

**Opmerking:**

Alle informatie op deze pagina's is beschikbaar als Flash-animatie op het volgende adres:  
<http://www.bbemg.be/nl/startpagina-emv/elektriciteit-velden/velden-basisbegrippen.html>

**Inleiding**

In de natuurkunde is een veld een zone van de ruimte waarin een zwaartekracht, een magnetische kracht, een elektrostatistische kracht of elke andere kracht wordt uitgeoefend (Bron: Microsoft Encarta, 2009).

De elektrische en magnetische velden zijn afzonderlijke concepten die werden uitgevonden om de verschijnselen van de interactie met elektriciteit op afstand te verklaren.

Toen Hans Christian Oersted in 1820 aantoonde dat de naald van een kompas afwijkt in de buurt van een draad waardoor een elektrische gelijkstroom loopt, opende hij de deuren van het elektromagnetisme, de tak van de natuurkunde die de interacties met elektrische en magnetische velden op afstand bestudeert.



Zonder stroom in de elektriciteitsdraad geeft de rode naald van het kompas het noorden aan.



De stroom loopt van rechts naar links. Het kompas verliest er het noorden bij!

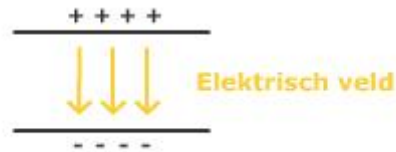
In deze module zullen we het hebben over het elektrisch en het magnetisch veld. Later komt ook het elektromagnetisme aan bod.

**Het elektrisch veld**

Het elektrisch veld wordt gegenereerd door de aanwezigheid van elektrische ladingen. We nemen het voorbeeld van de ballon geladen met statische elektriciteit die onze aandachtige lezers zich zullen herinneren van de "Elektriciteitsbegrippen":



De ballon is negatief geladen en onder invloed concentreren de positieve ladingen van het plafond zich wanneer de ballon in de buurt komt. Tussen de twee ladingen zit lucht die de elektriciteit slecht geleidt. De ladingen blijven ter plaatse.



Schematisch kunnen we de situatie als volgt weergeven:

Het elektrische veld wordt, door conventie, van de positieve potentiaalzone naar de negatieve potentiaalzone georiënteerd.

De elektrische veldsterkte is afhankelijk van het potentiaalverschil tussen de geladen zones en van de afstand die zich tussen hen bevindt. Een benadering van het elektrische veld tussen twee vlakke oppervlakken wordt gegeven door de volgende formule (als het veld uniform is in de ruimte):

$$E = \frac{V_2 - V_1}{D}$$

Diagram illustrating the formula for electric field strength  $E$  (in volt/meter, V/m). The formula is  $E = \frac{V_2 - V_1}{D}$ . The variables are defined as follows:

- $V_2$ : Potentiaal 2 (in volt, V)
- $V_1$ : Potentiaal 1 (in volt, V)
- $D$ : Afstand tussen de geladen zones (in meter, m)
- $E$ : Elektrisch veld (in volt/meter, V/m)

Er bestaat een natuurlijk elektrisch veld aan het aardoppervlak. Dat wordt gecreëerd door het potentiaalverschil tussen de hoge atmosfeer (de ionosfeer, positief geladen) en de aarde (negatief geladen).

Permanent verlaten elektrische ladingen de grond in de richting van de atmosfeer. De duizenden onweders die elke dag losbarsten overal ter wereld zorgen er via de bliksem (\*) voor dat deze ladingen terug naar de grond keren om een globaal evenwicht te behouden en het leven op aarde mogelijk te maken.

(\*) Een bliksemschicht is het lichtverschijnsel waarmee de bliksem gepaard gaat. De gassen op het traject van de elektrische ontlading worden verhit en stralen licht uit. De kleur van de bliksemschicht verschilt naargelang de eigenschappen van de lucht: vochtig of minder vochtig, aanwezigheid van hagel, stof ...

De donder is het geluid van de explosieve uitzetting van de verhitte luchtmassa's op het traject van de bliksemschicht.



Elektrisch veld van 100 tot 150 V/m



Elektrisch veld dat 15 tot 20 kV/m kan bereiken

De bliksem wordt bij voorkeur aangetrokken door hoge voorwerpen en/of pieken aangezien het elektrische veld (en dus de kracht die wordt uitgeoefend op de ladingen) daar intenser is: dat noemen we het piekeffect.

## 1. Oorsprong van het piekeffect

Ter hoogte van de geleidende pieken zijn de elektrische ladingen op een kleiner oppervlak geconcentreerd. De elektrische krachten zijn er dus intenser. Het sterke elektrische veld dat eruit voortvloeit, veroorzaakt een ionisatie van de lucht waardoor deze de elektriciteit beter geleidt.

Een puntig voorwerp dat uitsteekt zoals een bliksemafleider bijvoorbeeld trekt de bliksem niet aan in de strikte zin van het woord, maar zal, omdat hij uitsteekt, bij onweer de kans vergroten dat er ontledingen ontstaan, die licht geven en in de duisternis dus zichtbaar zijn (bijv. het Sint-Elmusvuur op het uiteinde van bootmasten).

Het piekeffect ligt aan de oorsprong van het corona-effect, een term die de aanwezigheid aanduidt van gedeeltelijke ontladingen rond de geleiders van een luchtlijn, onder bepaalde omstandigheden.

De aanwezigheid van kleine uitsteeksels aan het oppervlak van de geleiders, zoals bijvoorbeeld waterdruppels, sneeuwvlokken of insecten, veroorzaakt aanzienlijke verhogingen van het elektrische veld. Het corona-effect varieert dus aanzienlijk naargelang de buiten- en de atmosferische voorwaarden. (Bron: website van de dienst "Vervoer en Verdeling van de elektrische energie" van de universiteit van Luik)

## 2. Representatie van het elektrische veld

Als onze ogen de elektrische en magnetische velden zouden kunnen waarnemen, zouden we het volgende zien bij het bekijken van een gedoofde zaklamp en een broodrooster: enkel een elektrisch gelijkstroomveld ter hoogte van de zaklamp en een elektrisch wisselveld van 50 Hz ter hoogte van de broodrooster.

Elektrisch gelijkstroomveld



Elektrisch wisselveld van 50 Hz

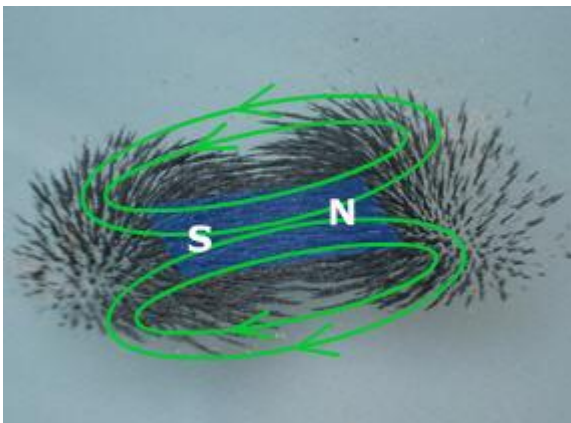


Omdat het elektrisch veld gegenereerd wordt door een wisselstroom, is het zelf een wisselveld.

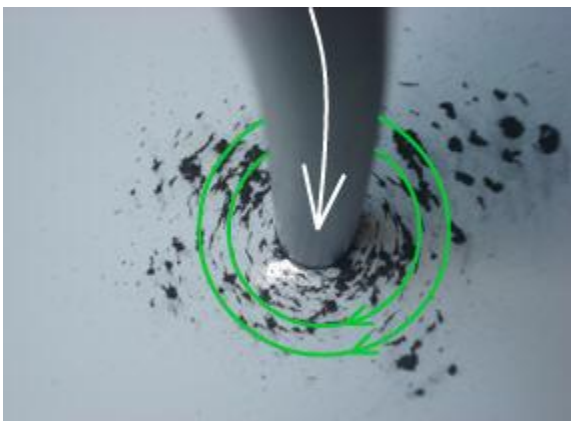
De donkerste zones geven de sterkste velden aan.

## Het magnetisch veld

Het magnetisch veld wordt gegenereerd door de verplaatsing van de ladingen. Deze verplaatsing neemt verschillende vormen aan naargelang de materialen en hun gebruik:



Onder het oppervlak wordt een magneet geplaatst. Het ijzervijzel is georiënteerd volgens de veldlijnen. Door conventie verlaten de veldlijnen de noordpool en gaan ze de zuidpool binnen. In een magneet ontstaat het magnetisch veld door de beweging van de elektronen op zichzelf (dit noemen we de elektronenspin).



De stroom loopt van boven naar beneden. Het betreft hier een gelijkstroom van 30 A.

Het ijzervijzel is cirkelvormig rond de draad georiënteerd, volgens de lijnen van het magnetisch veld. In een geleidend materiaal dat is verbonden met een spanningsbron (hier gelijkspanning), ontstaat het magnetisch veld door de elektrische stroom, dus de verplaatsing van de elektronen in de geleidingsbanden (zie "Elektriciteitsbegrippen").

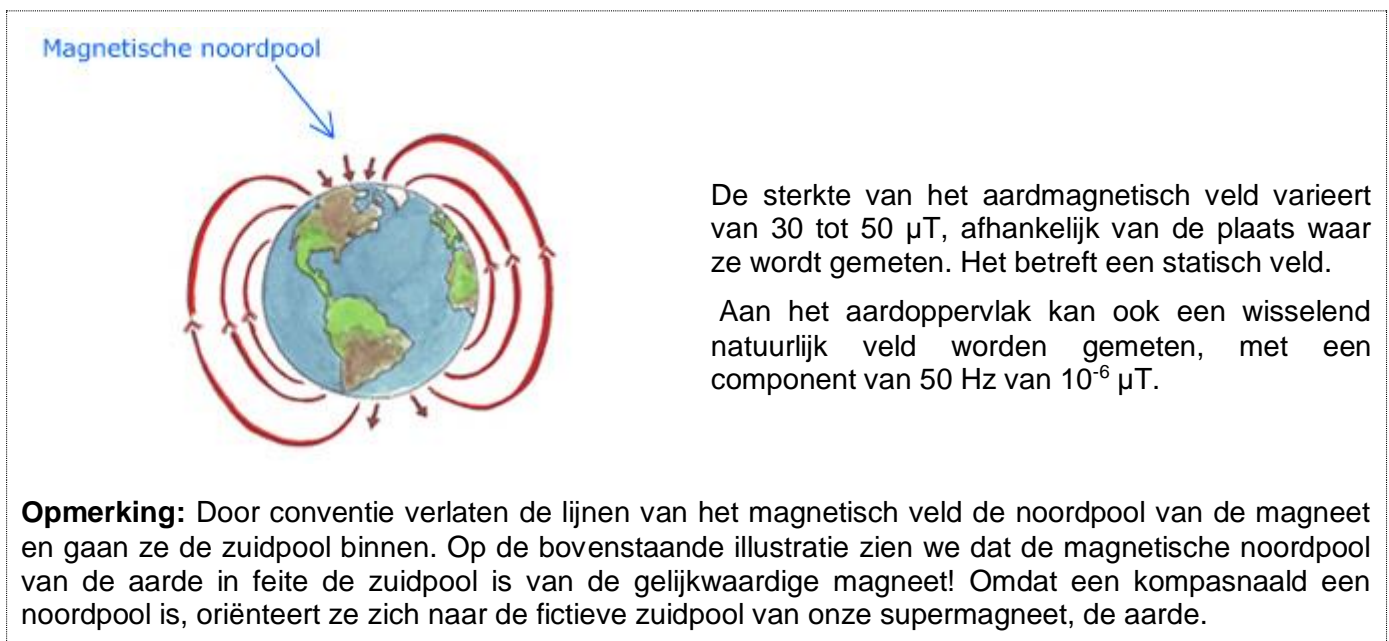
Er bestaat ook een magnetisch veld rond de aarde. Dat zien we als we de richting van een kompasnaald

bekijken. De oorsprong van dat magnetisch veld moet heel waarschijnlijk worden gezocht in de bewegingen van het smeltende magma in de aardkern.

Het aardmagnetisch veld speelt een belangrijke rol in de bescherming van onze planeet. Het leidt immers de deeltjes van de kosmische stralingen en van de zonnwind af. Deze bescherming situeert zich in de magnetosfeer (de laag van de atmosfeer boven de ionosfeer, op meer dan 1000 km van de aarde). Het noorderlicht en het zuiderlicht worden gevormd wanneer de deeltjes de magnetosfeer raken.

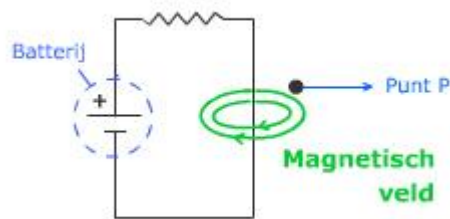
## 1. De magnetische noordpool – De geografische Noordpool

De magnetische noordpool is de plaats waar de lijnen van het magnetisch veld loodrecht op de aarde liggen. De geografische noordpool wordt bepaald door de rotatieas van de aarde. Aangezien de as van het magnetisch veld niet in de lijn van de rotatieas van de aarde ligt is het geografische noorden momenteel ongeveer 1000 km van het magnetische noorden verwijderd.



De richting van de lijnen van het magnetisch veld wordt bepaald door de configuratie van de bron van het magnetisch veld. We nemen twee voorbeelden:

- a. Rond een draad waar een stroom doorloopt, zijn de lijnen van het magnetisch veld rond.



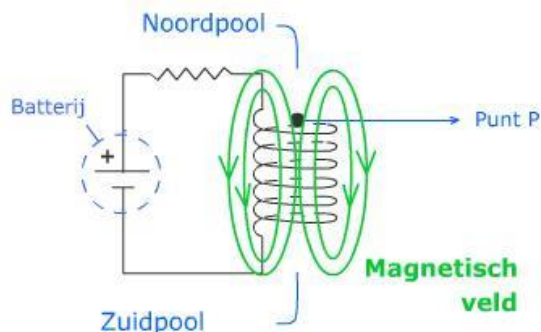
**Rond een draad:**

$$\text{Magnetisch veld in een punt P (in ampère/meter, A/m)} \leftarrow H = \frac{I}{2 \pi r}$$

Elektrische stroomsterkte (in ampère, A)  $I$

Afstand tussen de draad en het punt P (in meter, m)  $r$

- b. In een spoel waar een stroom doorloopt, lijken de lijnen van het magnetisch veld op die rond een magneet.



Door conventie krijgt de spoel een noordpool aan de kant waar de lijnen naar buiten gaan en een zuidpool aan de kant waar ze binnenkomen.

**In een spoel met N windingen:**

$$\text{Magnetisch veld in een punt P (in ampère/meter, A/m)} \leftarrow H = \frac{N \cdot I}{2 \cdot R}$$

Elektrische stroomsterkte (in ampère, A)  $I$

Straal van de windingen (in meter, m)  $R$

Het **magnetisch veld in een punt P** hangt af van de stroomsterkte en van de afstand tot de geleider. Het wordt aangeduid met de letter H en uitgedrukt in **ampère/meter (A/m)**.

De richting van de lijnen van het magnetisch veld wordt bekomen via de regel van de rechterhand: als men de duim van de rechterhand oriënteert in de richting van de conventionele stroomrichting (van + naar -) duidt de richting van de buiging van de vingers de richting van het magnetisch veld aan.

Het magnetisch veld H (in A/m) wordt vaak uitgedrukt door de magnetische inductie B (in tesla, T). Het

magnetisch veld  $H$  en de magnetische inductie  $B$  zijn in een gegeven materiaal verbonden door de vergelijking:

**B = μ · H**

Magnetische inductie (in tesla, T) ←

↗ Magnetisch veld (in ampère/meter, A/m)

↘ Magnetische permeabiliteit (in Henry/meter, H/m)

De magnetische permeabiliteit van een materiaal is het vermogen van dit materiaal om de magnetische fluxlijnen te concentreren en dus de waarde van de magnetische inductie te verhogen. De magnetische inductiewaarde is dus afhankelijk van het milieu waarin ze zich voordoet.

De magnetische permeabiliteit van de lucht bedraagt  $4 \pi \cdot 10^{-7}$  H/m.

De magnetische permeabiliteit van een materiaal ( $\mu$ ) wordt uitgedrukt door het product van de magnetische constante ( $\mu_0$ , uitgedrukt in Henry/meter) en de relatieve permeabiliteit ( $\mu_r$ , zonder grootte):

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

-  $\mu_0$  is een universele constante, gelijk aan  $4 \pi \cdot 10^{-7}$  H/m

-  $\mu_r$  is afhankelijk van het materiaal. In lucht, in een vacuüm, in gassen, in koper, aluminium, aarde en andere materialen is  $\mu_r$  ongeveer gelijk aan 1. Deze materialen veroorzaken dus geen enkele kanalisatie van het magnetisch veld.

Hieruit volgt dat in de lucht een veld  $H$  van 1 A/m wordt geassocieerd met een veld  $B$  van 1,26  $\mu$ T.

#### Opmerkingen :

- De oude eenheid van de magnetische inductie, de gauss (G), wordt in sommige landen nog regelmatig gebruikt. De omzetting is als volgt:  $10^{-4}$  T = 1 G of, om de magnetische inductiewaarden in onze elektrische omgeving 50/60 Hz te benaderen: 0,1  $\mu$ T = 1 mG.
- Verder zullen we vaak spreken van  $B$  als "magnetisch veld" dat wordt uitgedrukt in  $\mu$ T.

## 2. Representatie van het magnetisch veld

Als onze ogen de elektrische en magnetische velden zouden kunnen waarnemen, zouden we het volgende zien bij het bekijken van een brandende zaklamp en broodrooster: elektrische en magnetische gelijkstroomvelden ter hoogte van de zaklamp en wisselvelden van 50 Hz ter hoogte van de broodrooster.

Elektrische en magnetische gelijkstroomvelden



Elektrische en magnetische wisselvelden van 50 Hz



De donkerste zones geven velden met een hogere sterkte weer.

### De afname van de veldsterkte met de afstand

De sterkte van de elektrische en magnetische velden neemt snel af naarmate men zich verwijderd van de bron. Afhankelijk van de bron zal de afname sneller of minder snel zijn:

- In de omgeving van een elektrische kabel (zoals een kabel van een hoogspanningslijn bijvoorbeeld) neemt de veldsterkte evenredig af met de afstand (in het jargon wordt dat voorgesteld door  $1/r$ ).
- In de omgeving van elektriciteitskabels ("heen- en retourgeleiders") neemt de veldsterkte af met het kwadraat van de afstand ( $1/r^2$ ) en
- dichtbij een spoel, zoals bijvoorbeeld een industriële inductieoven, met de derde macht van de afstand ( $1/r^3$ ).

Elektrische wekkers, nachtlampen en de meeste huishoudapparaten kunnen als bronnen worden beschouwd waarvan de sterkte van het magnetisch veld afneemt met het kwadraat van de afstand. Dit betekent concreet dat wanneer de afstand verdubbelt, de veldsterkte afneemt met een factor van 4. Als de sterkte van het magnetisch veld van een elektrische wekker bijvoorbeeld 1 microtesla bedraagt op 30 cm, dan wordt de sterkte 25  $\mu$ T op 60 cm, 0,0625 op 120 cm enz.

Meer informatie over de waarden van elektrische en magnetische velden vindt u in de module "Velden in onze omgeving".

Voorbeeld van een kabel die een lamp van 100 W voedt, gevoed met 230 V:

- Wanneer men de spanning meet (voltmeter) tussen de blauwe en de zwarte kabel, heeft men ongeveer 230 V (effectieve waarde, 50 Hz sinusoidaal)
- Wanneer de lamp is aangestoken, meet men (met de ampèremeter) een stroom die door de blauwe en de zwarte kabel stroomt (identieke waarde, maar de richting van de stroom is tegengesteld) van:

$$P \text{ (in W)} = V \text{ (in V)} \cdot I \text{ (in A)}$$


$$100 = 230 \cdot I$$

$$\text{dus } I = 0,435 \text{ A (effectieve waarde, 50 Hz sinusoidaal)}$$



c. Berekening van het magnetische veld in de nabijheid van de kabel


**Veld gecreëerd door enkel de blauwe kabel** (effectieve waarde, 50 Hz sinusoidaal) : ongeveer 0,8  $\mu\text{T}$  op 10 cm



$$B = \mu_0 \frac{I}{2 \pi r} = 4 \pi 10^{-7} \frac{0,435}{2 \pi r} = 0,8 \mu\text{T}$$

(effectieve waarde, 50 Hz sinusoidaal, op 10 cm)

**Veld gecreëerd door de blauwe EN de zwarte kabels samen** : ongeveer 0,017  $\mu\text{T}$  op 10 cm, hetzij 47 keer minder dan de fictieve toestand van een enkele kabel.



$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r_1} - \frac{\mu_0 I}{2 \pi r_2} = \frac{\mu_0 I}{2 \pi} \left( \frac{r_2 - r_1}{r_2 \cdot r_1} \right) \simeq \frac{\mu_0 I}{2 \pi} \cdot \frac{r_2 - r_1}{r^2} = 0,017 \mu\text{T}$$

(effectieve waarde, 50 Hz sinusoidaal, op 10 cm)

( $r_2 - r_1 =$  dikte van de isolator  $\sim 2$  mm)

Nu kunnen we de waarden van het magnetische veld bepalen in functie van de afstand tussen de kabels:

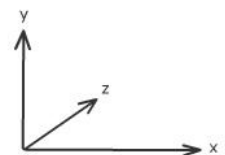
Afstand tot de kabels (cm)	5	10	20	40	100
Veld-B ( $\mu\text{T}$ )	0,068	0,017	0,0042	0,0011	0,00017

De waarden van het magnetische veld variëren omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand ( $1/r^2$ ) zoals hierboven aangetoond. Men heeft dus een belasting nodig die meer dan 10 A verbruikt om een veld B te krijgen dat groter is dan 0,4  $\mu\text{T}$  op 10 cm van de kabels en deze waarde zou verminderd worden met een factor 10 (dus 0,04  $\mu\text{T}$ ) op 31 cm van de kabels.

## De meetmethodes

Op de markt zijn verschillende meetapparaten beschikbaar om de elektrische en magnetische velden te meten:

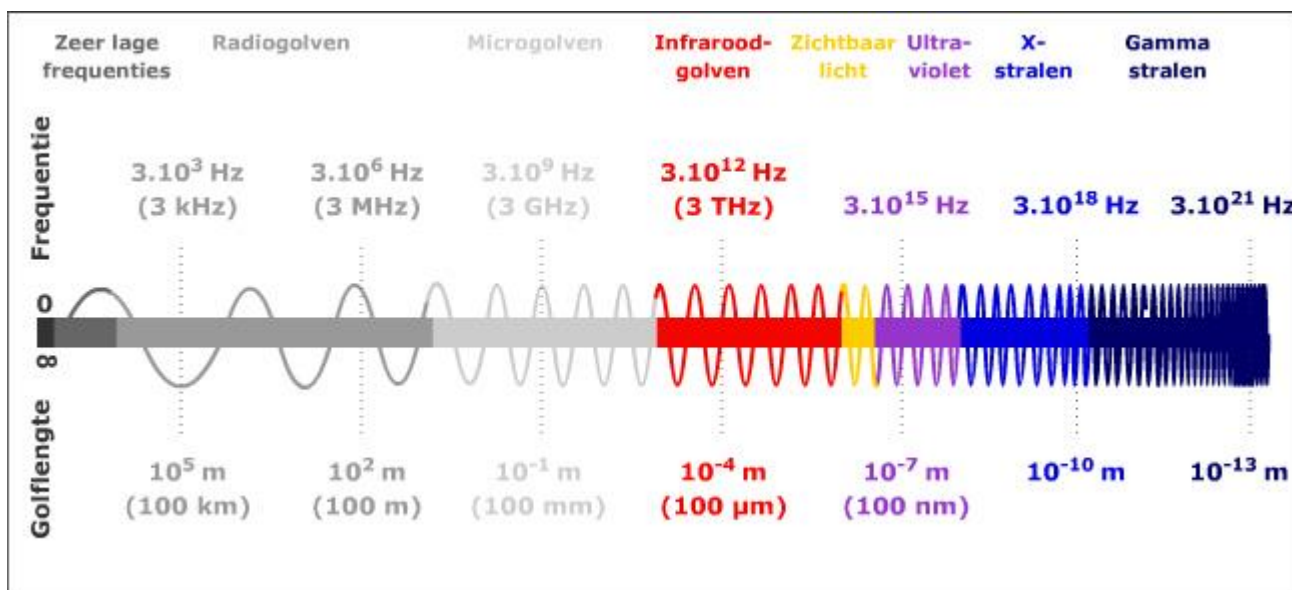
- Voor de meting van het elektrisch veld moeten enkele voorzorgsmaatregelen worden genomen. Het veld wordt immers beïnvloed door de omliggende voorwerpen en door de aanwezigheid van de persoon die de metingen uitvoert. Men moet dus meten op een afstand van de voorwerpen en de personen, bijvoorbeeld met een geïsoleerde stok.
- De meting van het magnetische inductiewisselveld (B) (hier 50 Hz) wordt uitgevoerd met drie rechthoekige spoelen. De meting van de geïnduceerde spanning in de drie spoelen geeft de drie componenten (x, y, z) van het veld.



Omdat het magnetisch veld met zeer lage frequentie niet wordt vervormd door de aanwezigheid van voorwerpen of personen, moeten bij de meting minder voorzorgsmaatregelen worden genomen dan bij de meting van het elektrisch veld. Het veld kan voor metingen over langere tijdsperiodes makkelijk worden gemeten met dosimeters die men aan de broeksriem kan bevestigen.

## Elektromagnetische golfspectrum

Tot hertoe hebben we gesproken over statische velden (magneten) en wisselende velden van 50 Hz, gegenereerd door het elektriciteitsnet. Bij de wisselende velden maken de velden van 50 Hz slechts een zeer klein deel uit van het elektromagnetische golfspectrum: ook het zichtbare licht maakt deel uit van dit spectrum, net als de radiogolven of de X-stralen.



### 1. De statische velden



- Frequentie van 0 Hz
- Oneindige golflengte

#### Opmerking:

Behalve statische velden zijn er rond de aarde ook natuurlijke velden van 50 Hz, maar met uiterst lage waarden

( $10^{-4}$  V/m,  $10^{-6}$   $\mu$ T)

## 2. De uiterst lage frequenties (“EBF” of “ELF” in het Engels)



- Frequentie van 3 Hz tot 300 Hz
- Golflengte van 100 000 tot 1000 km

De frequentie van het elektriciteitstransport- en -distributienet bedraagt 50 Hz (of 60 Hz bijvoorbeeld in de VS). Ze behoort dus tot de uiterst lage frequenties. Men noemt ze ook industriële frequenties. De golflengte bedraagt respectievelijk 6000 en 5000 km in 50 en 60 Hz.

## 3. De radiogolven



- Frequenties van 0,3 tot 3 kHz, golflengte van 1000 km tot 100 km: overdracht van spraakdata, metallurgie, inductieverwarming
- Frequenties van 3 tot 30 kHz, golflengte van 100 km tot 10 km: radiocommunicatie
- Frequenties van 30 tot 300 kHz, golflengte van 10 tot 1 km: radio-uitzendingen LW, inductieovens
- Frequenties van 0,3 tot 3 MHz, golflengte van 1 km tot 100 m: radio-uitzendingen AW-MW, medische diathermie
- Frequenties van 3 tot 30 MHz, golflengte van 100 tot 10 m: lassen, plakwerk
- Frequenties van 30 tot 300 MHz, golflengte van 10 tot 1 m: tv, FM-radio

Bron: Duchêne, A., & Jousot-Dubien, J. (2001)

## 4. De microgolven



- Frequenties van 0,3 tot 3 GHz, golflengte van 1 tot 0,1 km: tv, radars, mobiele telefoons, microgolfovens, medische hyperthermie
- Frequenties van 30 GHz tot 300 GHz, golflengte van 0,01 m tot 1 mm: radars, satellietcommunicatie
- Frequenties van 3 tot 30 GHz, golflengte van 0,1 m tot 0,01 m: radars, inbraakalarmen

Bron: Duchêne, A., & Jousot-Dubien, J. (2001)

Microgolfovens gebruiken een frequentie van 2450 MHz voor de verwarming van voedsel. Draagbare telefoons gebruiken gelijkaardige frequenties (900 MHz/1800 MHz) maar met veel kleinere vermogens.

## 5. De infraroodgolven



Frequenties van 0,3 THz tot 385 THz, golflengte van 1 mm tot 780 nm: verwarming, afstandsbediening ...

Bron: Duchêne, A., & Jussot-Dubien, J. (2001)

Zoals hun naam aangeeft, ligt hun frequentiegamma vlak onder de frequenties van de kleur rood.

## 6. Het zichtbaar licht



Frequenties van 385 THz tot 750 THz, golflengte van 780 tot 400 nm: menselijk gezichtsvermogen, fotosynthese

Bron: Duchêne, A., & Jussot-Dubien, J. (2001)

De stralingen met lagere frequentie zijn rood. Die met hogere frequentie zijn blauw en violet. Dit is het frequentiegamma dat ons oog kan waarnemen.

## 7. De UV-stralen



Frequenties van 750 tot 3000 THz, golflengte van 400 nm tot 100 nm: zonnebank

De ultravioletstralen situeren zich in het frequentiegamma vlak boven de kleur violet. Men ziet ze niet maar kan wel hun effect voelen (zonnecolitis ...).

Bron: Duchêne, A., & Jussot-Dubien, J. (2001)

Op deze golflengtes wordt heel veel energie getransporteerd. Aan te hoge dosissen kan deze straling schadelijk zijn: melanomen ...

## 8. De X-stralen



Frequenties tot 3000 THz, golflengte kleiner dan 100 nm: medische beeldvorming, radiografie...

De X-stralen transporteren nog meer energie dan de UV-stralen. Ze dringen door de weke delen van ons lichaam maar worden tegengehouden door de beenderen ... vandaar hun belang voor de radiografie.

## 9. De gammastralen en de kosmische stralen

De gammastralen en de kosmische stralen zijn de stralen die de meeste energie vervoeren.

Omdat de blootstelling aan de kosmische stralen toeneemt met de hoogte (minder bescherming van de atmosfeer), zijn we er meer aan blootgesteld in lijnvliegtuigen.

### Frequentie en golflengte

Het elektromagnetisch spectrum strekt zich uit over een zeer breed gamma van frequenties (in Hz) en golflengtes (in m).

**De frequentie** is het aantal cycli dat zich voordoet gedurende een seconde. De eenheid van frequentie is de Hertz (Hz). De wisselstroom die onze elektrische toestellen voedt, heeft een frequentie van 50 Hz, net als de velden die erdoor ontstaan.

**De golflengte** is de afstand tussen twee opeenvolgende cycli van de golf.



De frequentie en de golflengte zijn onderling afhankelijk van elkaar: hoe hoger de frequentie, hoe korter de golflengte. De elektromagnetische golven planten zich immers voort aan de snelheid van het licht in de lucht, het vacuüm en de gassen, d.w.z. aan een snelheid van ongeveer 300 000 000 m/s.

Aan een frequentie van 50 Hz bijvoorbeeld legt de golf een afstand af van 6000 km in één seconde.

$$\text{Golflengte} = \frac{\text{Lichtsnelheid}}{\text{Frequentie}} = \frac{300\,000\,000}{50} = 6\,000\,000 \text{ m of } 6000 \text{ km}$$

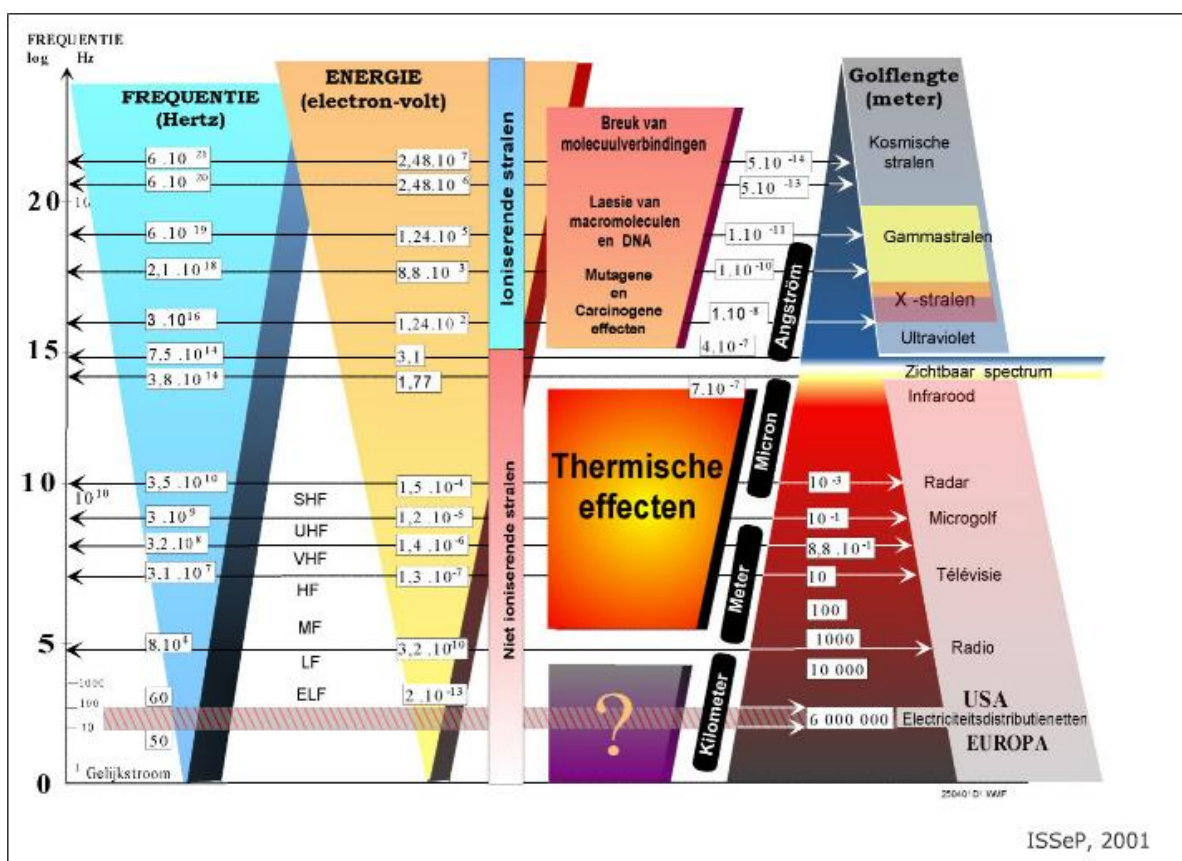
## Vorm

De golven verschillen ook door hun vorm. Hierboven toonden we golven met een sinusoïdale vorm (\*), maar er zijn er ook met een vierkante vorm, gepulseerde vorm ...

(\*) Aan 50 Hz produceert de alternator in de centrales een sinusoïdale stroom die aan de oorsprong ligt van perfect sinusoïdale velden. Tijdens het transport en het gebruik wordt de sinusoïde echter enigszins aangetast en neemt men de aanwezigheid waar van harmonischen, d.w.z. meervoudige frequenties van de fundamentele frequentie van 50 of 60 hertz. De gegenereerde velden zijn niet meer perfect sinusoïdaal.

De elektromagnetische golven zijn een energievorm. De hoeveelheid energie in een golf hangt af van de frequentie en de lengte van de golf. De stralingen met een frequentie:

- Hoger dan  $10^{15}$  Hz hebben voldoende energie om de chemische verbindingen te breken en de moleculen te ioniseren. Het zijn ioniserende stralingen: kosmische stralen, gammastralen en X-stralen. In het menselijk lichaam bedraagt de ionisatie-energie van water 12 tot 35 eV (elektron-volt). Opdat een straling die energie zou bevatten moet de frequentie hoger zijn dan  $3 \cdot 10^{15}$  Hz, d.w.z. ongeveer de frequentie van de UV-stralen.



- b. Lager dan  $10^{15}$  Hz hebben niet voldoende energie om de chemische verbindingen te breken. Het zijn niet-ioniserende stralingen: UV-stralen, zichtbaar licht, radiofrequenties en lage en uiterst lage frequenties. De UV-stralen situeren zich aan de grens van de ionisatie.

### Opmerking:

Ook niet-ioniserende stralingen bevatten nog energie: het is deze energie die bijvoorbeeld verantwoordelijk is voor een zonnslag, die het voedsel in de microgolfovens verwarmt ...

Verschillende mechanismen laten toe om stralingen van verschillende frequenties te produceren. Omdat deze begrippen totaal niet binnen het kader van deze module vallen, stellen wij voor om voor meer informatie te klikken op het icoon.

## Velden en golven

In het begin van deze module hebben we het elektrisch veld en het magnetisch veld apart voorgesteld. Daarna hebben we gesproken over het spectrum van de elektromagnetische gevolgen. Waarom?

De wisselende velden zijn op voldoende afstand van de bron golven die zich voortplanten met de snelheid van het licht. Naargelang van de geometrie en de wijze van functioneren produceren de bronnen van deze golven aan hun uitgang een overwegend magnetisch of overwegend elektrisch veld. Alleen een statisch veld kan louter elektrisch of louter magnetisch zijn. Men spreekt dan van het nabije elektrisch of magnetisch veld en er is geen eigenlijke voortplanting.

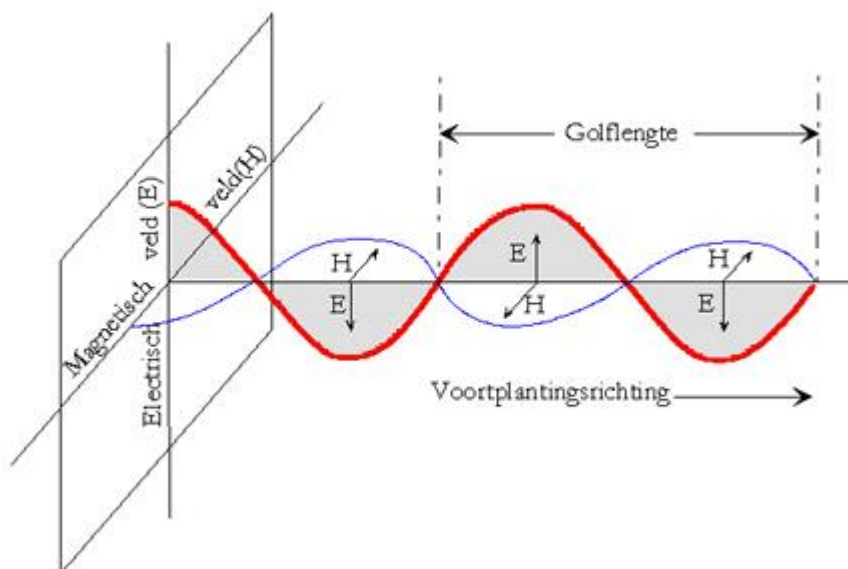
Bij toenemende afstand evolueert dit veld: het complementaire veld zal ontstaan en progressief groeien ten opzichte van het oorspronkelijke veld, zodat op "grote" afstand van de bron (\*) de golf van het elektrisch veld en de golf van het magnetisch veld zich inderdaad loodrecht voortplanten ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de voortplantingsrichting. Men spreekt dan van een verre golf of een ver elektromagnetisch veld.

(\*) De "grote" afstand waarvan hier sprake is, is omgekeerd evenredig met de frequentie van de golf :

Voor de antenne van een gsm komt bij 900 MHz de "lange afstand" overeen met enkele centimeters, terwijl voor een kortegolfradiozender bij 10 MHz de "lange afstand" overeen komt met ongeveer honderd meter.

Bij 50 Hz komt de "lange afstand" overeen met verschillende duizenden kilometers. Aangezien de amplitude van het veld bij dergelijke afstand miniem is, is ze gewoonlijk verwaarloosbaar. In de praktijk kunnen we bij 50 Hz dus gewoonlijk aannemen dat we ons in het "nabije veld" bevinden en kunnen we de elektrische en de magnetische velden afzonderlijk beschouwen.

Alleen een statisch veld kan uitsluitend elektrisch of uitsluitend magnetisch blijven.



**Opmerking:** Op 50 Hz blijven we in het nabije veld. Er is geen eigenlijke voortplanting. We moeten het elektrisch veld en het magnetisch veld dus afzonderlijk beschouwen.

## Quiz

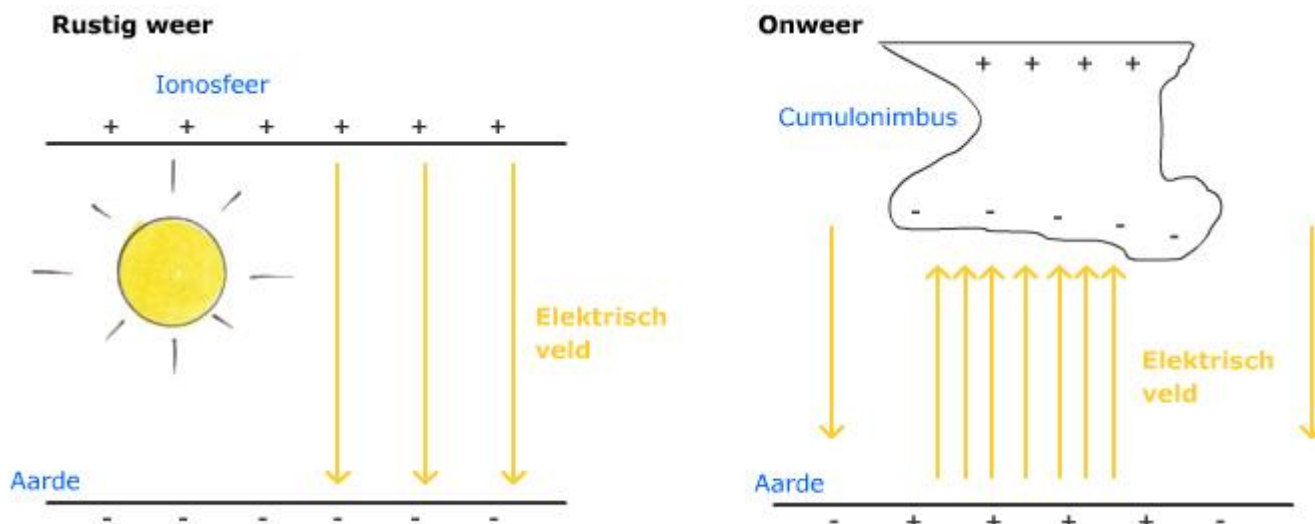
Om aan de quiz deel te nemen, klikt u op het volgende adres :

<http://www.bbemg.be/nl/startpagina-emv/elektriciteit-velden/velden-basisbegrippen.html>



## Bijlagen

### 1. Eigenschappen van het aardelektrisch veld



Onweer wordt heeft te maken met een bepaalde wolk: de cumulonimbus waarvan het bovenste deel zich op ongeveer 12 000 meter boven het aardoppervlak bevindt. De negatieve ladingen worden opgestapeld in het onderste deel van de cumulonimbus, de positieve ladingen zitten in het bovenste deel (\*).

**(\*)** Hoe worden de ladingen tussen de boven- en de onderkant van de wolk gescheiden?

Het antwoord op deze vraag staat nog niet helemaal vast. Sommige onderzoekers menen dat de scheiding van de ladingen het gevolg is van wrijvingen (door de verplaatsing van de lucht binnen de wolk) tussen de waterdruppels en de ijskristallen. Anderen zoeken de verklaring in de overgang tussen de verschillende toestanden van het water (damp, vloeistof, ijs).

De aanwezigheid van de negatieve ladingen onder in de wolken veroorzaakt, door invloed, een opeenstapeling van positieve ladingen op de grond. Tussen de onderkant van de onweerswolk en de grond wordt het elektrisch veld omgekeerd en intenser.

Het verschijnsel van de bliksem wordt bevorderd door het zeer sterke elektrisch veld. Dit verschijnsel verloopt in 3 etappes: (1) vorming van een geïoniseerd kanaal door een neerwaartse ontlading (kleine ontladingen die dalen in opeenvolgende sprongen van een tiental meter) vanaf de onderkant van de wolk, (2) als deze ontlading de positieve ladingen dicht genoeg genaderd is, ontwikkelt zich een opwaartse ontlading, (3) de twee ontladingen komen samen en creëren een geleidend kanaal tussen de aarde en de wolk. Door het kanaal loopt een elektrische stroom die de hoofdontlading voortbrengt: de bliksemslag.

## 2. Oorsprong van de elektromagnetische golven

Een elektromagnetische straling kan worden geproduceerd door verschillende mechanismen:

- Een eerste mechanisme impliceert de overgang van elektronen van een bepaalde energietoestand naar een lagere energietoestand. Het energieverschil wordt omgezet in lichtenergie. Deze overgangen kunnen zich voordoen binnen atomen, moleculen of vaste stoffen.
- In een fluorescentielamp bijvoorbeeld wordt het licht geproduceerd door elektronenovergangen binnen de atomen van het gas in de lamp (in werkelijkheid wordt het aanvankelijk geproduceerd in de vorm van UV en vervolgens zichtbaar gemaakt door het fosforescerende materiaal van de lamp). In een elektroluminescentiediode met halfgeleider (LED-diode) wordt het licht geproduceerd door overgangen tussen de elektronenstaten van het halfgeleidende materiaal (vooral tussen de geleidings- en de valentiebanden).
- Een tweede mechanisme is de versnelling (of vertraging) van geladen deeltjes. Dit mechanisme ligt aan de basis van de werking van een radio- of wifi-zender: door de antenne loopt een stroom die varieert in de tijd, wat erop neerkomt dat een in de tijd variabele versnelling wordt opgelegd aan de ladingen die deze stroom transporteren.
- Ten slotte kunnen elektromagnetische golven met zeer hoge energie (waaronder de gammastraling) worden geproduceerd door energieovergangen binnen de kernen, door interacties tussen subatomische deeltjes of door de annihilatie tussen de materie en de antimaterie. Dergelijke golven zien we in botsingsringen met hoge energie (bijvoorbeeld in het CERN in Genève), in de zon of in de verre ruimte.