

INSTITUUT VOOR FONETISCHE WETENSCHAPPEN  
UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM



DE KLINKER-SIRENE

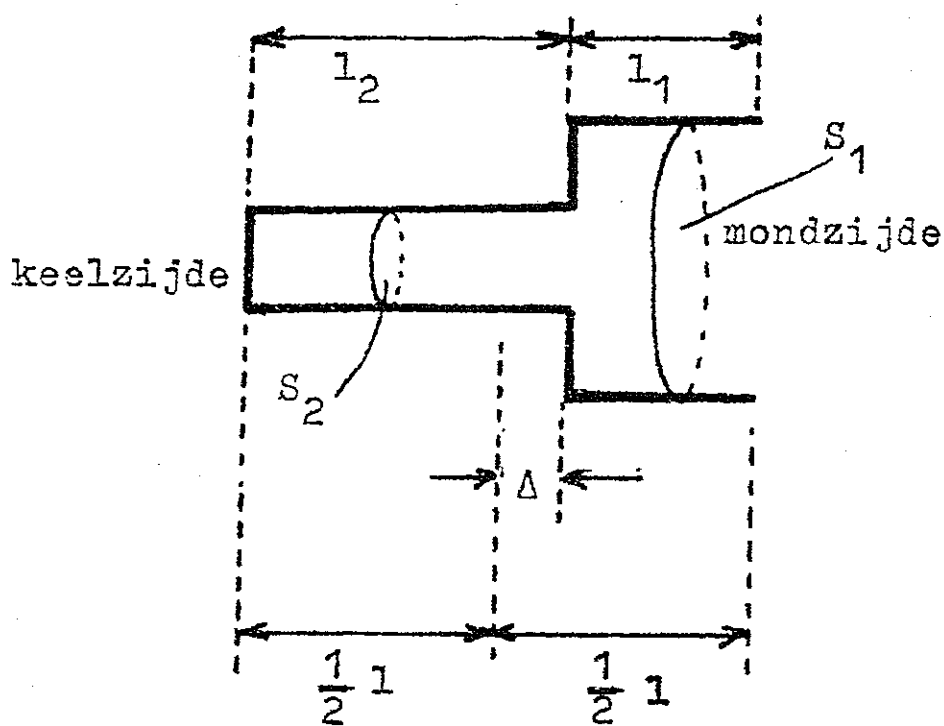
- AMSTERDAM - 1967 - PUBLICATIE No. 9-

## DE KLINKER - SIRENE

### 1. Inleiding

De klinker-sirene is een kunstmatige larynx, die luchtproppen levert voor het aanstoten van mechanische modellen van de menselijke spraakbuis.

Deze modellen zijn in de eerste plaats de tweeling-buizen, waarvan de algemene gedaante is weergegeven in figuur 1.



$$l_2 = \frac{1}{2} l + \Delta$$

$$l_1 = \frac{1}{2} l - \Delta$$

Figuur 1  
De tweeling-buis  
(Geminus-model)

De formanten formule van het Gemini-model<sup>1)</sup> zoals die in de literatuur te vinden is luidt<sup>2)3)</sup>:

$$\tan \frac{\omega l_1}{c} \quad \tan \frac{\omega l_2}{c} = \frac{s_1}{s_2} \quad 1)$$

noemen wij  $\frac{s_1}{s_2} = k$  2)

en voeren wij, zoals in fig. 1 is aangegeven, als nieuwe variabele de excentriciteit  $\Delta$  in, dan krijgen wij, na enig uitwerken:

$$\cos \frac{\omega l}{c} = \frac{1-k}{1+k} \cos \frac{2\omega\Delta}{c} \quad 3)$$

Door het stellen van  $\beta = \frac{\Delta}{\frac{1}{2}l}$  4)

kan 3) ook als volgt worden geschreven:

$$\cos \frac{\omega l}{c} = \frac{1-k}{1+k} \cos \beta \frac{\omega l}{c} \quad 5)$$

- 1) de benaming Gemini-model is van het IFA afkomstig.
- 2) G. Fant, Acoustic theory of speech production, 1961.
- 3) J.L. Flanagan: Speech analysis, Synthesis and perception, 1965.

Men kan, naar smaak, formule 3) of formule 5) gebruiken.

Elk stel waarden van  $l$ ,  $k$  en  $\beta$  dat men invult in 5) levert een serie formanten op, nl  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  enz, waarvan men zoals gewoonlijk, slechts  $F_1$  en  $F_2$  in beschouwing neemt.

Kiezen wij bijv:

$$l = 17,5 \text{ cm}, \quad k = 8 \quad \text{en} \quad \beta = 0 \quad 6)$$

dan krijgen wij de  $[a]$  van een bepaalde spreker.

Nemen wij bijv:

$$l = 17,5 \text{ cm}, \quad k = 1 \quad 7)$$

dan krijgen wij de bijpassende  $[e]$  van diezelfde spreker, enz. enz.

Nu is het Gemini-model in figuur 1 eigenlijk slechts een mathematisch model op papier.

Het is interessant en verleidelijk dit model te materialiseren door middel van twee harde buizen en het tot klinken te brengen.

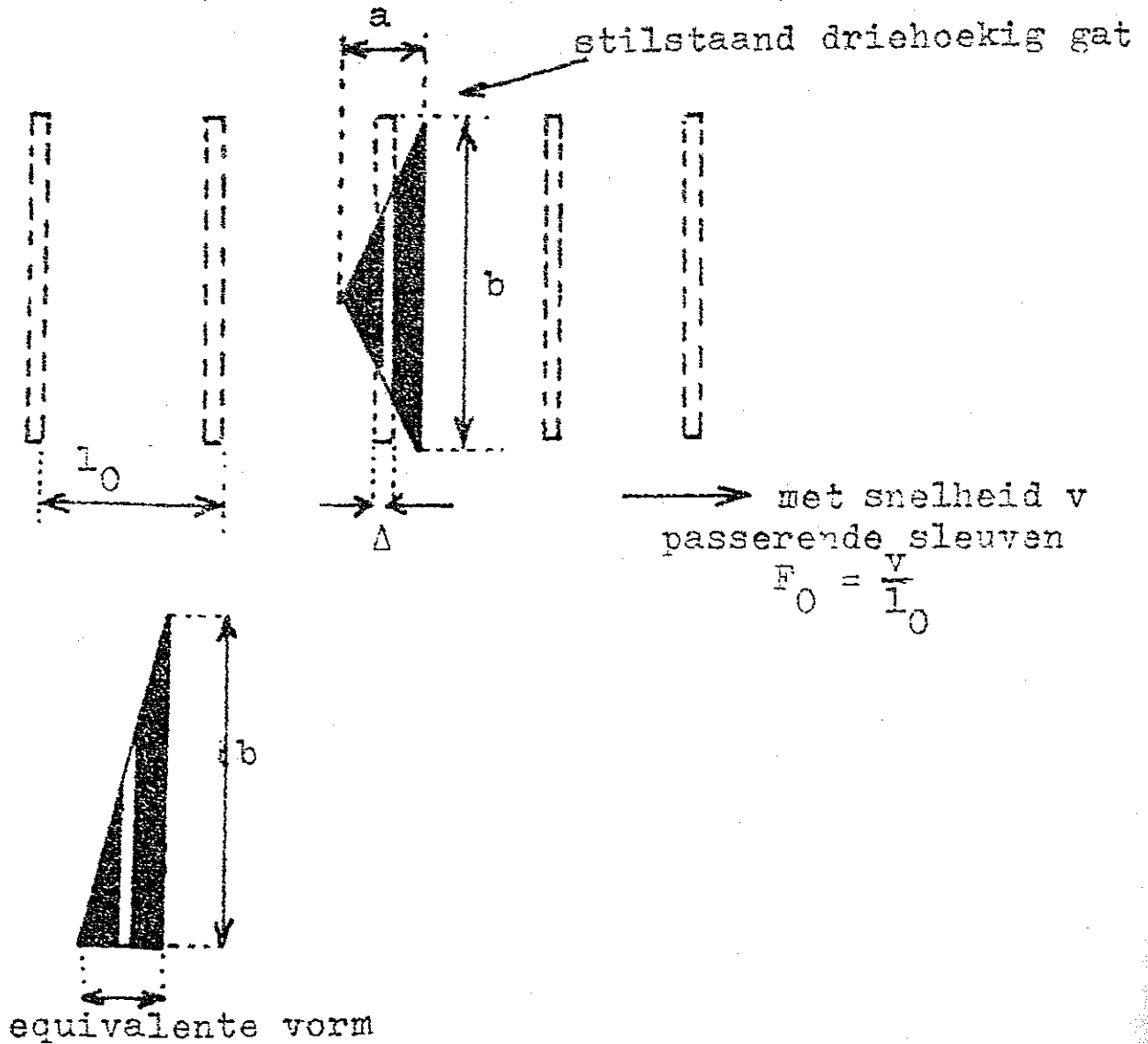
Het moet dan worden aangestoten op analoge wijze als de echte larynx dat doet. Dientengevolge moet die kunstmatige larynx aan de volgende voorwaarden voldoen:

- 1) Zij moet een harde afsluiting vormen op de ogenblikken dat geen lucht wordt doorgelaten.
- 2) Zij moet voor het imiteren van een mannelijk stemgeluid ca 120 luchtpropfen per seconde leveren.
- 3) De luchtpropfen dienen een geleidelijk begin doch een abrupt einde te hebben. Het is bekend, dat slechts dit abrupte einde in de spraakbuis sterke gedempte trillingen veroorzaakt.

## 2. Praktische uitvoering.

Als meest aantrekkelijke uitvoering werd het principe van de akoestische sirene gekozen. Hierbij wordt perslucht toegevoerd en door middel van een roterende gaatjesschijf, beter nog door een roterende cilinder met sleuven, in mootjes gehakt.

Uitgeslagen ziet de cilindervormige constructie er uit zoals in figuur 2 is aan gegeven.



Figuur 2

Akoestische sirene met uitgeslagen cilinder. De vaste opening heeft de vorm van een gelijkbenige driehoek. Deze vorm is equivalent met die van de naastgetekende rechthoekige driehoek.

Als eerste probeersel werd voor het stationaire gat een driehoek gekozen met de bedoeling, dat de roterende spleetvormige opening geleidelijk zou aangroeien en aan het einde van de luchtprop zo snel mogelijk tot nul teruggebracht zou worden.

In figuur 3 is aangegeven hoe de oppervlakte van het roterende (spleetvormige) gat samen hangt met de verplaatsing  $x$  van de spleet.

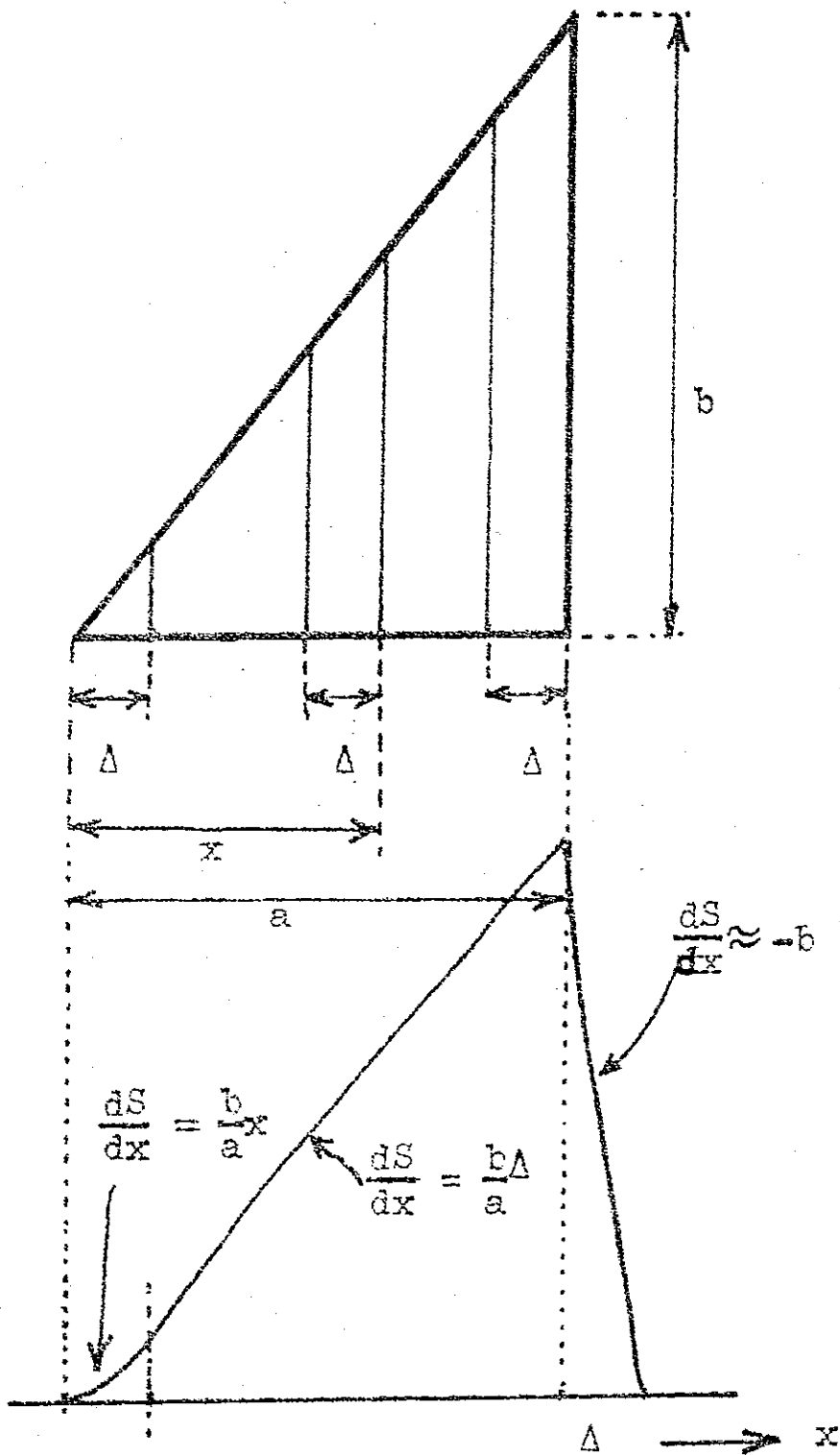
Dit gat neemt eerst kwadratisch met  $x$  toe ( $S_1$ ), daarna lineair ( $S_2$ ) om ten slotte volgens een 2<sup>e</sup> graadscurve snel naar nul te zakken gedurende de kleine verplaatsing  $\Delta(S_3)$ .

De helling van de steile achterflank bedraagt praktisch  $-b$ , dwz. is onafhankelijk van de breedte van de nauwe spleet  $\Delta$ .

De helling van de achterflank bepaalt de sterkte-verhouding tussen  $F_1$  en  $F_2$ .

Bij een te grote helling wordt  $F_2$  relatief te sterk te sterk in vergelijking met  $F_1$ .

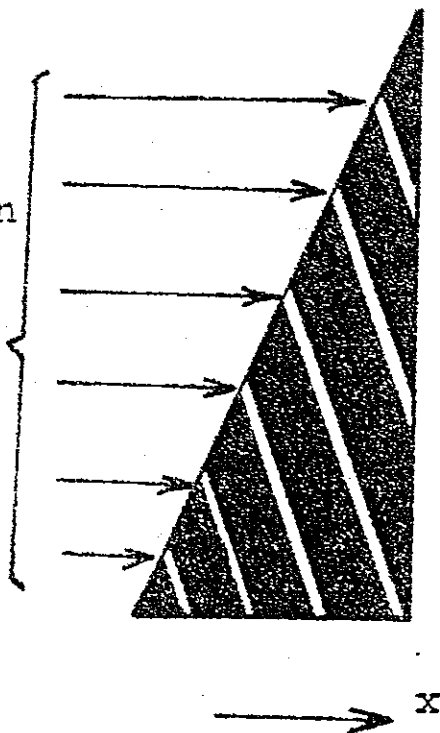
Met deze vorm van stationair gat kan de sterkte van de  $F_2$  alleen worden geregeld door de spleten iets scheef te zetten, zie figuur 4.



Figuur 3  
 De oppervlakte van de roterende spleet  
 als functie van de stand.



achtereen-  
volgende standen  
van dezelfde  
spleet.



Figuur 4  
Scheve spleten ter regeling  
van de steilheid van de  
achterflank (overdreven getekend!)

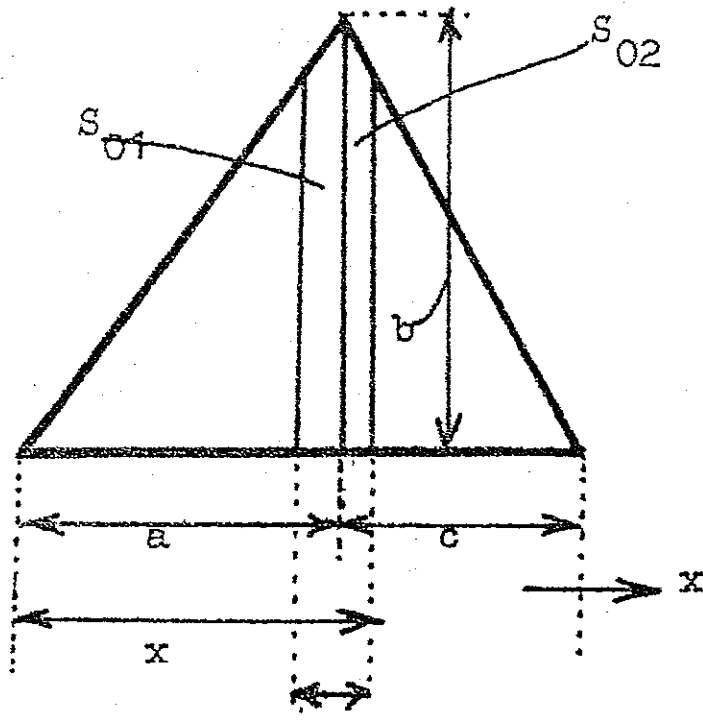
Een andere mogelijkheid is het stationaire gat een andere vorm te geven, bijv. die van een vierhoek.

Ook dan kan de steilheid van de achterflank worden gevarieerd, zie figuur 5, en wel door het op de juiste wijze kiezen van de afmeting c.

De berekening van de vierhoek valt uiteen in die van twee driehoeken zolang de spleet geheel aan de linker zijde, of geheel aan de rechter zijde van de middelloodlijn blijft.

Slechts het overgangsgebied vormt nu een nieuw geval, dat apart moet worden uitgerekend.

Dit kan geschieden aan de hand van figuur 5.



Figuur 5

De berekening van de spleet-oppervlakte bij een vierhoekig stationair gat in de omgeving van de middelloodlijn. (Hier is een equivalente driehoek getekend!)

In het overgangs gebied (middelloodlijn valt binnen de spleet) geldt:

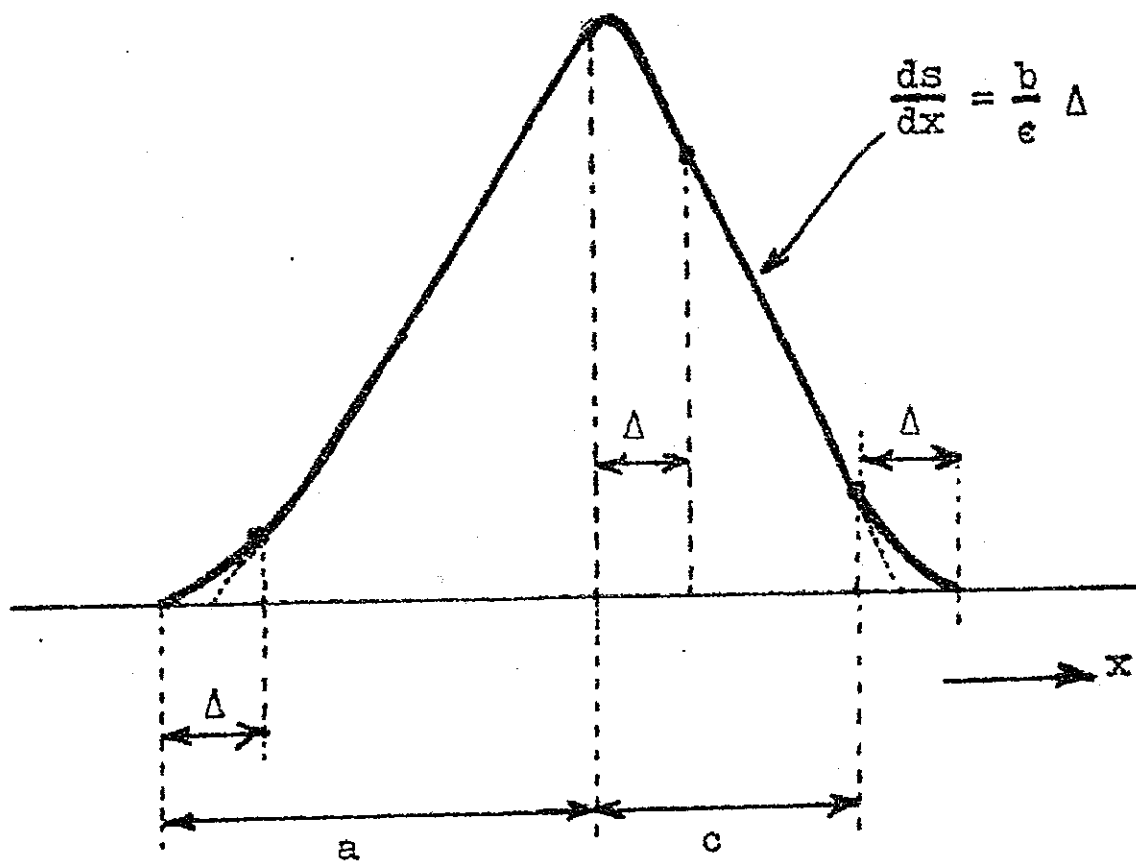
$$S(x) = \frac{1}{2} \frac{b}{a} [a^2 - (x-\Delta)^2] + \frac{1}{2} \frac{b}{c} [c^2 - (a+c-x)^2]$$

terwijl

$$\frac{dS(x)}{dx} = -\frac{b}{a} (x-\Delta) + \frac{b}{c} (a+c-x)$$

|                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $x = a$                              | $\frac{dS}{dx} = \frac{b\Delta}{a}$  |
| $x = \frac{a^2 + ac + c\Delta}{c+a}$ | $\frac{dS}{dx} = 0$                  |
| $x = a+\Delta$                       | $\frac{dS}{dx} = -\frac{b\Delta}{c}$ |

TABEL



Figuur 6  
 Het verloop van de spleet-oppervlakte  
 bij vierhoekig stationair gat.

Tenslotte geeft figuur 6 de gedaante van de openings-curve. De achterflank is regelbaar ten opzichte van de voorflank door variatie van  $c$ .

Afhankelijk van de resultaten van de experimenten met de klinker-sirene kan de constructie daarvan nog nader worden aangepast aan de omstandigheden.