

## Elektrische en magnetische velden

*Hans Goedbloed*

### ***Een leerschool voor het leven***

Ik ben ervaringsdeskundige op het gebied van elektrische en magnetische velden. Dat dateert al uit de tijd dat ik tien jaar oud was en opgenomen werd in het clubje dappere strijders genaamd HMS (= houdt moedig stand, devies op een wandbord uit die tijd), zie illustratie<sup>1</sup>. We moesten verhinderen dat de vijand DWL (= de wakende leeuw) onze hutten zou veroveren. Daarvoor moesten we ons 'harden' voor de strijd. Eén van de manieren was training op schokvastheid. Dat gebeurde door een wedstrijd waarin bepaald werd wie het langste een spijker in het stopcontact kon houden. Op het startsignaal van de scheidsrechter telde iemand snel tot tien en de andere jongens bepaalden op welke tel de spijker uit het stopcontact was getrokken: een leerschool voor het leven, zoals zal blijken uit het volgende.



---

<sup>1</sup> Ter vermijding van de ernstige beschuldiging van zelfplagiat, die de nijvere speurders naar schendingen van wetenschappelijke integriteit zeker niet zal ontgaan, stelt de auteur (op de foto 3e van rechts, zonder helm) er prijs op te vermelden dat deze illustratie eerder verscheen in de Interkom van juni 2011. Zelfs plagiaat moet nu opgebiecht worden, want ze verscheen ook al in het historische document *Sint Laurens in vroeger tijden* (Deboekant, 1998), samengesteld door Rens Riemens, destijds aanvoerder van HMS (op de foto 3e van links, met Canadesche helm). Moge het integriteitstribunaal clementie met me betrachten!

Korte tijd daarna leerde ik van de onderwijzer op de lagere school dat heel sterke magneten gemaakt kunnen worden door een ijzerstaaf met koperdraad te omwikkelen en daar een elektrische stroom door te sturen. Dat leek me reuze aantrekkelijk. Zo'n staaf had ik wel en aan koperdraad kon ik ook makkelijk komen door het slopen van een fietsdynamo. Maar hoe steek je de twee uiteinden in het stopcontact? Ik wist nu uit ervaring dat je dat beter niet met de blote hand kunt doen. Maar ik was toch al aan het wikkelen, dus de pootjes van het stekertje van een schemerlampje konden daar nog wel bij. Nu het beslissende experiment: het stekertje in het stopcontact en ziedaar een schitterende steekvlam en... verbrande vingers.

### ***Niets maken, alleen maar begrijpen***

Na deze degelijke, experimentele kennismaking met de grondbeginselen van de elektrodynamica lag het voor de hand een nog serieuzer inspanning op dit gebied ter hand te nemen door studie voor elektrotechnisch ingenieur aan de Technische Hogeschool (thans Universiteit) te Delft. Daar heb ik nog vele stroomstoringen en bijbehorende vernielingen van kostbare elektronische elementen op mijn naam weten te brengen. Toen ik ook nog een keer een opdonder van een paar duizend volt van een PSA (= plaatspanningsapparaat) had gekregen, en op een krukje in het laboratorium zat bij te komen van de schrik, had ik ineens een helder moment: misschien is er in de maatschappij geen grote behoefte aan een elektrotechnische ingenieur van mijn soort en kan ik beter wat anders gaan doen? Gelukkig, in de maatschappij zijn er zowel doeners als denkers nodig en bij natuurkunde hoef je niets te maken alleen maar te begrijpen, dacht ik. Dus toen ben ik natuurkunde gaan studeren.

Natuurkunde, ja dat is een feest! Theorie met prachtige formules en experimenten die dat allemaal bevestigen. Ja maar, die experimentele opstellingen moet je wel zelf in elkaar zetten. En als je NMR (= nuclear magnetic resonance) oftewel kernspinresonantie bij lage temperaturen wil bedrijven is daar een homogeen magnetisch veld, een cryostaat met vloeibaar helium en een radiofrequente versterker voor nodig. Dat homogene magnetische veld wordt al geleverd door een elektromagneet van de firma Bruker (ja, dezelfde). Maar het kan nog homogener. Op een dag wordt een presentje voor de werkgroep leider afgeleverd door de portier, die weet dat Prof. Blaisse een wintersportliefhebber is: "Alstublieft professor, sneeuwschoenen voor u". "Sneeuwschoenen?" "Ja kijk maar, het staat op het pakje: Pohlschuhe". En die cryostaat is ook een wonder van technisch vernuft. Hij kan wel breken, maar dat is eigenlijk ook een groot feest: na een knal en rondvliegende glasscherven is het hele vertrek gevuld met een geheimzinnige mist van heliumdampen die langzaam optrekken totdat de contouren van de medestudenten weer zichtbaar worden. Dat zou ik niet graag gemist hebben! En ten slotte die versterker: toch weer die verrekte elektrotechniek. Maar gelukkig is er een elektronicawerkplaats met technici die me graag helpen, en zo kom ik toch nog aan mooie NMR-spectra van de kernspins van het zeldzame aardmetaal lantaan in een rooster van La-Mg-nitrat.

### ***Inwijding van volgende generaties***

Als ik, enkele jaren daarna, vader ben geworden van een zoon en een dochter, en mijn zoon de elektrificeerbare leeftijd van tien jaar bereikt heeft, lijkt me het moment aangebroken om hem in te wijden in de geheimen, en de gevaren, van de elektrische en magnetische velden door hem uit eigen ervaringen te vertellen. Dat lukt uitstekend, want als ik op een dag uit het lab thuis kom doet hij bedremmeld verslag: "Hans je had gelijk." "Gelijk waarmee?" "Dat je met die experimenten moet uitkijken want elektriciteit doet wel pijn", en hij laat me zijn verbrande vingers zien.

Weer vele jaren later, nadat ik grootvader ben geworden, en mijn kleinzoon de kritische leeftijd van tien jaar heeft bereikt, vind ik dat hij ook nodig ingewijd moet worden in de beginselen van de elektrodynamica. De uitgebreide Goedbloedfamilie is om de dis vergaard, en ik zal juist van wal steken met de avonturen van zijn opa, maar vooral van zijn grote oom waar hij veel bewondering voor heeft, en zijn oogjes beginnen al te glinsteren. Maar dat feest gaat helaas niet door want mijn verhaal wordt in de kiem gesmoord door mijn dochter die begint te krijsen of ik gek geworden ben. En zo gaat een prachtige educatieve kans verloren.

### ***Magnetische dromen***

We zijn nu bijna in het heden beland (2 juli 2014): weer een experiment met een magnetisch veld! Ik word in een grote supergeleidende elektromagneet van drie tesla geschoven nadat ze me ingespoten hebben met gadolinium (ook een zeldzame aardmetaal). Mijn Delftse onderzoek wordt hier voortgezet. Nu ben ik zelf het sample dat onderzocht wordt met MRI (= magnetic resonance imaging). De medici hebben de N van NMR laten vallen omdat ze doodsbenuwd zijn voor die enge kernen. Ze begrijpen er niet veel van: die springende kernspins doen geen vlieg kwaad. Maar hebben ze wel eens nagedacht over de gigantische krachten die een magneetveld van drie tesla uitoefent? Deze opstelling zou een perfecte theta-pinch zijn: een mooi homogeen veld in de z-richting (veel homogener dan die Delftse Brukermagneet), maar wel met een eindige lengte. Wat zou het fantastisch zijn als ik nu een plasma was en ik eindelijk zelf eens een reis met de Alfvénsnelheid langs de veldlijnen zou kunnen maken! Maar wacht even, dit is geen toroidale tokamak, maar een lineaire theta-pinch. Dat reisje zou van zeer korte duur zijn: eerst zou ik samengeknepen worden tot een dunne sliert, vervolgens zou ik in een microseconde de pijp uitgeblazen worden, en het zou eindigen met een zeer harde landing.

Die 'harde landing' is het onopgeloste probleem van de eindverliezen van de theta-pinches en de spiegelmachines. De herinneringen aan mijn verblijf in Los Alamos (1974-1975) komen bij me boven. In die tijd staat pinchopsluiting nog hoog op de thermonucleaire agenda. [Even niet vergeten: in die tijd is ons lab ook wereldkampioen op dit gebied, met een tien keer langere opsluittijd dan in het grote Scyllac experiment wordt gehaald. De leider van ons schroefpinch-

experiment, Piet van der Laan, wordt dan ook met open armen ontvangen in Los Alamos en aangesteld als hoofd van het hoog-beta tokamak project.] Toch kan ook een theoreticus al aan zien komen dat het uiteindelijk niets wordt met die pinches. Als ik weer eens van mijn formules opgeschrikt wordt door een daverende explosie, de gang oploop en vraag: "Was that a bad shot?", is het antwoord: "Yes, but don't talk about it."

Niettemin wordt er een groot plan gemaakt voor een lineaire theta-pinchreactor op de Three-Mile-Mesa in Los Alamos, te realiseren in de tachtiger jaren. Even rekenen: 5 km is 1000 keer langer dan 5 m, dus eindverliezen op een tijdschaal van milliseconden in plaats van de microseconden van die korte pinches. Dat is een enorme verbetering, maar toch lang niet genoeg voor een fusiereactor. Men denkt dat op te lossen met 'end stoppering', een vaag idee met zoiets als yin-yangspoelen dat ook voor de spiegelmachine van Livermore is bedacht. Het leidt allemaal nergens toe en zo belanden de paradepaarden Scyllac en Tandem Mirror van de twee grote kernwapenlaboratoria, die ons de atoombom en de waterstofbom 'geschonken' hebben, op de schroothoop van de geschiedenis. Het blijkt eenvoudiger dood en verderf te zaaien dan leven en welvaart te creëren.

### ***Intermezzo***

[Stijlbreuk. Nu ik in dit verhaal toch serieuzer geworden ben dan ik van plan was, nog even dit: die MRI scan had ten doel uit te vinden of ik prostaatcancer heb. Dat is het geval, maar behandeling daarvan is niet erg urgent omdat die niet erg agressief is. Wel urgent is bestrijding van een reeks blaasontstekingen die ik bij dit onderzoek heb opgelopen. Sinds 1 april (slechte aprilgrap) wisselen die elkaar af met steeds weer een andere bacteriestam, die resistent is voor het antibioticum tegen de eerdere ontsteking, enz. Dat gaat zo door tot een climax bereikt wordt met een ziekenhuisopname waarbij mijn hart van slag raakt. Als ik binnen 72 uur een cardioversie ('reset' door middel van een elektrische schok over het hart) krijg kan het weer goed komen. Maar als ik hoor van die elektrische stroom door mijn hart komen onmiddellijk de scènes boven van de film 'One flew over the cuckoo's nest' met Jack Nicholson in de hoofdrol. In die film wordt hij door een elektroshock getransformeerd van een joviale dwarsligger in een wezenloze sul. Tamelijk angstaanjagend, maar waarom schakel ik mijn geloof niet in? En dan komt onmiddellijk de gedachte bij me op aan Psalm 23, die me al eens eerder door de nacht heeft geholpen: "Zelfs al ga ik door een dal van diepe duisternis, ik vrees geen kwaad want Gij zijt bij me." De volledige rust komt terug en weg is mijn bezorgdheid! En zo kan ik terugkeren tot de lichte toonzetting van mijn verhaal.]

### ***Elektrologica***

Na ontslag uit het ziekenhuis (8 juli 2014): nog een experiment, dit keer met een elektrische schok door mijn hart! Maar wat doen ze dat hier ingewikkeld. Je kunt toch gewoon een spijker in het stopcontact steken? En zou het bij mij wel werken, gehard als ik ben na al die training vanaf mijn jeugd? We zullen wel zien.

Ik lig in een kamertje afgescheiden door witte gordijnen. Naast me zegt de anesthesiste: "Ik geef u een injectie, na enige tijd wordt u licht in het hoofd, en daarna verliest u uw bewustzijn." Dat moment ga ik nauwkeurig vastleggen: een prachtige kans om een experiment met het bewustzijn uit te voeren! Ik moet wel een vast referentiepunt hebben en het is hier allemaal wit. Mooi, de gordijnrail zie ik helder. Nu zorgvuldig het voortschrijden van de tijd markeren door duidelijk aftellen en uitspreken van wat ik waarneem:

1. Ik zie de gordijnrail helder.
2. Ik zie de gordijnrail helder.
3. Ik zie de gordijnrail helder.

...

...

10. Ik zie de gordijnrail helder.

(Wat duurt dat lang, volgens mij werkt die narcose niet. Zie je wel, het gordijn wordt al opengeschoven en ze zullen wel zeggen dat het opnieuw moet.)

De verpleegkundige zegt echter: "Meneer Goedbloed, het is gelukt. Uw hart is weer teruggekeerd naar zijn normale ritme." Oh, wat fijn! Maar mijn experiment is mislukt: de empirie dwingt me te constateren dat ik tijdens die tien heldere waarnemingen er minstens honderd gemist moet hebben (de duur van de narcose), en ik heb zelfs geen clou of dat tussen waarneming #2 en #3 of tussen #8 en #9 is geweest. Erger: ik heb de essentiële gebeurtenis volledig gemist! Oh wel, ik wist al dat ik een waardeloze experimentator ben. Maar wacht even, er is wel degelijk een vergaande conclusie uit dit experiment te trekken. Ik begrijp ineens waarom ik dat "Ik denk, dus ik ben" van Descartes altijd een drogreden heb gevonden. Het moet zijn: "Ik denk dat ik denk, dus denk ik dat ik ben." Maar of op dit fundament een filosofisch bouwwerk is op te trekken? Dat betwijfel ik.