

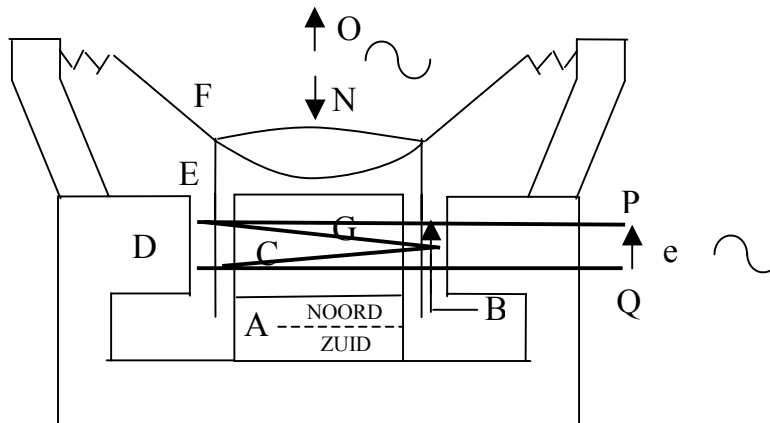
## Hoofdstuk 5: Elektro-akoestische omzeters

In dit korte hoofdstuk is het enkel de bedoeling enkele elektro-akoestische basisprincipes aan bod te laten komen. Voor een vollediger uitwerking in verband met de natuur en de basiseigenschappen van “geluid”, verwijzen we naar de cursus fysica.

Met elektro-akoestische omzeters bedoelen we microfoons en luidsprekers. Een microfoon zet een akoestisch signaal om in een elektrisch signaal en een luidspreker zet een elektrisch signaal om in een akoestisch signaal (geluidssignaal).

### 1: Elektrodynamische omzeters

Beschouw de magnetische keten uit onderstaande Figuur 5.1. Een krachtige magneet A veroorzaakt een sterk radiaal magnetisch veld in de smalle cilindrische luchtspleet B tussen de cilindrische poolkern C en het daar rond nauw aansluitende bovenstuk D.



Figuur 5.1: Elektrodynamische omzetter

In de voornoemde luchtspleet B schuift men een dunwandig cilindertje E. Dit cilindertje E is mechanisch verbonden met een voldoende stijf membraan F. Dit membraan F is de zogenaamde “conus” van een luidspreker. Dit cilindertje E is bewikkeld met een dunne draadwikkeling G. Die wikkeling G is de zogenaamde “sprekspoel”.

Het is precies die eenvoudige opstelling (een spoeltje die in een sterk magnetisch veld geplaatst is) die werkt als microfoon en als luidspreker.

#### 1.1: Werking als microfoon

In een geleider met lengte  $l$ , die men in een magnetisch veld met inductie  $B$  beweegt met snelheid  $v$ , wordt een elektrische spanning met ogenblikkelijke waarde  $e = - B l v$  geïnduceerd. Dit alles wel in de veronderstelling dat de snelheid  $v$  zo gericht is dat de magnetische veldlijnen loodrecht gesneden worden.

Ten gevolge van de geluidsgolven bewegen de conus F, het cilindertje E en de spreekspoel G. Zo gebeurt het dat ook het spreekspoeltje G zich neerwaarts beweegt (bewegingszin N) met een snelheid  $v$ . Dit induceert in het spreekspoeltje een spanning  $e = - B l v$  tussen de klemmen P en Q (P wordt bijvoorbeeld negatief t.o.v. Q).

Beweegt het spreekspoeltje zich opwaarts (bewegingszin O), dan ontstaat er even goed een spanning tussen de klemmen P en Q (P wordt bijvoorbeeld positief t.o.v. Q).

Het door de microfoon opgevangen geluid (dus de luchttrillingen) worden direct doorgegeven aan het membraan F. Net zoals het trommelvlies in onze oren zullen het membraan en de conus heen en weer trillen (afwisselend bewegingszin O en N) met dezelfde frequentie  $f$  als van het opgevangen geluid. Dit trillen gebeurt bovendien met een amplitude die evenredig is met de amplitude van de geluidsgolf.

Indien nu de conus en de spreekspoel voortdurend op en neer bewegen (= trillen) met een frequentie  $f$ , dan zal er tussen de klemmen P en Q een AC-spanning ontstaan met dezelfde frequentie  $f$ .

Inderdaad, door de inductie  $B$  rondom de bewegende spreekspoel G, ontstaat er tussen de klemmen P en Q een AC-spanning die een perfect elektrisch analogon is van de opgevangen luchttrillingen. Daar de inductie  $B$  en de lengte  $l$  constanten zijn, is de opgewekte spanning  $e$  op elk ogenblik evenredig met de snelheid  $v$  van het membraan.

De AC-spanning  $e$  heeft dezelfde frequentie als het opgevangen geluid en haar amplitude is evenredig met deze van het geluid.

De opstelling werkt bijgevolg als microfoon, het zet dus een akoestisch signaal om in een analoge AC-spanning  $e$ .

### 1.2: Werking als luidspreker

De opstelling van Figuur 5.1 kan niet enkel werken als microfoon, maar ook als weergever t.t.z. als luidspreker of hoofdtelefoon.

Stuurt men een stroom  $i$  door een geleider met lengte  $l$  die zich in een magnetisch veld met inductie  $B$  bevindt, dan ontstaat er op die geleider een kracht  $F = B i l$ . De kracht  $F$  staat loodrecht op het vlak waarin de magnetische veldlijnen en de geleider liggen.

Indien we tussen de klemmen P en Q een positieve spanning  $e$  plaatsen (klem P positief t.o.v. de klem Q), dan loopt er een positieve stroom  $i$  van P naar Q. Die stroom vloeit door de wikkeling G waardoor er een kracht  $F$  op uitgeoefend wordt die de wikkeling G opwaarts doet bewegen (bewegingszin O). Dit betekent dat ook de conus opwaarts beweegt.

Een negatieve  $e$  (klem P negatief t.o.v. klem Q) veroorzaakt een negatieve stroom  $i$  door de wikkeling G wat resulteert in een neerwaartse kracht (bewegingszin N) op de wikkeling en de conus.

Verbinden we nu een AC-spanningsbron met de klemmen P en Q (we veroorzaken een sinusoïdale  $e$  tussen P en Q), dan wordt de stroom door de spreekspoel afwisselend positief en negatief. Dit betekent dat de conus afwisselend opwaarts en neerwaarts geduwd wordt. Het is bijgevolg duidelijk dat de conus en ook de omgevende lucht zullen meetrillen met dezelfde frequentie (= toonhoogte) als de aangelegde AC-spanning. Bovendien zal de sterkte van de mechanische trilling evenredig zijn met de amplitude van de aangelegde spanning  $e$ .

Dit betekent dat de opstelling werkt als luidspreker. Een elektrische wisselspanning  $e$  wordt omgezet in het overeenstemmende akoestisch signaal.

### 1.3: Opmerkingen en vragen

Verbinden we twee identieke “luidsprekertjes” elektrisch met elkaar en spreken we in de ene, dan wordt onze stem (weliswaar fors verzwakt maar toch duidelijk verstaanbaar) weergegeven door de andere luidspreker. Verklaar dit.

Die opstelling met twee luidsprekertjes is het basisprincipe van de telefonie. Merk wel op dat voldoende gevoelige luidsprekertjes vereist zijn.

Welk effect heeft het tussenschakelen van een versterker? Formuleer bondig maar ondubbelzinnig wat een versterker precies doet. Versterkers worden opgebouwd uit transistoren, deze worden verderop in deze cursus behandeld.

### 2: Andere types elektro-akoestische omzeters

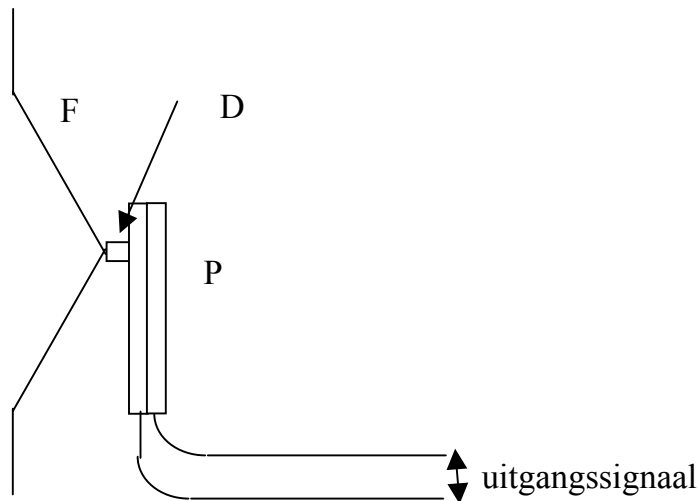
We hebben zonet uitgelegd dat een microfoon en een luidspreker gebouwd kunnen worden steunend op een elektrodynamisch werkingsprincipe. Welnu, niet elke microfoon of luidspreker werkt volgens het elektrodynamische principe.

Zo zijn er in de handel ook condensatormicrofoons (capacitieve omzeters) te koop. Naast de condensatormicrofoon bestaat er ook een elektrostatische luidspreker die eveneens een capacitieve omzetter is. We gaan hier echter niet verder in op het werkingsprincipe. Meer informatie in verband met de bouw en de werking van microfoons en luidsprekers vindt u onder meer in ‘The electronics handbook’ van J. C. Whitaker.

Een derde type elektro-akoestische omzeters steunt op het piëzo-elektrische effect. Meer specifiek bedoelen we piëzo-elektrische microfoons (kristalmicrofoon) en piëzo-elektrische luidsprekers (kristalluidspreker).

## 2.1: De kristalmicrofoon

De interne bouw van een kristalmicrofoon is weergegeven in de onderstaande Figuur 5.2.



Figuur 5.2: De kristalmicrofoon

Ten gevolge van de geluidsgolven beweegt de conus F. Via de drijfpin D zorgt dit voor een vervorming van het piëzo-elektrisch kristal P. Deze vervorming veroorzaakt een elektrisch uitgangssignaal (spanning). Deze gegenereerde spanning is evenredig met de grootte van de mechanische vervorming van het kristal. Op die manier is de gegenereerde spanning een goede voorstelling van het geluid welke op de conus F invalt.

Een dergelijke kristalmicrofoon is bijgevolg een spanningsbron. Wel heeft deze microfoon een hogere uitgangsimpedantie dan de eerder besproken elektrodynamische microfoon.

## 3: Schematische voorstelling

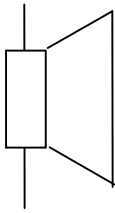
In een schema wordt een elektrodynamische microfoon voorgesteld zoals weergegeven in Figuur 5.3.



Figuur 5.3: Schematische voorstelling elektrodynamische microfoon

In een schema wordt een elektrodynamische luidspreker voorgesteld zoals weergegeven in Figuur 5.4.





Figuur 5.4: Schematische voorstelling elektrodynamische luidspreker

In een schema wordt een kristalmicrofoon voorgesteld zoals weergegeven in Figuur 5.5.



Figuur 5.5: Schematisch voorstelling kristalmicrofoon