

(100e verjaardag van de triode - inleiding verzorgd door Peter van Willenswaard tijdens het Europese Triode Festival van 2006.)

De geboorte van de triode

Ik zal het vandaag met u hebben over de geboorte van de elektronenbuis. (In de oorspronkelijke Engelstalige versie van dit verhaal kies ik dan voor het Britse woord VALVE en niet voor de latere Amerikaanse term TUBE, en wel om drie redenen: 1. Het was de Engelsman Fleming die 's-werelds eerste elektronische component inzette, 2. de meeste buizen uit die tijd waren rond van vorm en geen langwerpige cilindertjes, 3. in de triode kan de elektrische stroom middels het rooster geregeld worden, net als een waterstroom door een klep in een leiding).

De geboorte van de triode was beslist niet het resultaat van een vooropgezet plan. Niemand was op zoek naar iets waarmee je kon versterken, in de verste verte niet: de eerste stapjes op de weg die naar de triode zou leiden werden namelijk al gezet ruim voordat Thompson in 1897 het elektron ontdekte. En je kunt niet al over elektronica gaan spreken als je niet weet dat er een elektron is.

Voordat we dit in detail gaan bezien, is het goed eerst eens een blik te werpen op de 2e helft van de 19e en het begin van de 20e eeuw. Dat was een hele rare periode, vooral vanwege de ontwortelende technologische revolutie die er plaatsvond, op een schaal bovendien die nooit eerder in de geschiedenis vertoond was. Je zou met enige overdrijving zelfs kunnen stellen dat er in de 10 eeuwen tussen het verval van het Romeinse rijk en het einde van de Middeleeuwen nauwelijks enige technologische vooruitgang was geboekt. Zoekend naar uitzonderingen zou je kunnen wijzen op de steeds vernuftiger uurwerkmakers in de late Middeleeuwen, maar aan de andere kant waren vele verworvenheden van de Romeinen verloren gegaan: denk aan centrale verwarming, de kunst van het beton maken waarmee men bijvoorbeeld gebouwen van 4 verdiepingen hoog vervaardigde, etc.

En dan, eindelijk, breekt er een tijd aan waarin hier en daar iemand met iets slims komt: de ontdekking dat de aarde om de zon draait, hoe je lenzen moet maken, de basis voor de Westerse wis- en natuurkunde wordt gelegd, met als voorlopig hoogtepunt de uitvinding van de stoommachine in het begin van de 19e eeuw.

En dat leidt, na de nodige verfijning, tot treinen en spoorwegen halverwege die eeuw, wat een zodanig succes werd dat dat er uiteindelijk (zo rond 1890) toe leidde dat niet alleen van stad tot stad maar over heel Europa de klokken gelijk gezet moesten worden omdat anders het opzetten van een treindienstregeling onmogelijk zou zijn. Het is moeilijk om je voor te stellen, maar tot die tijd had elke stad nog haar eigen tijd!

Wat ik probeer te zeggen is dat het wel lijkt alsof de tijd 10 eeuwen lang had stilgestaan, dat er vervolgens 2 eeuwen lang eindelijk wat in beweging komt, maar dat wat in de 19e eeuw

gebeurt eerder als een explosie moet worden gezien.

Er werd gesproken via draden (telefoon), op de Wereldtentoonstelling van 1870 in Parijs vond een demo van stereogeluidsweergave plaats, dynamo's wekten elektrische stroom op, er was elektrisch licht, Marconi overbrugde met radiosignalen het Kanaal (nog met vonkzenders) en binnen enkele jaren zou Einstein zijn Relativiteitstheorie ontvouwen. Het mag dus niet verbazen dat velen tegen het einde van de 19e eeuw het idee begonnen te krijgen dat nu alles mogelijk, maakbaar, realiseerbaar was.

Een goed voorbeeld van zulk doorgeslagen technologisch optimisme was Nicolai Tesla. Tesla hield zich voornamelijk bezig met in spoelen opgeslagen elektromagnetische energie. De Tesla Coil (=spoel) is beroemd, de daarmee opgewekte energie is verrassend sterk, zelfs voor hedendaagse begrippen. Er zijn nog altijd mensen die Tesla spoelen bouwen, kijk maar eens op Internet. In tegenstelling tot Edison (die zijn hele leven bij gelijkspanning bleef) was Tesla een voorstander van wisselspanning voor het elektriciteitsnet, en terecht. Tesla bouwde 's-werelds eerste wisselstroom elektriciteitscentrale. Maar Tesla was er ook van overtuigd dat hij de aarde kon omspannen met een elektromagnetische staande-golf, van waaruit via een soort antennes huizen direct van energie konden worden voorzien. Dat wilde maar niet lukken, en uiteindelijk geloofde hij dat sabotage de oorzaak was. Hij deed verder levensgevaarlijke experimenten met kunstmatige bliksems. En hij claimde dat je energie kon opvangen door een (condensator-)plaat hoog in de lucht te steken waarmee je dan zonne-elektriciteit zou opvangen die in een condensator kon worden opgeslagen: gratis energie voor iedereen!! Tijdens WW1 bouwde Tesla zelfs een immense toren (de "Tesla Tower") aan de Amerikaanse Oostkust waarmee je zogenaamd via een soort elektromagnetische straal op duizenden kilometers afstand vijandelijke legers kon vernietigen. Maar voor hij zijn woorden waar had kunnen maken liet de overheid deze mythische toren afbreken omdat de omwonenden doodsbang waren.... Wat we hier zien, is dat Tesla zo opgewonden was geworden door alle nieuwe mogelijkheden en ontwikkelingen dat zijn fantasie hopeloos op hol was geslagen. Type de naam Tesla in Google, eventueel met het woord Tower, lees een uurtje en je zult begrijpen wat ik bedoel.

Zo ziet de tijd er uit waarin Thomas Alva Edison er toe komt om een koolstof gloeidraad in te smelten in een glazen bol, die vervolgens vacuüm zuigt en zo een elektrisch licht creëert dat langer duurt dan de flits van een gloeidraad waar zuurstof bij kan komen. En dan constateert Edison dat als de gloeidraad in de lamp het uiteindelijk begeeft, het altijd aan de negatieve kant is dat hij doorbrandt! Tevens merkt hij dat op het glas een zwarte aanslag verschijnt, en als hij dan op een gegeven moment een plaat in de lamp aanbrengt met een draad naar buiten toe doet hij dat misschien in een poging die zwarting te voorkomen. Hij heeft dan al een draaispoelmeter ontwikkeld om stromen te kunnen meten, en zo'n meter verbindt hij dan met die nieuwe draad; mogelijk heeft hij gedacht op die manier een onbekende stroom te onderscheppen en die zo weg

te lokken van het glas. Als hij de andere kant van de meter met de min verbindt, gebeurt er niets. Maar als hij hem met de plus verbindt, slaat de meter uit! En hoewel dit in onze ogen een knoert van een ontdekking lijkt, onderzoekt Edison dit in 1884 niet verder, mogelijk omdat die extra plaat (het Engels voor anode is: plate!) niets blijkt te helpen tegen de zwarting van het glas.

Hij regelt nog wel een patent, echter niet voor de lamp met de extra plaat maar voor de draaispoelmeter - maar die lamp, de eerste elektronica-component in de geschiedenis, verschijnt wel in de tekeningen, namelijk als het te meten object....

Een of twee van die lampen steken de oceaan over en komen uiteindelijk terecht op de labtafel van ene John Ambrose Fleming. Fleming is nieuwsgierig genoeg om de experimenten van Edison te herhalen, en hij komt tot eendere resultaten. Maar het zal nog twee jaar duren voordat het elektron wordt ontdekt, dus ook Fleming komt niet verder en in 1896 verdwijnen de lampen in een kast.

Vijf jaar later vindt Marconi het tijd om zijn eerste grote prestatie (radiografische verbinding over het Kanaal) te overtreffen en overbrugt nu de Atlantische oceaan. De signalen waren echter dermate zwak dat betrouwbare detectie aan ontvangtzijde een probleem vormde. Marconi gebruikte een coherer, dat is een buisje waarin ijzerpoeder door een magneetveld van patroon veranderd werd. Fleming hoorde hiervan en dacht toen ineens aan de Edison lamp-met-ingebouwde-plaat; die werden vervolgens ingezet als diode, en met succes. We schrijven nu 1904.

Maar wat was nu precies de reden dat Lee De Forest kort daarop een derde elektrode in zo'n lamp stopte? Dat was niet omdat hij een brain-wave had gehad of omdat hij een briljante uitvinding van plan was: hij wilde alleen maar anders zijn. De Forest wilde telegrafie-detectors gaan verkopen en hij kon nu eenmaal niet zo maar lamp met de twee elementen (gloeidraad, plaat) kopiëren waarmee Fleming bij Marconi was gekomen, ook al niet omdat een Amerikaanse concurrent van De Forest reeds met iets dergelijks bezig was). Dus, om inbreuken op patenten te vermijden, voegde hij een derde element toe.

Dat verklaart ook waarom dit derde element (een plaat trouwens nog, geen rooster) op de verkeerde plek zat: aan de andere kant van de gloeidraad, in plaats van tussen gloeidraad en anode. En hij heeft het in zijn patent over een "gasachtig medium" en "ionen rond de gloeidraad" (wat ongeveer de laatste dingen zijn die je in een radiobuis zou willen!), en werkt met magneten om te proberen de stroom naar de derde elektrode te beïnvloeden. Conclusie: hij had geen flauw idee van wat hij potentieel in handen had. Zie zijn Audion patent van december 1906 (US, No. 841,387).

In juni 1907 volgt een tweede patent, ditmaal zit er wel een soort rooster tussen gloeidraad/kathode en plaat/anode. Onduidelijk is waarom; waarschijnlijk werkte dit arrangement beter in zijn detectorschakelingen. In elk geval gebruikte hij zijn Audion voor 1912 nooit als versterkend element, en nog altijd zag hij niet veel in de toekomst ervan want korte tijd later verkocht hij de patenten aan Western Electric voor betrekkelijk weinig geld. Western Electric had versterkers

nodig voor lange-afstands telefoonlijnen, en hoewel De Forest's Audion wat dat betref tamelijk armoedig presteerde, zag ene Edwin Armstrong van WE in 1914 de kracht die in het ontwerp school. Weer twee jaar verder had WE, eindelijk, een echt bruikbare versterkende buis. Als Western Electric er toen niet geweest was, zouden wij hier nu niet samen gekomen zijn op dit Triodefestival.

Stap voor stap heeft deze hele ontwikkelingsgang de weg geëffend voor het ontstaan van zoiets subliems als radio. Maar wel tergend langzaam: 1884, 1896, 1901, 1906, 1907, 1912, 1914, 1916. En uiteindelijk zou het ook leiden tot audio en hifi. Maar, en dat is eigenlijk belangrijker, dit nogal onbeholpen gedoe markeert wel het begin van ELEKTRONICA. Het is nog niet zo makkelijk om te bepalen wanneer je een elektrisch verschijnsel nu eigenlijk elektronisch moet gaan noemen. Het is bijvoorbeeld niet noodzakelijk dat er een actieve component in een schakeling zit wil je die schakeling elektronisch kunnen noemen: iedereen zal het er toch mee eens zijn dat we een kristalontvanger bestaande uit slechts een spoel, een condensator, een diode en een koptelefoon elektronica noemen. Maar wat doen we nou met een transformator gevolgd door een diodebrug en een elektrolytische condensator? Op het moment dat dit een buizen- (of transistor-!)schakeling voedt, valt het onder elektronica, nietwaar? Maar als het ingezet wordt om een gelijkstroommotor te laten draaien, dan is het niet meer dan elektriciteit, toch? Ik laat het verder aan de lezer om te proberen de grenslijn tussen elektriciteit en elektronica te trekken. Maar over één ding kunnen we het eens zijn: wat hier om ons heen zo prachtig opgloeit in het donker is echte elektronica!

Peter van Willenswaard