met deze aannames kan ieder probleem met behulp van feiten rationeel worden opgelost.

Vooraf aannames drie valt niet heel lekker bij de pluralisten. Dat ieder probleem maar één oplossing heeft is een sterke aanname, zeker als het in de echte wereld vaak genoeg voorkomt dat verschillende mensen op compleet tegensprekende oplossingen komen. Volgens de verlichting moet één van de twee fout zitten. In de wetenschap is dit bijvoorbeeld zeer duidelijk. Houdt iemand zich aan de van tevoren verzonden aannames? Zo ja, dan klopt hun argument. Zo niet, dan hebben zij geen gelijk.

Zo makkelijk is dit jammer genoeg niet voor politieke vragen, bijvoorbeeld: moeten we hier een nieuwe weg bouwen? Hier gaat de hele discussie om wat iemand belangrijker vindt. Iemand in zijn

huis laten wonen of een kortere reistijd voor de rest van ons. Hier worden de argumenten vaak onderbouwd met wat mensen in hun leven belangrijk vinden, hun eigen waarden. Deze waarden zijn voor iedereen anders waardoor zelfs als iedereen 100% rationeel is, we toch op andere antwoorden uit zullen komen.

Maar wat nu? Hoe kunnen we dan ooit een discussie over iets houden als iedereen toch zijn eigen correcte antwoord mag “verzinnen”. Hier zegt een pluralist als Isaiah Berlin tegen je: “De argumenten moeten wel logisch en op feiten gebaseerd zijn, anders raken we alle geweldige vooruitgang kwijt die we met de verlichting behaald hadden.”. De pluralist probeert alle goed onderbouwde standpunten te begrijpen en weet dat logische argumenten vaak geen zin zullen hebben om de persoon te overtuigen. De enige manier om toch tot een consensus te komen is als een van de twee, of beiden, zijn/haar waarden verandert.

Dit kan klinken alsof we voor altijd naar heen en weer schreeuwende politici zullen moeten luisteren, alleen zo zie ik het niet. Het is eerder een vraag naar begrip voor de andere kant, zodat ze niet als de foute, domme kant gezien zullen worden. Belangrijk is ook dat als je waarden bepaald worden door alles wat je in je leven hebt meegemaakt, dit ook betekent dat alles wat je nog *gaat* meemaken je waarden kunnen veranderen. Dit betekent: om een goede discussie te voeren moet je iemand anders kunnen laten zien hoe het is om jouw leven te leiden, en dat vind ik eigenlijk wel iets heel mooi menselijks hebben.

(Daarom moet ik dit stuk natuurlijk ook met mijn mening eindigen :P)



Real Time Ray Tracing

Niels Asberg

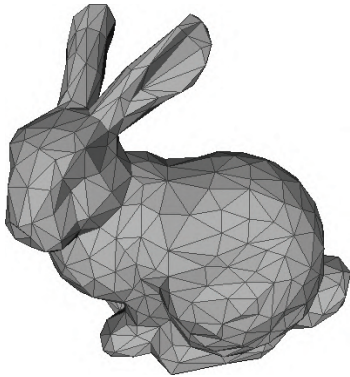
Het is de nieuwste rage in gaming: *real time ray tracing*. Het maakt games realistischer door de interactie van lichtstralen met de virtuele wereld te simuleren met behulp van allerlei natuurkundige wetten. In de afbeelding hierboven zie je een voorbeeld van ray tracing: het kan er extreem realistisch uitzien! Maar hoe werkt ray tracing nou precies? En wat zijn de voordelen over traditionele render¹methodes zoals *rasterization*? En, niet onbelangrijk – hoe kun je ray tracing gebruiken in *real time*²? Voordat we beginnen, een waarschuwing: ik heb mijn best gedaan om dit artikel voor alle bèta's begrijpbaar te maken, maar het blijft vrij technisch – dus bereid je voor!

¹Renderen is het genereren van een digitale afbeelding.

²Met real time bedoelen we dat het toegepast kan worden in games. Meestal hebben we het dan over een rendertijd van enkele milliseconden per frame.

Driehoeken

Elke 3D wereld in games is opgebouwd uit een grote verzameling driehoeken; door deze aan elkaar te plakken kun je alle vormen benaderen.



Figuur 1 Dit konijn is opgebouwd uit driehoeken.

Elk van deze driehoeken heeft een bepaald materiaal, die bijvoorbeeld de kleur en reflectiviteit beschrijft. Traditioneel wordt zo'n 3D wereld gendreerd door middel van *rasterization* – hierbij worden alle driehoeken één voor één op het scherm gendreerd, waarbij voor elke pixel alleen de dichtstbijzijnde driehoek wordt behouden. Zo kun je een aardig beeld krijgen van de wereld, waar objecten in de voorgrond objecten in de achtergrond blokkeren. Ondanks dat het misschien wat omslachtig klinkt om *alle* driehoeken te renderen, zelfs als ze niet zichtbaar zijn, is deze methode vrij efficiënt en kan het zelfs op oudere computers in real time draaien. Maar omdat elke driehoek los behandeld wordt, zijn effecten die afhangen van interacties tussen de verschillende driehoeken – denk bijvoorbeeld aan reflecties – erg lastig om te simuleren. Met ray tracing is dit echter goed te doen.

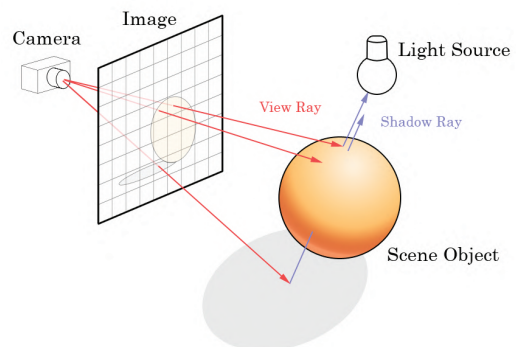
Ray tracing basics

In de natuur komt uit elke lichtbron een grote hoeveelheid lichtstralen, waarvan er uiteindelijk maar een klein deel op de sensor van je camera terechtkomt. Als je dit zo simuleert, gaat een groot deel van je rekenkracht verloren aan lichtstralen die uiteindelijk niet in je gesimuleerde camera eindigen, en dus niet bijdragen aan het plaatje. In

plaats hiervan worden lichtstralen *achterstevoren* gesimuleerd, waarbij we voor elke pixel op de sensor een lichtstraal genereren die er op terecht had kunnen komen, om vervolgens uit te rekenen waar hij vandaan had kunnen komen. Hierbij wordt gebruikgemaakt van het *Helmholtz wederkerigheid principe*³, die impliceert dat je lichtstralen prima ook achterstevoren kan simuleren, zonder dat dit een ander resultaat oplevert. Om te vinden waar de lichtstraal vandaan had kunnen komen, moet je kijken wat de dichtstbijzijnde driehoek is die hij snijdt. Vervolgens kun je de lichtstraal bijvoorbeeld laten reflecteren of breken op het oppervlak van deze driehoek, afhankelijk van diens materiaal. Dit doe je totdat je (hopelijk) terechtkomt bij een lichtbron, zodat je weet dat deze lichtstraal inderdaad een valide lichtpad is.

Path tracing

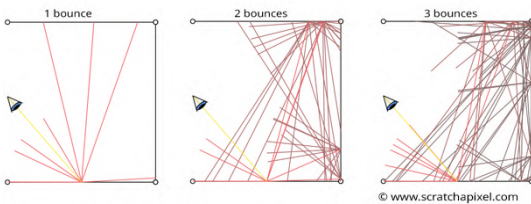
Een reflectie of breking van een lichtstraal spreekt redelijk voor zich, maar welke kant gaat hij op als het oppervlak diffuus is, en het licht dus niet perfect reflecteert? De lichtstraal had dan uit elke richting kunnen komen. Bij de simpelste manier van ray tracing (Whitted style) genereren we dan een *shadow ray*. Deze shadow ray sturen we richting de lichtbron, er zijn dan twee mogelijke uitkomsten: óf hij komt veilig aan bij de lichtbron, óf hij wordt onderweg geblokkeerd. In het tweede geval concluderen we dat deze pixel deel uitmaakt van een schaduw, en maken we hem zwart.



Figuur 2 Een schematische weergave van Whitted style ray tracing, inclusief shadow rays.

³Helmholtz reciprocity principle in het Engels

Maar in het echt zijn schaduwen nooit perfect zwart. Een meer realistische methode is *path tracing*. Hierbij sturen we geen shadow ray, maar weerkaatsen we de lichtstraal in een willekeurige richting, om hem vervolgens gewoon verder te simuleren. Wat we hier in essentie doen is het grof numeriek integreren van de licht-invalsfunctie door het nemen van één *sample*. Deze methode staat ook wel bekend als *Monte-Carlo integratie*. Deze methode zorgt echter wel voor ruis, omdat je maar één richting uit een oneindig aantal mogelijke richtingen evalueert. De ruis wordt minder als je meer samples neemt – maar uiteraard kost dit ook meer rekenkracht, en maakt het de simulatie langzamer. Om de ruis helemaal weg te werken heb je vaak namelijk vele duizenden samples per pixel nodig.



Figuur 3 Er zijn een heleboel mogelijkheden voor een lichtstraal om te weerkaatsen!

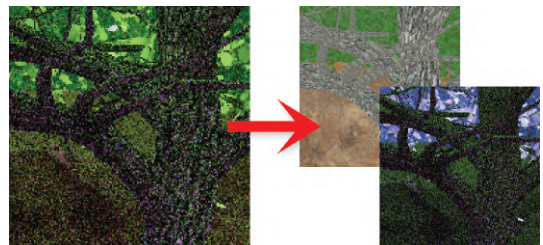
Ruisvermindering

Er zijn echter methodes om te zorgen dat je met minder samples uit de voeten kan. Het belangrijkste voorbeeld hiervan is *importance sampling*⁴. Met deze methode krijgen bepaalde richtingen een grotere kans om geëvalueerd te worden, en stuurt een diffuse reflectie een lichtstraal dus niet meer een geheel willekeurige richting uit. Hierbij wordt een grove inschatting gemaakt van de lichtverdeling in alle richtingen – als je een lichtstraal immers in een richting stuurt waarvan je al weet dat er relatief veel licht vandaan komt, is er een grotere kans dat je uiteindelijk bij een lichtbron eindigt. Deze methode vermindert daardoor het percentage lichtstralen dat onnodig wordt berekend, zodat je met minder samples per pixel al een ruisloos beeld kunt krijgen.

Met de allerbeste moderne videokaarten kun je elke seconde zo'n miljard lichtstralen *tracen*. Dat

klinkt als erg veel, maar als je uitgaat van een schermresolutie van 1920×1080 pixels bij 60 frames per seconde komt dat neer op $10^9 / (60 \times 1920 \times 1080) \approx 8$ samples per pixel (spp) voor elk frame. Dat is nog niet genoeg om de ruis weg te werken. Maar toch is het mogelijk om zelfs met maar 1 spp een ruisloos beeld te genereren. Hiertoe worden een paar slimme trucjes toegepast om een plaatje met veel ruis te *denoise*. Twee veelgebruikte denoise-methodes zijn *bilateral blur* en *temporal reprojection*.

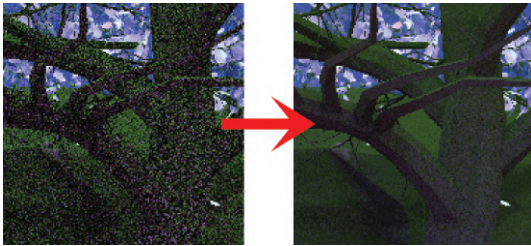
Als je een plaatje met ruis maar genoeg blurt (vervaagt), zal de ruis uiteindelijk niet meer zichtbaar zijn. Maar het probleem is dat dan ook alle detail vervaagt. Daarom gebruiken we een speciaal type blur: *bilateral blur*. Hiertoe moeten we eerst het gerenderde plaatje splitsen in twee losse lagen: één met de kleurinformatie voor elke pixel, en één met de lichtinformatie voor elke pixel:



Figuur 4 De render (links) wordt gesplitst in een kleurlaag (rechtsboven) en een lichtlaag (rechtsonder).

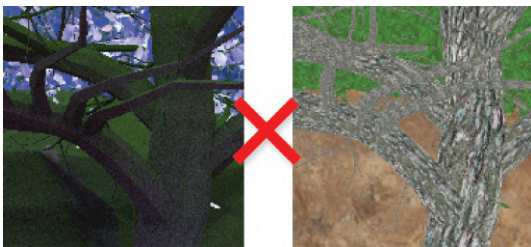
Alle ruis zit hem in de lichtlaag, aangezien de kleurinformatie van tevoren is gespecificeerd in de materialen van de driehoeken. Om die ruis te verminderen, passen we een blurfilter toe op de lichtlaag – maar rekening houdend met grenzen die niet overschreden moeten worden. Hiervoor wordt wat extra informatie zoals de afstand tot en normaalvector van elke pixel gebruikt. Zo zorg je dat pixels alleen in elkaar vervagen als ze echt tot hetzelfde oppervlak behoren:

⁴Er zijn nog vele andere methodes, maar helaas hebben we geen tijd om die hier te bespreken. Mocht je geïnteresseerd zijn; twee andere interessante methodes zijn Next Event Estimation en Russian Roulette.



Figuur 5 Door bilateral blur toe te passen op de lichtlaag wordt de ruis verminderd.

Vervolgens vermenigvuldigen we de kleur- en lichtlaag met elkaar om tot een scherp, ruisloos beeld te komen:



Figuur 6 Door de denoised lichtlaag te vermenigvuldigen met de kleurlaag krijgen we een ruisloos beeld.

Naast bilateral blur kun je ook *temporal reprojection* gebruiken. Deze techniek maakt gebruik van het feit dat vaak meerdere frames ongeveer dezelfde objecten laten zien. Door de lichtinformatie van een aantal vorige frames te onthouden en deze net wat te vervormen ('reprojection') kun je zorgen dat deze weer op de goede pixels terecht komt, maar dan voor het huidige frame. Zo heb je meer samples om mee te werken, want het is zonde om oude informatie weg te gooien als het voor je nieuwe frame ook nog bruikbaar is. Je loopt hier alleen wel tegen problemen aan bij oppervlaktes die niet van alle kanten hetzelfde eruit zien, zoals spiegels. Hierbij zul je helaas niet veel hebben aan de oude informatie en kun je die dan ook niet goed herbrui-

ken.

Een groot nadeel aan zowel bilateral blur als temporal reprojection is dat je afbeelding helemaal scherp moet zijn. Je kunt dus geen effecten als anti-aliasing, depth of field of motion blur meerenderen, terwijl deze juist in path tracing heel makkelijk zijn om realistisch toe te voegen. Deze kunnen helaas alleen als extern effect toegepast worden nádat de ruis is weggefilterd.

Blauwe ruis

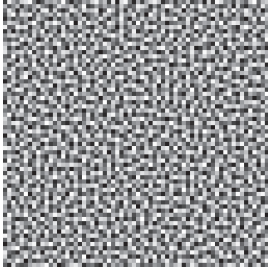
Zoals je kunt zien zijn er veel manieren om een mooi egaal beeld te krijgen uit een path tracer, zelfs in real time. Al deze methodes zijn gericht op het reduceren van de ruis die je krijgt als je weinig samples gebruikt. Maar wat als ik je vertel dat er nog iets mogelijk is om een visueel egaal beeld te krijgen, zónder de ruis te verminderen? Dit kan doordat niet alle ruis hetzelfde is. In een path tracer wordt veel gebruik gemaakt van willekeurige getallen. Bijvoorbeeld voor de reflectierichting. Als je hiervoor puur willekeurige getallen pakt, maak je effectief gebruik van *witte ruis*:



Figuur 7 Een voorbeeld van witte ruis, weergegeven als waarden van 0 (zwart) tot 1 (wit).

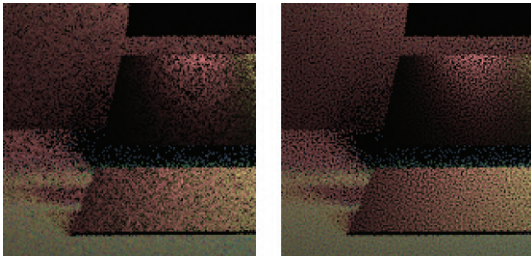
Witte ruis is uniform, wat wil zeggen dat elke waarde even vaak voorkomt. Daarnaast is er geen enkele correlatie tussen waarden die naast elkaar liggen. Puur willekeurig dus. Door dit gebrek aan correlatie krijg je zowel laag- als hoogfrequente ruis. Visueel valt vooral de laagfrequente ruis erg op; dit kun je in een plaatje als hierboven zien als grotere eilandjes van min of meer dezelfde waarden. Wat als we deze erg opvallende lage frequenties uit de ruis zouden filteren? Dit is het idee achter *blauwe ruis*. Om blauwe ruis te verkrijgen, moet je eerst witte ruis genereren. Dan krijg je een afbeelding als hierboven. Vervolgens herorden je de pixels op

zo'n manier dat de lage frequenties geëlimineerd worden – door te zorgen dat het verschil tussen twee aanliggende waarden steeds zo groot mogelijk is.



Figuur 8 Een voorbeeld van blauwe ruis

Zoals je kunt zien ziet blauwe ruis er voor het oog veel uniformer uit, terwijl het qua waarden even uniform is als witte ruis. Wanneer je blauwe ruis toepast in path tracing voor het bepalen van de reflectierichting krijg je ook een meer uniform ogend beeld⁵:

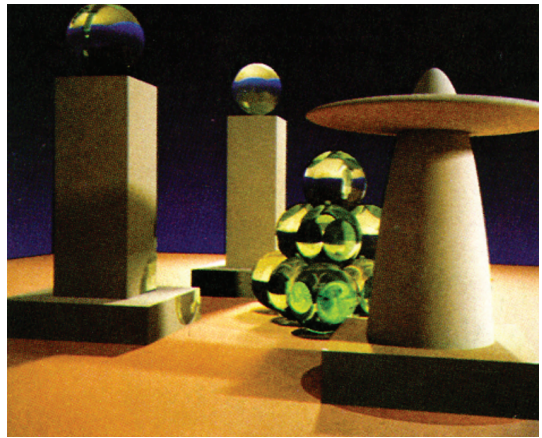


Figuur 9 Hetzelfde beeld, gebruikmakend van witte ruis (links) en blauwe ruis (rechts).

Wil je nog meer weten over (real time) ray en path tracing of wil je zelf een ray tracer programmeren? *Scratchapixel* heeft een goede inleiding op <https://www.scratchapixel.com/lessons/3d-basic-rendering/global-illumination-path-tracing>. Daarnaast wordt er aandacht aan besteed in het tweedejaars Gametech vak *Graphics* en het Game and Media Technology mastervak *Advanced Graphics*.

Het mooie is dat beide beelden precies even veel samples per pixel gebruiken, en er precies even lang over doen om te renderen! En doordat de laagfrequente ruis is verminderd, is het resultaat tevens geschikter voor denoise-methodes als bilateral blur, aangezien je een kleinere *blur radius* kunt gebruiken om het licht egaal te vervagen.

Al deze methodes worden toegepast om real time ray tracing mogelijk te maken. Dit alles om op 60 frames per seconde allerlei ingewikkelde lichteffecten accuraat te simuleren. En we zijn van ver gekomen: onderstaande afbeelding van 512×512 pixels kostte in 1986 nog meer dan 20 uur om te renderen!



Figuur 10 We zijn van ver gekomen: 1221 minuten kostte het in 1986 om dit beeld met 40 samples per pixel te genereren. (Kajiya, 1986)

⁵Probeer het zelf uit op <https://www.shadertoy.com/view/tsGcWV>

Hoe ver is ver?

Leon Kamermans

Ergens in dit blad gaat het over licht, maar dan wordt het eerste deel van "verlichting" wel weggelaten¹. Dat is ook maar zelig voor ver. Daarom hier een ode aan ver, maar hoe ver is ver eigenlijk?

Afstand is ook maar relatief

Als je aan mensen vraagt "wat is ver?", dan is het onvermijdelijk om een hoop verschillende antwoorden te krijgen. Een mier vind het al een hele taak om de straat over te steken², een astronaut vindt een rondje om de aarde een korte rit⁴, en om half 9 's ochtends vind ik de afstand van mijn bed tot de wekker al onoverbrugbaar.

Van Dale definiëert *ver* als: 1. *Afgelegen, verwijderd* 2. *Over een grote afstand* 3. *Zeer gevoerd*. Dit is ongeveer even vaag als een docent die zegt dat het aankomende tentamen "goed te doen" is. Er moet dan toch een manier zijn om vast te leggen hoe ver ver precies is?

Redders in nood: de Fransen

Ja beste lezer, ik schrok ook even toen ik deze tussenkop las. Dit zou de eerste keer dat er iets goeds uit Frankrijk kwam. Na het decimale stelsel, stokbrood met wijn en Daft Punk natuurlijk. Het blijkt echter dat onze oplossing gevonden kan worden in het land van de *Route du Soleil*. Er blijkt namelijk in Normandië een gehucht te liggen genaamd Ver.



Een vergezicht van de kust die ver van Ver ligt.

Dit idyllische plaatsje heeft een populatie van 343 diepgelukkige zieltjes, bevindt zich een kleine 10 kilometer van het strand, en heeft zelfs een eigen Notre-Dame. Zullen ze in Parijs vast heel jaloers op zijn. De vraag "Hoe ver is Ver?" kan dan ook simpel beantwoord worden: vanaf het prachtige Amerongen (wat toch wel de as is waarlangs de aarde draait) 708 kilometer op de fiets. Hier is echter een nieuw probleem ontstaan: de afstand tot Ver hangt natuurlijk volledig van je huidige locatie af.

De Ver-lengte

Maar dit kan opgelost worden. Het prachtige van Ver is namelijk dat het een oppervlakte heeft: namelijk 13,3 vierkante kilometer. Maar Leon, dit is toch geen afstand? Klopt. Het is een afstand in het kwadraat! Dus als we simpel een worteltje trekken komen we erop dat de Ver-lengte gelijk is aan 3,65 kilometer. Deze invariante grootte zal van nu tot de uiteindelijke hitte-dood van het universum de definitie van ver zijn.

Dit lost zo veel problemen op. Mochten je ouders je ooit dwingen om weer eens mee te gaan op een familievisite⁵, en je de eeuwenoude vraag "Is het nog ver?" bij jezelf voelt opborrelen, kan je dus beter vragen "Moeten we nog meer of minder dan 3,65 kilometer afleggen?". En ook de vraag "Bevindt Ver zich ver van het strand?" is nu met een simpel "Ja" te beantwoorden, daar $10 > 3,65$.

Nu hoor ik je denken. Dit is wel een beetje ver gezocht. Ha. Sorry.

¹Hoewel ing ook weggelaten wordt, heb ik geen zin om te schrijven over de bank die meer dan een miljard aan boetes ontvangen heeft in de laatste 10 jaar voor witwassen en het financieren van terrorisme.

²Wist je dat de mier het snelst bewegende dier is? De kaak van de *Myrmica camillae* kan met een snelheid van 320 kilometer per uur dichtklappen. bron: National Geographic Kids³.

³Ja, National Geographic Kids is gewoon een goede bron. Ik snap niet dat er mensen zijn er die *De Vakidoot* niet als een serieuze publicatie zien.

⁴Het ISS cirkelt in een kleine 93 minuten om de aarde heen. Toch een stukje sneller dan die mier van eerder.

⁵Over 3 jaar natuurlijk, als onze plaatselijke pandemie voorbij is.

Meet your ASML Campus Promoter Niek Geijtenbeek

Advertentie ASML

You may have seen the ASML logo around the University of Utrecht. You may wonder what kind of company ASML is and what potential careers it has to offer. But what you may not know is that there is someone on your campus who can answer all your questions and more – ASML student campus promoter Niek Geijtenbeek.

So, tell us more about Niek Geijtenbeek?

Hi, I'm Niek. I'm 22 and I have a passion for computer science, which is why I study it here at the University of Utrecht. My father was a computer engineer, so I guess it runs in the family. After my Bachelor's, I plan to continue with a Master's in Computer Science and then look for a career somewhere creative and challenging. How did you get involved with the role of ASML Campus Promoter? A friend of mine in a student association was offered the role, but he didn't have the time. I just happened to be deep-sea diving in Vietnam when he contacted me to see if I wanted to do it. Of course, I had a lot of questions, but when I got back to the Netherlands, we



scheduled an introduction day at the ASML campus in Veldhoven. During this visit, the more I learned about the company, the more interested I became. What I thought was 'just a physics-based company' turned out to have so many different, high-level tech-based roles – and yes, for computer scientists too! You also might think a big company like that would be all 'corporate' and stuffy suits, but it's super dynamic and friendly – like you imagine a silicon-valley type company to be. Talking to the employees that day, the main impression I got was that they're proud to work there and excited about they do. That's pretty powerful.

What do you want to achieve with the role, and how can people find you?

I want to share that excitement with people who are interested to learn more. I want to correct misconceptions. For example, many people still think ASML makes computer chips and not the machines that make them (I got to see one on a cleanroom tour, very impressive!) Mainly, I'm here to chat about all things ASML - from careers to internships and scholarships, to what daily life is like there. You can spot me around the campus in my blue ASML jacket on my ASML bike, which is a real conversation starter! It doesn't even have to be related to ASML. We can talk general careers advice (I have experience in that area, too), and, hey, I'm always keen to talk about computer science! Don't hesitate to reach out, I am just a guy, happy to have a conversation with you.

Finally, what other career advice would you give your fellow students?

Don't lose your curiosity. As soon as you lose that, it's difficult to get it back. I have seen people struggling with their studies, but it was all a matter of getting the curiosity back. If you still enjoying asking questions and learning the answers, you're always on the right track!

Put your study to work

We welcome students from all over the world to join us for internships and graduation assignments at our global headquarters in Veldhoven, the Netherlands. Want to see what's possible? Gain hands-on experience and support with ASML scholarships or attend a career event for students and PhD graduates. Learn more at www.asml.com/students.

You can get in contact with Niek via niek@workingatasml.com.

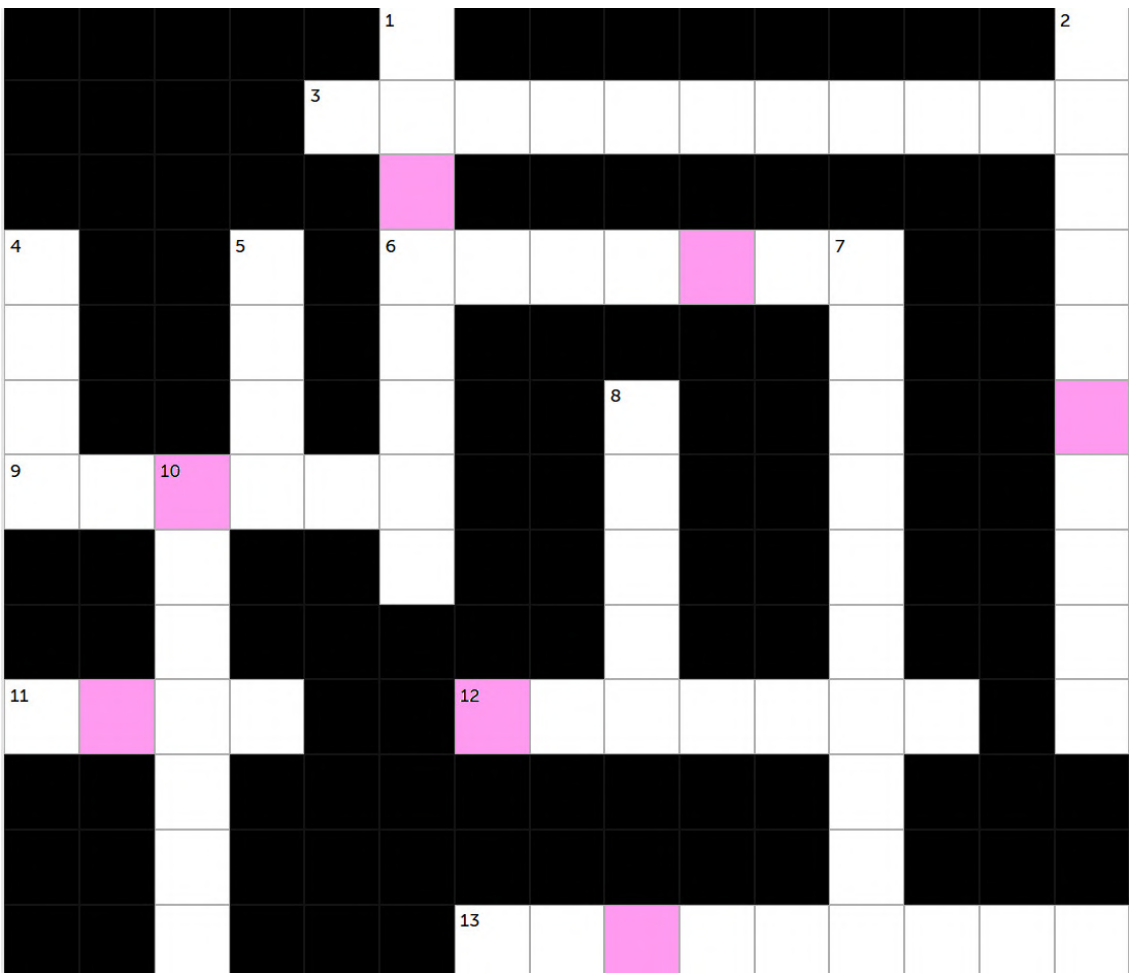
Puzzel!

Amber Visser

Lieve lezers,

Als jullie een beetje op mij lijken, zijn jullie ook dol op puzzels. Dus hebben we als redactie besloten dit jaar een doorlopende puzzel te doen. Aan het eind van de puzzelreeks van elke editie krijg je een deel van de totale oplossing. De puzzels zullen elke editie een beetje moeilijker worden. Als je de puzzels in alle vier de vakidioten dit jaar oplost kom je terecht bij een verassing. Ditmaal, een duik in het archief. Veel puzzelplezier!

P.S. De eerste drie letters van dit woord zijn extra belangrijk



Horizontaal:

3. Na regen komt [11]
6. Middelbare schoolverlichting [7]
9. Kroonluchter en tevens gemeente in Noorwegen [6]
11. Auteur van "Verlichting" [4]
12. SI-basiseenheid lichtsterkte [7]
13. Cogito ergo sum [9]

Verticaal:

1. Francois Marie Arouet [8]
2. Pijnverlichting [10]
4. Derde kleur van zon en regen [4]
5. Aantal stappen in het pad naar de verlichting [4]
7. Lichtknopje [10]
8. Lichtdeeltje [5]
- 10premie [7]



Meespelen in dit orkest? Word lid!

Bespeel jij een muziekinstrument op KNMO C-niveau en wil je graag muziek maken in een goed, groot en gezellig harmonieorkest? Kom meespelen bij muziekvereniging O.B.K. Zeist. We repeteren op donderdagavond in ons eigen verenigingsgebouw 'De Boskapel' in Zeist, goed bereikbaar uit Utrecht met het OV of de fiets.

Het orkest wordt geleid door Arnold Span. Wij streven er naar om het publiek te laten genieten van een afwisselend, kwalitatief hoogwaardig programma waarin vrijwel elk genre vertegenwoordigd is, van klassiek tot pop en van musical tot latin. In 2018 werd ons orkest Nederlands kampioen tijdens de Open Nederlandse Kampioenschappen. Naast het met elkaar muziek maken besteden we ook tijd aan gezelligheid, onder andere tijdens de derde ronde aan de bar en verschillende verenigingsactiviteiten. Voor het geld hoef je het niet te laten: we hanteren een speciaal studententarief.

Neem voor meer informatie of een vrijblijvende proefrepetitie contact op: info@obk-zeist.nl

Graag tot gauw!

Playing in this orchestra? Become a member now!

Do you play an instrument and would you like to make music in a large and cozy wind orchestra that performs at a high level? Come and play at O.B.K. Zeist.

We rehearse every Thursday evening in our own building 'De Boskapel' in Zeist, easily accessible from Utrecht by public transport or bicycle. Our conductor is the Arnold Span. With Spans guidance we are able to give the audience a varied, high-quality program in which almost every genre is represented. From classical to pop and from musical to Latin. We even finished first during the Open Dutch Championship of 2018. Not only do we make great music, we are also a very close group of musicians. We love socializing and often spend time at the bar after rehearsals and various other club activities.

For students there is a special rate. For more information or a free trial rehearsal, please contact: info@obk-zeist.nl

We hope to hear from you soon!



www.obk-zeist.nl



Mysterieuze medezeggenschap

Lotte Polling

Een van de commissieleden van de Vakidoot (ik!) zit ook bij het SONS. Ik had voordat ik begon bij het SONS eigenlijk niet zo'n idee van wat het SONS allemaal deed en wat medezeggenschap inhoudt, en weet dit nu (ietsjes) beter. Daarom wil ik jullie graag allemaal vertellen over (S)ons!

Misschien denk je wel: Huh? Wat is het SONS? Nou, SONS staat voor StudentenOverleg Natuur en Sterrenkunde. Het SONS is hét medezeggenschapsorgaan vanuit de studie Natuurkunde (zowel de bachelor als de masters). Voor mij voelde het voordat ik zelf bij het SONS zat wel eens alsof de medezeggenschap wel erg ver van me af stond, terwijl dat nou juist niet de bedoeling is. Wat is dan wel de bedoeling? Dat zal ik nu gaan vertellen. Het SONS is dus een medezeggenschapsorgaan. Dat klinkt heel spannend maar wil eigenlijk zeggen dat we naar de (natuurkunde)studenten luisteren om de problemen, ideeën en oplossingen vervolgens te communiceren naar de universiteit. Dat doen we op de volgende manieren:

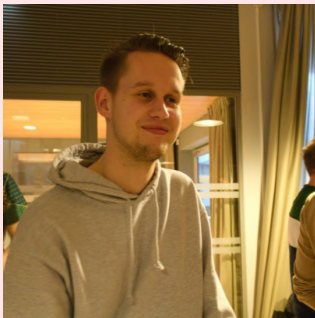
0. We hebben direct contact met de opleidingsdirecteur, Peter van der Straten. Eens in de zoveel tijd hebben we een overleg met hem waarin we bespreken wat er speelt onder studenten. Peter staat in contact met de docenten en met andere bestuurslagen van de universiteit.
1. Eén van de SONS-leden, Sarah, zit in de faculteitsraad (FR). Sarah overlegt met mensen vanuit de hele faculteit (faculteit Bètawetenschappen) over van alles, zolang het maar op faculteitsniveau speelt. Een goed voorbeeld hiervan is het Kruidgebouw, een van de gebouwen op het USP. Dit gebouw zou een tijd lang worden gesloopt, maar momenteel is men aan het kijken of het gebouw in bewoonde toestand gerenoveerd kan worden. Er wordt bovendien gediscussieerd over het strategisch plan van de UU. Dit is een soort belofte die de UU aan zichzelf maakt voor de komende 5 jaar. Binnen de FR zijn er een aantal commissies, groepen die spreken over specifieke onderwerpen, zoals financiën, huisvesting en bedrijfsvoering. De FR staat bovendien weer in contact met de decaan, Isabel Arends.
2. Iemand anders van het SONS, Ewout, zit in het departementsbestuur (DB). Ewout is adviserend studentlid. Dit wil zeggen dat er naar hem gekeken wordt voor advies als er een keuze wordt gemaakt die betrekking heeft tot onderwijs. Hij komt op voor studenten als er een keuze wordt gemaakt die (direct of indirect) een negatieve impact heeft op onze studie. Op het moment gaat het in het DB over interdisciplinaire studies en of we die verbonden willen hebben aan het natuurkundedepartement. Verder gaat het departement over grotere investeringen die instituten willen maken, zoals nieuwe lasers of JULIA's voor de practica. Ook mag het departement impulsaankopen doen. Zo heeft het departement gezorgd dat er 2 lokalen zijn omgebouwd tot zogenaamde "dynamische lesruimtes", met een slimme camera, een krijtbord en pedalen op de grond. Waarschijnlijk heb je wel online colleges gehad die in deze ruimtes zijn gegeven! Als studentlid van de DB heeft Ewout ook maandelijks overleg met het departementaal bestuur (dit is dan weer iets anders dan het departementsbestuur). Hier spreekt hij met de instituutsdirecteuren over bijvoorbeeld de visie van het departement.
3. Tenslotte zit er ook nog een van ons bij de Onderwijs Commissie (OC) en de OAC (Onderwijs Advies Commissie) en dat ben ik, Lotte. Er wordt vanuit deze commissies voornamelijk advies gegeven over onderwijszaken. Misschien denk je nu wel: Jeeetje, dus je doet eigenlijk helemaal niks? In een zekere zin klopt dit. Maar waarom de OC en de OAC werken is omdat medewerkers van de universiteit, bijvoorbeeld docenten of de opleidingsdirecteur, over het algemeen de universiteit en het onderwijs willen helpen verbeteren. Via de OC en OAC kan er gestructureerd advies worden gegeven waar vervolgens andere mensen mee aan de slag kunnen.

Zo voert de OAC vakevaluaties uit waarbij we langskomen in hoorcolleges en studenten vragen stellen over het vak. Over deze evaluaties wordt een rapport geschreven en ze worden vaak besproken met de docent zelf. Ook gaan alle evaluaties naar de opleidingsdirecteur, Peter van der Straten. Verder worden de evaluaties en de Caracals besproken in de OAC. Als er een dringend probleem is, wordt dit vervolgens gecommuniceerd naar de opleidingsdirecteur zodat er iets mee kan gebeuren. Een van de voornaamste activiteiten van de OAC is kwaliteitsbescherming van het onderwijs. Dit is waarom er over een langere periode wordt gekeken hoe vakken lopen. In de OC wordt er voornamelijk gesproken over de OER (Onderwijs- en Examenregeling). De OER is eigenlijk een document met regels waaraan examens en onderwijs moeten voldoen. Als student is het dus heel goed om een keertje in het OER te kijken, zodat je weet waar je recht op hebt.

De OC heeft op een aantal punten binnen de OER instemmingsrecht en heeft ook adviesrecht. Ik wil eigenlijk nog veel meer schrijven over de OC en OAC, omdat het eigenlijk nog best ingewikkeld is, maar voor nu bespaar ik jullie dit.

Momenteel zit ik er dus in, maar ik doe het natuurlijk niet in m'n eentje. Ewout en Sarah zijn heel belangrijk. Met z'n drieën overleggen we elke twee weken over wat er gaande is binnen onze tak van de medezeggenschap. Ook hebben we medezeggenschapsmomentjes, die sinds dit jaar zijn omgedoopt tot OnderSONSjes. Het is heel fijn als wij horen wat er gaande is binnen jullie studie. Of er problemen zijn bij een vak, of je je wel veilig voelt op de universiteit met Corona, of je vindt dat tentamens misschien vast open boek zouden moeten zijn. We horen graag jullie ervaringen en ideeën! Je kan ons een bericht sturen op Teams, Whatsapp als je ons nummer hebt, maar je kan ook altijd een mailtje sturen naar science.sons@uu.nl.

De leden van het SONS



Ewout van der Velde, Sarah Prendergast en Lotte Polling

Artificial Intelligence

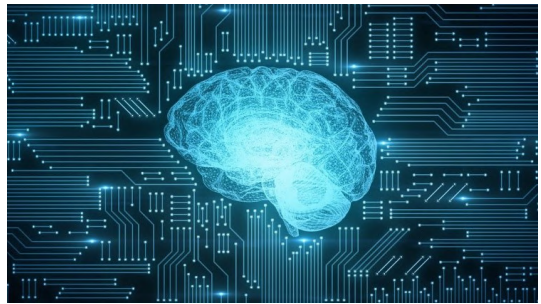
Vivian Ning

“Zonder dat je het doorhebt, nemen computers al veel belangrijke beslissingen. Denk maar aan het maken van een vliegreis. Het grootste deel van de reis ligt je leven in de handen van een boordcomputer en niet van een piloot” zegt hoogleraar Jaap van Herik (Universiteit Leiden) tegen het AD. Hij verwacht dat computers in de toekomst het werk van een rechter kunnen overnemen. Computers kunnen namelijk zeer goed zoeken naar oude rechtszaken die lijken op huidige en kunnen dus een eerlijkere en consequente straf geven. Het enige probleem is dat Artificial Intelligence (AI) is gebaseerd op het gedrag dat zij hebben geleerd van mensen. Het zou dus op zijn beurt de fouten van menselijke rechters overnemen.

Folklore

Meerdere filosofen hebben door de jaren heen het idee van AI besproken. Het is gebaseerd op de aanname dat het proces van menselijk denken kan worden gemechaniseerd – ontwikkeld. Het idee van Artificial Intelligence bestaat dus al heel lang, ook al werd het vroeger nog niet zo genoemd. De oude Grieken hadden zelfs meerdere mythes over een soort AI, zoals Galatea uit de mythe van Pygmalion, of Talos, de bronzen bewaker van Kreta. Ook Paracelsus, een Zwitserse alchemist, heeft in zijn boek ‘Of the Nature of Things’ een procedure¹ om een ‘artificial man’ te creëren genoemd. Toch kwam pas in de 19e eeuw het ‘moderne idee van AI’ aan bod in fictieboeken.

Pas rond 1940 tot 1950 begonnen wetenschappers te praten over de mogelijkheid om AI te creëren. Dit kwam doordat men een doorbraak had gemaakt in onder andere het gebied van neurologie. Men kwam erachter dat het brein een elektrisch netwerk van neuronen is en dat deze neuronen een ‘all-or-nothing’ (het signaal bestaat of het bestaat niet) principe hebben. Gecombineerd met Alan Turing’s theorie van berekenen, Norbert Wiener’s wetenschap van besturing van systemen en Claude Shannon’s informatietheorie², kreeg men het idee dat AI werkelijk mogelijk was.



Een verlicht brein laat het abstracte idee van AI zien. Het geprogrammeerde ‘brein’ moet als het ware zelf kunnen denken.

Het bestaat al...

Tegenwoordig hebben wij dagelijks te maken met AI. De meeste mensen hebben dit echter niet door. Denk maar aan de Google zoekmachine. Als jij het woord ‘Waarom’ intypt, geeft de zoekmachine, gebaseerd op jouw eerdere zoekopdrachten en de zoekopdrachten van andere mensen, de meest voor de hand liggende aanvulling. Soms weet Google precies wat je wilt opzoeken en soms kan het de rareste suggesties³ geven... Dit noemen wij zwakke AI: het houdt zich bezig met het onderzoeken van gedragingen die intelligent lijken, maar eigenlijk niet intelligent zijn.

¹Het is een zeer verontrustende procedure: het sperma van een man in paardenmest zou, nadat het het arcanum van het bloed van de mens heeft gegeten, een levende baby worden.

²Bij de theorie van berekenen kan elke vorm van een berekening digitaal beschreven worden. De wetenschap van besturing van systemen beschrijft controle en stabiliteit in elektrische velden. De informatietheorie beschrijft digitale signalen.

³Zoals, “Waarom ziet mijn kat eruit als Hitler?”

De Legende van Pygmalion

In de Metamorfozes van Ovidius was Pygmalion een legendarische koning van Cyprus. Hij zag hoe de dochters van Propoetus zich gedroegen als prostituee en was zo verafschuwdd dat hij zweerde om niet geïnteresseerd te zijn in vrouwen. Hij focuste zich in plaats daarvan op zijn liefde voor beeldhouwen. Hij werkte uren aan een ivoren beeld van een vrouw (Galatea). Hij gaf haar de perfecte schoonheid en maakte het zo realistisch dat hij er smoorverliefd op werd. Op het feest ter ere van Aphrodite smeekte hij haar om hem een vrouw te geven “die lijkt op zijn ivoren vrouw”. Aphrodite hoorde zijn wens en gaf hem een teken dat zij zijn wens zou laten uitbrengen: “driemaal schoot een vlam hoog op, ten teken van genade.” Pygmalion haastte zich naar huis en kustte het ivoren beeld op haar mond, waardoor ze tot leven kwam. Negen maanden later hebben ze op de een of andere manier een kind kunnen krijgen.

Dan is er ook nog sterke AI: software die kan redeneren, problemen kan oplossen en soms zelfs een zelfbewustzijn heeft. Hier zijn er ook nog twee soorten in te onderscheiden, namelijk de mens-gelijke AI en de niet-mens-gelijke AI. De namen van de types geven eigenlijk al weg wat ze inhouden, maar omdat het nodig is als link naar mijn volgende punt ga ik het toch uitleggen. Mens-gelijke AI is gebaseerd op het geleerde gedrag van de mens. De computer denkt en redeneert als een mens. Hierbij komen natuurlijk ook problemen mee: de computer neemt bijvoorbeeld de fouten van de mens over, zoals racisme. Niet-mens-gelijke AI ontwikkelt een eigen computer-intelligentie. Dit zorgt natuurlijk weer voor paniek onder mensen, want wie heeft nou weer niet ‘The Matrix’ of ‘The Terminator’ films⁴ gezien...

Een robotwereld met robotregels

Waar mensen bang voor zijn, is dat AI banen gaat overnemen. Hoewel deze angst niet onterecht gevonden is, klopt het ook niet helemaal. Op dit moment is AI nog lang niet zo ver ontwikkeld. Het zijn geen supercomputers die de wereld gaan overnemen, om het zo te zeggen. Ze kunnen saaiere routineklusjes van mensen overnemen, waardoor er meer mogelijkheid voor de werknemers is om

op iets anders te focussen. AI is dus vooral bedoeld om het leven voor ons gemakkelijker te maken, niet om het over te nemen.

Het idee dat AI de wereld gaat overnemen wordt ook een beetje extreem gevonden. Het gedrag van AI is grotendeels gebaseerd op het gedrag van mensen. Het is dus van nature goed, autonoom en onafhankelijk – net zoals de verlichte denkers dachten over de mens⁵. Hoewel de gebeurtenissen van films over robots die de wereld overnemen dus niet helemaal realistisch zijn, blijven ze toch leuk om te kijken.



Een robot met een voorzittershamer om duidelijk te maken hoe een AI rechter eruit zal zien.

⁴Mocht je deze films toch niet hebben gezien: in beide films neemt AI de wereld over in alternatieve dimensies.

⁵Dit artikel heeft dus toch wat te maken met het thema!

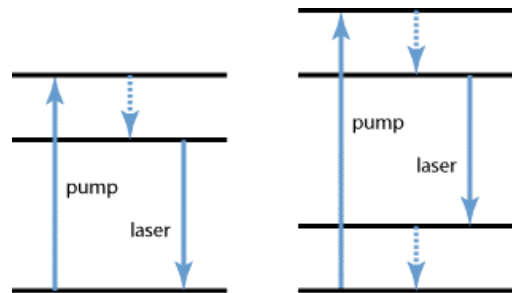
De Optische MASER

Amber Visser

De praktische mogelijkheid van lasers (light amplification by stimulated emission of radiation) werd relatief recentelijk aangetoond (1958) door Amerikaanse natuurkundige Charles Townes en zijn zwager Arthur Schawlow toen ze werkzaam waren bij Bell Labs. En dat terwijl Albert Einstein in 1916 laserwerking al voorspelde. Voor er gekeken werd naar de mogelijkheid van een laser werd door Townes de maser¹ uitgevonden, vandaar dat hij de laser consequent de “optische maser” noemde. Het baanbrekende artikel waarin de theorie achter de laser omschreven werd heette dan ook: “infrared and optical masers”. Ik ben persoonlijk zeer dankbaar dat die naam niet is blijven plakken.² (Nog leuker is overigens is dat schijnt dat Schawlow naar iedereen die hem wilde aanhoren de grap maakte dat het een LOSER zou moeten heten, het is immers meer een “oscillator” dan een “amplifier”.)

Toen het artikel gepubliceerd werd, begon een soort laser wapenwedloop tussen verschillende labs die de eerste optische lasers wilden maken. Het was al bekend dat een laser werkt doordat atomen in een aangeslagen toestand raken. Vervolgens zenden deze fotonen uit die de volgende atomen weer aanslaan waardoor er een soort lawine aan fotonen uitgezonden wordt. Het staat in de naam: light amplification bij stimulated emission of radiation. Dit zijn dus allemaal fotonen die bewegen in dezelfde richting en die dezelfde golflengte hebben. Maar in het artikel werd bijvoorbeeld ook voorspeld hoeveel meer atomen in de aangeslagen toestand dan in de grondtoestand zouden moeten zijn om laserwerking te krijgen in het optische gebied.

Het hebben van meer atomen in de aangeslagen toestand dan in de grondtoestand is de belangrijkste eis voor laserwerking. Dit heet populatie-inversie. Om deze populatie-inversie te bereiken zijn verschillende stoffen, met variërende energieniveaus geprobeerd. Met 3- en 4- niveau systemen is populatie-inversie te bereiken. Bij het terugvallen vanuit de aangeslagen toestand moet bij zowel het 3- als het 4-niveau systeem eerst een verboden overgang plaatsvinden (verboden overgangen overtreden regels van de kwantummechanica en vinden dus minder plaats per tijdseenheid). Hierdoor hou je steeds meer atomen in de aangeslagen toestand. Bij een 4-niveau systeem heb je het bijkomende voordeel dat de overgang naar de grondtoestand ook verboden is waardoor deze ook nog minder snel gevuld wordt.



Respectievelijk een 3 en 4 niveau systeem waar met stippellijnen verboden overgangen zijn weergegeven.

Terug naar de laser wapenwedloop. Om voldoende populatie-inversie te verkrijgen werden verschillende dingen geprobeerd door veel verschillende labs. Er is hier door zo veel mensen zo hard aan gewerkt dat aan het eind van 1960 er niet één, maar drie werkende “optical masers” waren. Bij Bell Labs begon Townes eerst met het proberen aan te slaan van kaliumgas. Dit is echter erg corrosief en maakte het glas waar het in zat dus volledig ondoorzichtig.

Tegelijkertijd zei onderzoeker Gordon Gould dat hij met iets vergelijkbaars bezig was en kreeg zo een financiering bij de US Department of Defense. Niet gek dus dat er later een media buzz was dat lasers een soort “death rays” zouden zijn. Waarom zou de Department of Defense er anders in investeren? Gould mocht echter zelf niet meer aan het project werken toen het eenmaal financiering kreeg, omdat de Amerikaanse overheid erachter kwam dat hij kort bij een marxistisch studiegroepje had gezeten tijdens de eerste wereldoorlog.

¹Je raad het al: microwave amplification by stimulated emission of radiation.

²Al is de nobelprijs die hij er in 1964 voor won wel uitgegeven voor “het maser laser principe”

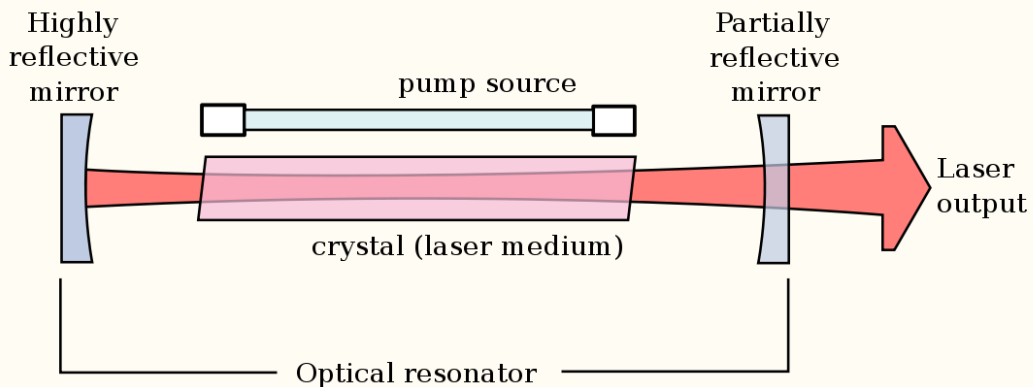
Bij een research center van IBM hadden ze een idee voor een afwijking van het standaard plan. Het is namelijk zo dat je het gewenste lawine-effect van een laser niet verkrijgt als het uitgezonden licht direct naar buiten gaat en daarbij alleen kan aanslaan wat het onderweg tegenkomt. De ene kant van je laser is dus gesloten met een niet-doorlatende spiegel en de andere met een 95% reflecterende spiegel. Zo wordt uitgezonden licht een aantal keer heen en weer gekaatsd en komt het een heleboel deeltjes tegen voor het de laser verlaat. Bij IBM dachten ze echter: "Spiegels, ... dat is lastig. Laten we onze calciumfluoride zo vormen dat het licht vanzelf vooral heen en weer blijft kaatsen in het kristal!". Prima, maar ook zij hadden een fotonenpompprobleem. Het lijkt erop dat iedereen er tegenaan liep dat ze geen lamp hadden die genoeg vermogen leverde voor genoeg tijd.

Bij Westinghouse research lab werden er fotonen gepompt in een synthetische robijn met behulp van een wolfram lamp. Dit was echter hopeloos inefficiënt en er was geen echte hoop om genoeg fotonen het systeem in te pompen om laserwerking te verkrijgen. Nadat bij Bell Labs het kaliumgas van Townes geen succes was, was de beurt aan Schawlow om een laser te bedenken. Hij kwam met een robijnlaser vergelijkbaar met het idee van Wes-

tinghouse, maar met natuurlijke, lichtere robijnen, waarvan ze nog stapels overhadden van hun maser onderzoek. Bij Bell Labs liepen ze echter tegen exact hetzelfde probleem aan als bij Westinghouse. Theodore Maiman van Hughes Laboratories berekende dat hoewel het wel een grote lichtsterkte zou vereisen, het wel degelijk mogelijk was om populatie-inversie te krijgen in een robijn. Iedereen was bezig dit te doen met een continu stralende lamp, maar dat bleek helemaal niet nodig te zijn. Toen Maiman deze realisatie had, werd in feite de eerste laser uitgevonden, met als fotonenpomp een flitslamp.

Dit kwartje viel in mei 1960 en eind 1960 waren er drie verschillende soorten lasers uitgevonden: eerst de robijnlaser. Vervolgens werden de kaliumfluoridekristallen van IBM weer gevijld tot cilindres en de uiteinden spiegelen gemaakt (Je weet wel, de logische manier om het te doen). Bestraling hiervan met de flitslampen gaf eveneens laserwerking. Het benodigde vermogen om laserwerking te verkrijgen was hierbij slechts 1% van dat bij een robijnlaser. Tot slot is ook de eerste gaslaser (die werkt door elektrische ontleding in een edelgas) dat jaar nog uitgevonden. Twee jaar nadat gesuggereerd werd dat een optische laser mogelijk was, was het op drie verschillende manieren werkelijkheid geworden.

solid-state laser



Schematische weergave van een laser met fotonenpomp. Dat is gewoon een lamp, maar onderzoekers moeten overal een lastige naam voor bedenken hè?

Museumverlichting

Lotte Polling

Als ik een doek paars schilder en het vervolgens in een ruimte zet die perfect groen belicht is, zie je alleen maar blauw: de belichting van een werk is belangrijk. Ik wil hiermee natuurlijk niet zeggen dat als ik een doek paars schilder dat dit dan meteen kunst is. Wat ik wil zeggen is dat verlichting in musea iets is waar over nagedacht wordt; iets waar veel meer achter schuil zit dan je misschien denkt.

Schade

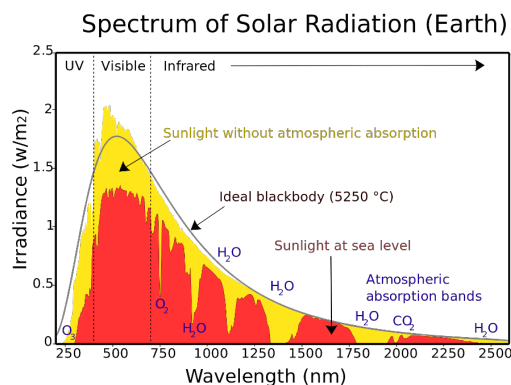
Veel werken die worden tentoongesteld in musea zijn kwetsbaar. Laten we aannemen dat we kunstwerken zo lang mogelijk willen bewaren. Uit het bestaan op deze aardbol volgt eigenlijk per definitie dat er schade plaats zal vinden, maar in dit geval willen we natuurlijk zo veel mogelijk schade aan de werken voorkomen. Een werk kan op heel veel verschillende manieren kwetsbaar zijn: zo kan het dat de co- of adhesie van onderdelen van een werk afnemen en dat het dus uit elkaar valt, of dat er pigmenten zijn die radioactief zijn of langzaam maar zeker verbleken. Hier zullen we vooral focussen op de pigmenten, omdat belichting hier de meeste invloed op heeft.

Voornamelijk hoogenergetische elektromagnetische straling (licht van hoge frequenties) heeft een effect op de pigmenten. Deze straling kan ervoor zorgen dat chemische bindingen worden verbroken en dat zo de moleculaire structuur van een pigment verandert. Dit effect gebruiken we ook naar ons voordeel bij bijvoorbeeld het maken van röntgenfoto's. Op de film zit zilverbromide, die uit elkaar valt bij blootstelling aan röntgenstraling. De volgende reactie vindt plaats:



Omdat we kunstwerken, bijvoorbeeld schilderijen, zo lang mogelijk in de oorspronkelijk bedoelde staat willen bewaren, willen we dit soort reacties voorkomen in pigmenten. Toch zijn het niet alleen röntgenstralen waar we ons zorgen over hoeven te maken: ook uv-straling kan veel invloed hebben op een kunstwerk. Zowel door de zon als door lampen wordt vaak toch nog wel een relatief grote hoeveelheid uv-straling uitgezonden (Figuur 1 en 2). Een goed voorbeeld van een pigment dat door licht is veranderd is het chroomgeel in de schilderijen van Van Gogh. Vincent van Gogh gebruikte veel chroomgeel in zijn werken, maar dit pigment is zo

instabiel dat het nu al grotendeels verbleekt is [1].

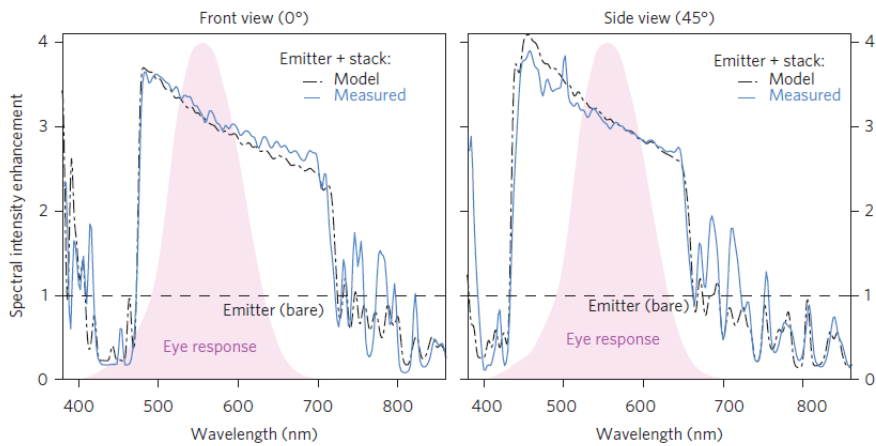


Figuur 1

Zichtbaarheid

Ik moet eerlijk toegeven dat een blauw doek me een ander gevoel geeft dan een paars doek. Kleuren hebben invloed op hoe je een werk bekijkt. "To see something in a different light" is niet zonder reden een spreekwoord. Als we een werk willen zien zoals het bedoeld was door de kunstenaar, wil je het eigenlijk in hetzelfde licht bekijken. Als het emissiespectrum van de belichting in musea niet klopt, zie je de werken heel anders. Je ziet niet meer wat de kunstenaar dacht dat hij of zij neerzette, omdat je bepaalde kleuren meer ziet en andere kleuren juist minder. We weten dat de meeste werken in zonlicht of in kunstlicht zijn gemaakt. Deze lichtbronnen zenden bepaalde frequenties met een bepaalde intensiteit uit. We willen dit emissiespectrum nabootsen.

Ik probeer hier niet te stellen dat een werk per se moet worden bekeken op de manier waarop het bedoeld was (zoals we weten van Nederlands examens wordt dit überhaupt vaak verkeerd ingeschat), maar dat we ten minste de mogelijkheid zouden moeten hebben. Als een kunstenaar een werk maakt met een bepaald doel, is het fijn als dat doel in ieder geval zichtbaar is.



Figuur 2

De kleur van het licht in musea is dus ook belangrijk. De manier waarop een werk wordt geïnterpreteerd kan sterk worden beïnvloed door het licht dat erop wordt geschinen.

Oplissing

Het is moeilijk om een lamp te maken die weinig uv-straling uitzendt en ook het goede emissiespec-

trum heeft. Een mogelijke oplossing voor dit probleem zou kunnen liggen bij de nanophotonics [2]. In ieder geval blijkt het dat er veel meer komt kijken bij de verlichting van een museum dan je misschien zou denken.

Bibliografie

- [1] Monico, Letizia, et al. "Degradation process of lead chromate in paintings by Vincent van Gogh studied by means of synchrotron X-ray spectromicroscopy and related methods. 1. Artificially aged model samples." *Analytical chemistry* 83.4 (2011): 1214-1223.
- [2] Ilic, Ognjen, et al. "Tailoring high-temperature radiation and the resurrection of the incandescent source." *Nature nanotechnology* 11.4 (2016): 320-324.

Klokjes door de jaren heen

Leon Kamermans

Ugh, de bus is weer te laat. Ik kijk op mijn horloge¹ om te zien hoe erg ik teleurgesteld moet zijn in de plaatselijke lijnbus. Toch wel mooi, dat die verzameling tandwielletjes zo precies de tijd bij kan houden. En mocht ik het nóg preciezer willen weten, dan kan ik gewoon op mijn mobiel kijken. Hoe is het eigenlijk zo gekomen dat we zo precies de tijd weten? Wat is een seconde eigenlijk? Om die vragen te beantwoorden, moeten we eerst een paar duizend jaar het verleden in stappen.

Sterrenhemels, zonnewijzers en waterdruppels

De eerste klok die we hadden was waarschijnlijk de Zon: nog steeds is dat waar wij onze interne tijdsperceptie voor een groot deel op baseren. Het probleem van de Zon is alleen dat ze niet heel makkelijk af te lezen is: probeer je goed te kijken waar ze precies staat, boem, oogschade. Verder is ze ook niet heel consistent: komt ze eerst om 6 uur op, is ze een paar maanden later pas om 8 uur boven de bomen verschenen. Toch is de zonnewijzer de oudste vorm van het bijhouden van de tijd. We vinden de eerste zonnewijzers rond 1500 voor Christus in het oude Egypte en Babylonië: waarschijnlijk zijn ze al een stuk ouder dan dat, maar hard bewijs hebben we helaas niet.



De oudst bekende zonnewijzer komt uit het oude Egypte. De lengte van de schaduw die de dwarsstaaf op de balk daaronder werpt, laat je weten hoe laat het is.

Wat ook rond die tijd opkwam was de zogenaamde waterklok. De oudste vormen waren simpelweg gezegd bakken water die in een vaste tijd leegliepen, waardoor je dus relatief accuraat korte tijdsperiodes kon meten. In de zestiende eeuw voor Christus werden ze al gespot in Perzië, waar ze gebruikt werden om te zorgen dat elke boer zijn of haar land even lang mocht irrigeren: het blijkt dat het huidige Iran nogal droog is. Rond dezelfde tijd kwamen waterklokken ook op in het oude India, China en Korea: volgens sommige geleerden al rond 4000

voor Christus, maar hier is wat controversie over.

Dit ontwerp is ontzettend lang in de mode gebleven, en werd door de eeuwen heen steeds verder verbeterd: de Grieken en Romeinen voegden al mechanische onderdelen toe. De eerste die dit deed zou Archimedes geweest zijn. Deze werden nog verder door de Syriërs en Mesopotamische bevolkingen uitgewerkt. Echter bleef water wel het hart van deze mechanismen, totdat de mechanische klok uitgevonden werd.

Pauselijke uurwerken

We weten niet precies wie de mechanische klok uitgevonden heeft, maar we weten dat dit ergens in de middeleeuwen in Europa plaats heeft gevonden. Een van de theorieën (en mijn persoonlijke favoriet) is dat dit Paus Silvester II geweest is. Hij is een ontzettend interessant persoon: geboren in Frankrijk als Gerbert en in 963 werd hij monnik. Dat was (begrijpelijk) niet uitdagend genoeg voor onze Gerbert, en hij vertrok in 967 om in Barcelona en waarschijnlijk ook Córdoba en Sevilla te studeren. De twee laatstgenoemde steden lagen toen nog in het islamitische kalifaat, en waren de grootste steden in Europa als het op wetenschap aankwam: Córdoba had een bibliotheek van welgeteld 400.000 boeken!² Hier studeerde hij voornamelijk wiskunde en astronomie, en was dus eigenlijk de eerste twinner-paus. Nadat hij Paus was geworden beschuldigd zijn tegenstanders hem ervan dat hij een tovenaars was die zijn ziel aan de duivel verkocht had om al deze kennis te vergaren, net zoals overigens elke twinner nog steeds moet doen tijdens de introweek.

Gedurende zijn korte pontificaat heeft hij geprobeerd om de Arabische getallen te introduceren in

¹In het Nederlands betekent horloge een draagbare klok, terwijl in het Frans een horloge juist een klok is die niet gedragen kan worden. Gekke Fransen.

²Dat is ongeveer 10% van de collectie van de UU, maar ik denk dat onze bibliothecarissen een moord zouden doen voor die middeleeuwse geschriften.

Europa. Dit is hem niet gelukt, maar gelukkig hoeft ik op mijn tentamens niet met latijnse cijfers te rekenen, dus ik kan de poging wel waarderen. Stel je voor dat we tegenwoordig een paus zouden hebben die dit soort koele dingen in de wetenschap doet, in plaats van lekker zonder mondkapje iedereen's handen schudden. Silvester II had een mondkapje gedragen, *just sayin'*.



Inwijdingsritueel TWIN, circa 2010

Veren en seconden

Waar waren we mee bezig voor dit katholieke uitstapje? Oh ja, uurwerken. Rond het jaar 1000 bestonden dus al semi-mechanische en mechanische uurwerken, maar deze waren nog niet heel accuraat. Er waren ook veel verschillende manieren om het uurwerk aan te drijven, maar rond 1430 dook er een aandrijvingstechniek op die nog steeds gebruikt wordt. Toen werd er een klok met een opwindbare klok met een veer geschonken aan Filips de Goede, de hertog van Bourgondië³. Deze techniek wordt nog gebruikt in mooie klokken en mechanische horloges, waar ik helaas geen geld voor heb.

³Bourgondië lag in hedendaags Frankrijk, net boven Zwitserland. Heb je je ooit afgevraagd waarom wij de tachtigjarige oorlog hebben gevochten met Spanje? Nou, Filips de Goede bezat ook Brabant en Vlaanderen, en heeft daarna Limburg, Holland en Zeeland veroverd. Toen zijn kleindochter Marie van Bourgondië overleed, ierf de koning van Spanje ons land. Weer wat geleerd.



Een modern mechanisch horlogeuurwerk van de firma A. Lange & Söhne. Ik kan hier iets te lang naar kijken. Kost helaas meer dan 10 jaar collegegeld :(

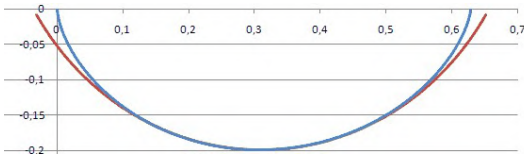
In 1475 is ook de eerste keer een ontwerp verschenen van een klok met een minuten- en secondenwijzer. Het klinkt heel gek, maar voor deze tijd hadden alle klokken enkel een urenwijzer: dit is natuurlijk een stuk makkelijker te fabriceren qua uurwerk. Hierna werden steeds kleine verbeteringen uitgevoerd, waardoor tijd accurater dan ooit gemeten kon worden. Dit was tijdens de wetenschappelijke revolutie ontzettend handig, en laboratoria en observatoria kregen steeds duurdere en grotere klokken om alles zo wetenschappelijk mogelijk vast te leggen. De klokken van meesterklokmaker Bürgi (omstreeks 1590) waren hierin heel belangrijk, en hadden een maximale afwijking van 1 minuut per dag. Deze werden onder andere gebruikt door Brahe en zijn assistent Kepler voor observaties van de planeten, die hierdoor de wetten van Kepler konden opstellen.

Slingers

De eerstvolgende grote uitvinding staat op naam van Christiaan Huygens: de slinger. Nou ja, het slingeruurwerk dan. Dit was zo'n gigantische stap in de precisie van uurwerken, dat tot ongeveer 1930 dit de meest precieze vorm van het bijhouden van de tijd was. Er is namelijk iets heel moois aan slingers: het zijn harmonische oscillatoren.

Als je alle wrijving even verwaarloost, blijven ze oneindig lang heen en weer gaan met steeds dezelfde snelheid. Hoewel Galileo hier al eerder over nagedacht had, was het Huygens die het eerst

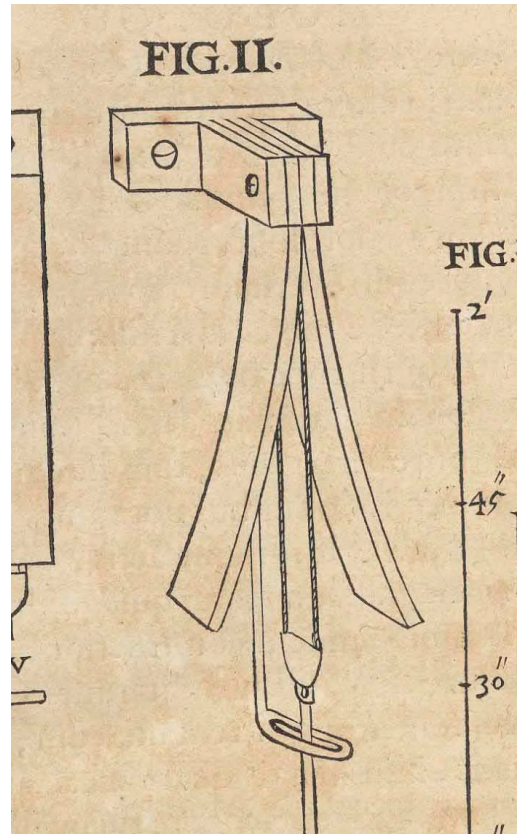
berekende hoe lang een slinger moest zijn voor een slingertijd van precies 1 seconde en deze ook daadwerkelijk bouwde in 1657 in Den Haag. Het belangrijkste wat Huygens zich realiseerde, was dat het uiteinde van de slinger niet een (klein deel van) een cirkelbeweging moest beschrijven, maar een tautochrone curve. Hoezo?



Het verschil tussen een tautochrone curve en een cirkel is, als je uitwijking klein is, minimaal. Rood is een deel van een cirkel, blauw de tautochrone curve

Stel je voor dat je naar het plaatselijke park met een skatebaan gaat met een vriend (wel op anderhalve meter afstand natuurlijk), en jullie nemen ieder een bal mee. Als jullie dan naar de half-pipe gaan klim jij erop, en je vriend gaat ergens op de helft van de helling liggen. Stel jullie laten jullie ballen dan los, wat gebeurt er dan? Als jullie half-pipe een halve cirkel is, dan komt de bal die lager begint eerder beneden dan de bal die bovenaan begint. Maar: het scheelt niet veel. Als de half-pipe bovenaan iets steiler was, kwamen de ballen tergelijktijd aan! De curve die ervoor zorgt dat alle ballen tergelijktijd beneden aankomen, maakt niet uit waar ze losgelaten worden, heet een tautochrone curve⁴.

Voor een hele kleine uitwijking is een tautochrone curve gelijk aan een deel van een cirkel, maar voor grotere uitwijkingen begint het al snel af te wijken. Huygens realiseerde zich dat een slinger met een vaste lengte altijd de vorm van een cirkel zou volgen, en dat de slinger dus iets korter moest worden als hij ver uitwek. Hij zorgde hiervoor door hetaan de zijkant van het touw 2 gebogen stukken hout toe te voegen, waardoor de slinger effectief korter werd namate hij verder uitwek. Het lukte hem hierdoor om een klok te ontwerpen waardoor het niet uitmaakte wat de uitwijking van de slinger was: zolang die maar 99,4 centimeter lang was, deed hij altijd 2 seconde over 1 volledige beweging!

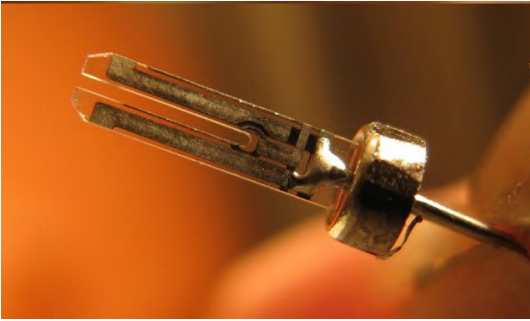


Een close-up uit een figuur van Huygens Horologium Oscillatorium (1658). Als de slinger ver uitwijkt, raken de touwtjes de stukken gebogen hout, en wordt de slinger dus effectief korter.

Kwarts

Tegenwoordig worden klokken niet vaak meer aangedreven met een slingeruurwerk: het is wat onhandig om een staande klok om je pols te binden of op je lab te hebben staan. Gelukkig hebben de gebroeders Curie iets moois ontdekt wat ons heel erg goed kan helpen: het piëzo-elektrisch effect. Jacques en Pierre Curie (helaas, Pierre kende Marie nog niet) bewezen in 1880 dat een kwartskristal een elektrische potentiaal genereert als het samengedrukt wordt. Het tegenovergestelde is ook waar: als je een elektrische potentiaal over een kwartskristal legt, begint deze te resoneren. En het mooie is: dat doet het kristal met een ontzettend hoge nauwkeurigheid.

⁴Als je denkt "wow dit is wel een heel vergezocht voorbeeld", tautochroon komt uit het Grieks en betekent letterlijk "zelfde tijd": Het voorbeeld is dus zelfs waar de naam vandaan komt!



Een moderne kwarts-oscillator, zoals je deze in o.a. een horloge vindt.

Kwarts-oscilatoren worden nog steeds gebruikt om de tijd bij te houden: vooral in (goedkopere) horloges en elektronica. Je hebt ze in alle soorten en maten, maar de meeste oscilatoren op een frequentie van 32768 Hz. Ze zijn vrij precies: de meeste horloges hebben een onzekerheid van enkele seconden per dag. En aangezien de meeste elektronica tegenwoordig met de interwebs verbonden zijn, kunnen ze daar waar nodig nog nauwkeuriger de tijd opvragen. Maar wacht, waar komt die nóg nauwkeurigere tijd dan vandaan?

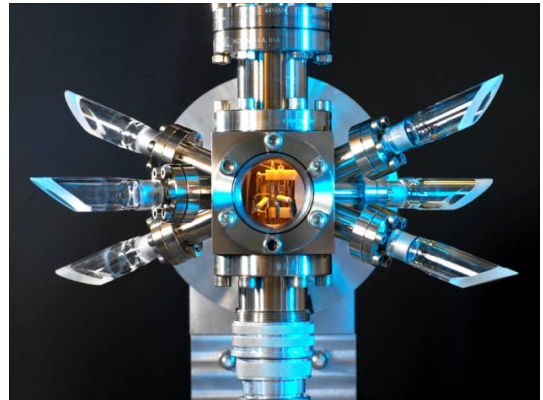
Atoomklok

Als het op klokken aankomt zijn atoomklokken de pièce de résistance. Je vindt ze overal waar precisie extreem belangrijk is: zo heeft elke navigatiesatelliet er wel eentje aan boord. Ook wordt de “echte” tijd ermee bepaald: Temps Atomique International is gebaseerd op het gemiddelde van een heel wereldwijd netwerk van ongeveer 200 atoomklokken. Nederland doet ook mee, en “onze” klok staat in het Van Swinden Laboratorium in Delft.

Atoomklokken werken door middel van atomen (dit zal ongetwijfeld een schok zijn). De trillingen van atomen om precies te zijn. Hier moet je bedenken dat we het hier niet over een atoom hebben dat fysiek heen en weer schiet, maar een atoom dat een kleine hoeveelheid straling uitzendt, en dit ook heel stabiel doet. Hoe meten we dit? Eerst neemt men een kwarts-oscillator, net zoals bij de kwartsuurwerken van hierboven. Vervolgens worden er radiogolven opgewekt op basis van de frequentie van het kwarts, dat in de buurt ligt van de frequentie van de atomen. Als deze radiogolven exact

even snel trillen als de gebruikte atomen, worden deze golven gedempt door middel van destructieve interferentie. Door een feedback signaal, dat de frequentie van de kwarts-oscillator aanpast als deze niet meer exact gelijk loopt met je atomen, trilt deze dus extreem nauwkeurig. In 2014 verscheen een paper in Nature over een atoomklok die een nauwkeurigheid had van 6×10^{-18} , dat is ongeveer 1 seconde per 5 miljard jaar. Dan heb je écht geen excuus meer om te laat te komen.

Overigens is ook de definitie van de seconde vastgelegd aan de hand van dit soort ongein: 1 seconde is gelijk aan 9192631770 radiatie-cycli van een cesium-133 atoom dat bij 0 Kelvin tussen twee grondtoestanden wisselt. Cesium blijft het meest gebruikte element bij atoomklokken, al is tegenwoordig Ytterbium (atoomnummer 70) helemaal hip.



Je kan zeggen wat je wilt van een atoomklok, maar ze hebben wel een uitstekend gevoel voor drama.

Het einde van onze reis

En dat was hem dan voorlopig, de reis die de tijdsbepaling door de tijd heen afgelegd heeft. Waar niemand meer naar zonnewijzers kijkt om te bepalen hoe laat het is, blijven sommige methodes als mechanische horloges en staande klokken met een slinger nog wel een tijdje in de mode, al is het maar omdat ze zo mooi zijn. Van het staren naar je plaatselijke ster, tot het staren naar je plaatselijke Ytterbiumatoom. Wie weet wat de volgende stap is, waar staren we dan naar om nóg preciezer te weten hoe veel te laat de bus is?

Bestuurlijke AvondTuren in de Avonduren

Ellen Kroon

Dit jaar, lees 2020, zitten er als bestuur geen nachtelijke tripjes naar de club meer in. Dat betekent dus ook geen discoballen in de club. Naar alle waarschijnlijkheid ook geen kerstlampjes in de kamer, geen feestelijk kaarslicht tijdens kerst en geen kapotte lampen die gemaakt moeten worden door gebouwbeheer. Het is een voordeel, het is een nadeel. Dit jaar moeten we maar kerstlampjes om onszelf heen gaan hangen. Want die kerstboom, die zal helaas een jaartje moeten wachten. Maar zelf een kerstboom worden? Eigenlijk best wel gaaf! Zie jij het al gebeuren? Jezelf een kroontje opdoen, lichtjes om je heen en wat slingers voor de extra versiering? Ben bij!

Om deze donkere periode wat te verlichten, tip: doe gewoon het licht in je kamer aan, de gordijnen open, of zelfs nog beter, doe gewoon je ogen open, dat helpt al heel veel, heb ik als toetje ons beste imaginaire AvondTuur in het Avonduur beschreven. Zal er nog een vervolg komen? Het blijft een raadsel. Let's go!

Het is een herfstige donderdagavond. De kerkklok slaat acht uur. Het regent en de wind laat de takken van de bomen bewegen. Het is een grimmige avond. Het enige straaltje licht komt van de maan, de volle maan. Het Adraatse Bos ligt bezaaid met geelgroene bladeren met zo hier en daar een verdwaald stukje mos. Maar... is het wel mos? De bladeren vallen een voor een van de bomen en bedekken het pad. Vanavond is het niet meer zichtbaar waar je loopt, wie er loopt en of er iemand heeft gelopen. Eng.

Ondanks het slechte weer heeft het bestuur er toch voor gekozen vandaag op AvondTuur te gaan naar het Adraatse Bos. Een drankje in de club zit er nu even niet bij, dus hebben Tjibbe en Clara een huisje gehuurd! Zodra iedereen is gearriveerd wordt het kampvuur gestart, marshmallows uit de keuken gehaald en zet Milan het A-Eskwadraatlied in:

*Het houdt je van de straat
met studiereis en borrelpraat
Zing A-Eskwadraat
van 's morgens vroeg tot 's avonds laat
Zing A-Eskwadraat
opdat het nooit verloren gaat.*

'Jongens, jongens, stop! Horen jullie dat ook?!' Bas is gestopt met zingen. Hij hoort geritsel achter zich. 'Mwaok je nieet zo druoekk, het eis vast heilemool mnwieks' zegt Elise terwijl ze een marshmallow op-eet. Milan, Esther en Clara knikkend instemmend. 'Kom, verder zingen, het is al tien uur geweest, het stilte-uurtje is voorbij!' roept Tjibbe over het gemompel heen. Als hij zijn hamer bij zich had, had hij hiermee hard geslagen op de boomstronk naast hem. De groep zingt weer verder. De minuten tikken steeds sneller voorbij, de marshmallows gaan steeds sneller op en het licht van het kampvuur begint zichzelf te doven. Alsof de avond nog niet grimmig genoeg was, wordt het nu nog grimmiger. Precies op het moment dat Ellen opstaat en zegt 'Joe, het is genoeg geweest, nu wil ik kennis opdoen, laten we een kampvuurverhalen vertellen!' verschijnt er een griezelig persoon achter Esther. Ellen staat stok stijf stil, bibbert als een kikker en krijgt opeens rode ogen.

In de boom

Jan Pieter van der Plas

Er was eens een klein tijgertje, die op een dag door het bos aan 't rennen was. Hij rende over, langs en onder de takken, bomen en struiken. Totdat hij vlak bij de rand van het bos, een plek waar hij nog nooit geweest was, aankwam. Dit maakte hem alleen maar nieuwsgieriger. Zijn nieuwsgierigheid werd gevoed door zijn fascinatie met ieder glinstertje, met als favoriete de glinstertjes van alle wezens. Alle wezens, groot en klein, hadden in zijn ogen glinsters. Deze glinsters vertelden hem de meest prachtige verhalen, zonder ook maar een woord te zeggen. Terwijl het tijgertje rond zat te kijken dichtbij de rand van het bos, schoot er opeens een flits in zijn ooghoek. Het licht kwam van buiten het bos, waar de dicht begroeide struiken overgingen in een grasveld.

Vol nieuwsgierigheid sloop het tijgertje naar de rand van het bos, zijn kleine oogjes steeds groter wordend. Vlak voordat zijn kopje uit het bos stook, bevroor hij. Het felle licht, wat hem hierheen had getrokken, kwam van onder een grote boom vandaan die midden in het grasveld stond. Er zat iets kleins, voorover gebogen, rustig in het gras te spelen. Iedere beweging die het maakte vertelde een prachtig verhaal dat verlicht was in een overvloed aan kleuren. Sommige kleuren had het tijgertje zelfs nog nooit eerder gezien. Hij wilde meer zien, dichterbij komen. Zonder dat hij er controle over had, begonnen zijn heupjes instinctief te schudden en spande hij zijn zachte pootkussentjes aan, die nu omringd werden door een set van scherpen nagels. Voordat hij het door had sprong zijn lichaam op het lichtje af.



Terwijl hij op het licht afrende, werd het steeds duidelijker: er zat een klein meisje onder de boom, zelf niet veel groter dan het tijgertje. Hoewel het licht nu een stuk minder verblindend was, was het er niet minder mooi op geworden. Vlak voordat hij het meisje bereikte, draaide het meisje zich abrupt om. Opeens zag ze het tijgertje op haar afrennen. Het meisje slaakte een luide kreet. Ze schoten beiden naar achter, het meisje tegen de boom aan, het tijgertje de lucht in. Uit angst spartelde het meisje met haar benen naar het tijgertje. Het tijgertje, dat niet begreep dat het geen speels getrap was maar een angstreactie, wilde graag meespelen en begon zelf ook te spartellen met zijn voorpootjes. Om de scherpe nageltjes te ontwijken trok het meisje zichzelf krabbelend op tegen de boom. Ze zette het op een rennen. Omdat het tijgertje dit natuurlijk zag als een verlenging van het spel, zette hij de achtervolging in.

Hoe verder ze van de het bos weg renden, des te hoger het gras werd. Totdat op een punt, het tijgertje helemaal verdwenen was in het gras. Maar het tijgertje was niet zo makkelijk te verslaan. Hij duwde met sprongen het gras opzij, wat een prachtig spoor achterliet van de race. Het tijgertje probeerde het meisje bij te houden, maar de afstand tussen hen werd steeds groter tot het meisje niet meer zichtbaar was. Was het nu tijd om de race op te geven? Nee. zo makkelijk gaf het tijgertje niet op, hij versnelde weer. Zonder dat hij het doorhad, sprong hij opeens uit het gras en plonsde in een rivier. het gras hield abrupt op door een rivier die hier stroomde. Na de oever weer opgekrabbeld te zijn, zag het tijgertje dat er een brug over de rivier was, met daarachter gelegen een dorpje. Afgeleid door al het nieuws wat hij zag vergat hij bijna de race. Maar een bekend gegil trok zijn aandacht weer terug. Het meisje bevond zich al midden op de brug en gilde dit keer niet naar het tijgertje maar naar het dorp.

Haar gegil werd beantwoord door allemaal mensen die uit hutjes gestormd kwamen. Onderweg naar de brug grepen ze naar alles waarmee ze zich maar konden verdedigen: takken, speren en stenen. Het meisje rende de menigte tegemoet en verdween in de massa die nu richting het tijgertje rende. Het tijgertje stond nu midden op de brug, terwijl de stenen om zijn oren vlogen. Hij realiseerde zich dat het geen spelletje meer was en dat hij het maar beter zo snel mogelijk op een rennen kon zetten. Met zijn staart tussen zijn potten rende hij zo snel mogelijk terug over het pad, wat hij net nog zo vrolijk gemaakt had.

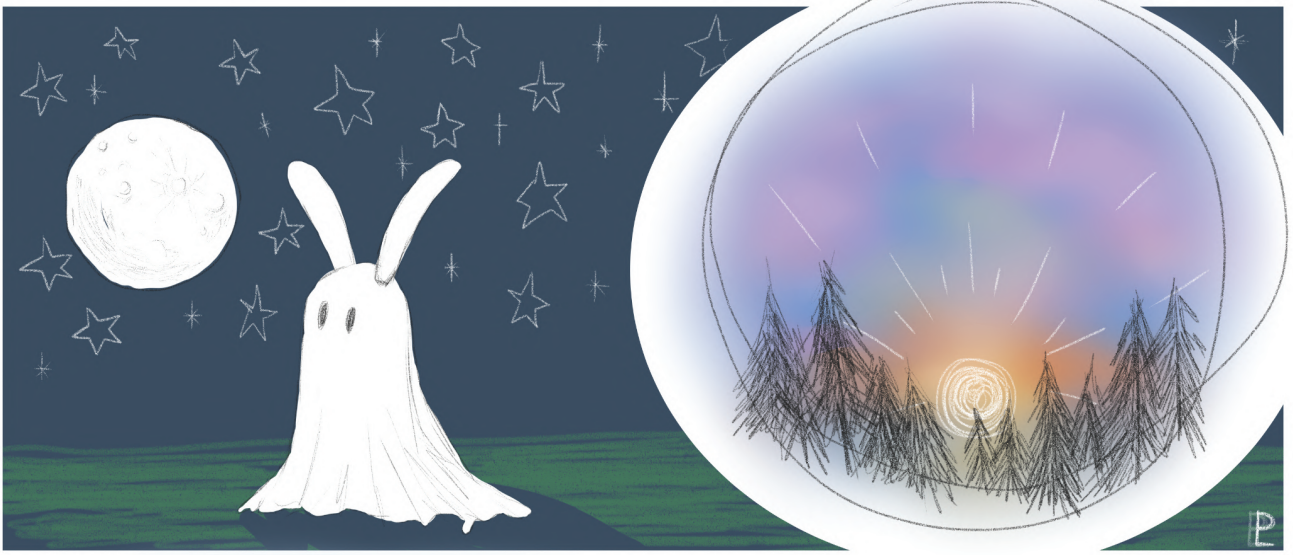
Belaagd door geschreeuw stopte het tijgertje al zijn kracht in het rennen. Hij was er bijna, alleen nog langs de grote boom en dan was hij veilig. Maar net toen hij de boom voorbij ging sneden twee groepen hem af: een van links en een van rechts. Hij was compleet omsingeld. De weg naar het bos was nu geheel geblokkeerd en er leek geen ontsnappen meer aan. Het tijgertje dacht terug aan het kleine meisje en waarom ze zo reageerde op zijn spel. Had hij iets fout gedaan?

De cirkel om hem heen werd kleiner en kleiner. Het leek er op dat hij niet aan hun woede kon ontkomen. Het beeld van hoe het meisje zo rustig onder de boom aan het spelen was kwam terug in zijn hoofd. In een keer realiseerde het tijgertje zijn enige kans en klom hij in de boom en kon daardoor op afstand blijven van de boze massa.

De mensen namen er alleen geen genoegen mee. Onder het tijgertje vormde zich een zee van stokken en speren die zich dreigend op en neer bewogen op het gedreun van hun geschreeuw. Met zijn kleine pootjes probeerde het tijgertje de speren van zich weg te slaan en met luid gehis hoopte hij dat ze hem alleen zouden laten. Het had helaas niet veel zin. Het enige wat hij kon doen was wachten.

Gelukkig zakten de stokken en speren mee toen de zon onder de horizon zakte. Langzaam vertrokken meer en meer mensen, totdat zelfs het laatste groepje aan het begin van de nacht verdwenen was. Zelfs toen bleef het tijgertje toch in de boom liggen. Opgekruld met zijn pootjes vastgenageld aan de tak en met zijn oogjes gesloten, probeerde het kleine tijgertje in slaap te vallen. De volgende ochtend, na amper geslapen te hebben, werd het tijgertje wakker. Zijn gister nog zachte pootkussentjes waren nu bedekt met een korst van opgedroogd bloed en vuil, zijn glimmende oogjes bloeddorlopen van het slaapte kort. De glinsteringen die hem gisteren nog zoveel vreugde gaven, lieten nu naast hun vreugde een bittere nasmaak achter. Zo kroop het tijgertje diep het bos in om thuis weer in slaap te vallen.

Gelukkig was dit niet de laatste ontmoeting met de mensen voor het tijgertje. Hij werd vaak weer teruggetrokken naar het dorp door alle glinsteringen, maar dit keer hield hij voorzichtig afstand van de mensen. Langzaam maar zeker leerde hij zijn nageltjes in zijn pootjes te houden en zich aan te passen aan de regels van de mensen. Het tijgertje durfde steeds dichterbij te komen en won zo langzaam het vertrouwen van de mensen. De Tijger wordt nu zelfs welkom geheten als hij langskomt bij het dorp, waar hij zijn ogen uit kan kijken naar alle prachtige glinsteringen. Alleen heel soms, als de mensen zijn spelletjes niet begrijpen of hij het geschreeuw in het dorpje herkent, keert hij terug naar zijn boom en klimt hij naar dezelfde tak waar hij al die jaren ervoor ook had gezeten. Daar is hij dan even alleen, niet in het bos en niet bij de mensen, maar in een plek waar geen stok hem kan raken en geen geschreeuw hem bereikt.



Toen kwam de dag