

DEEL 3 :

Intermodulatie bij Gitaarversterkers

MAES Frank

Frank.maes6@telenet.be

0476501034

Inleiding

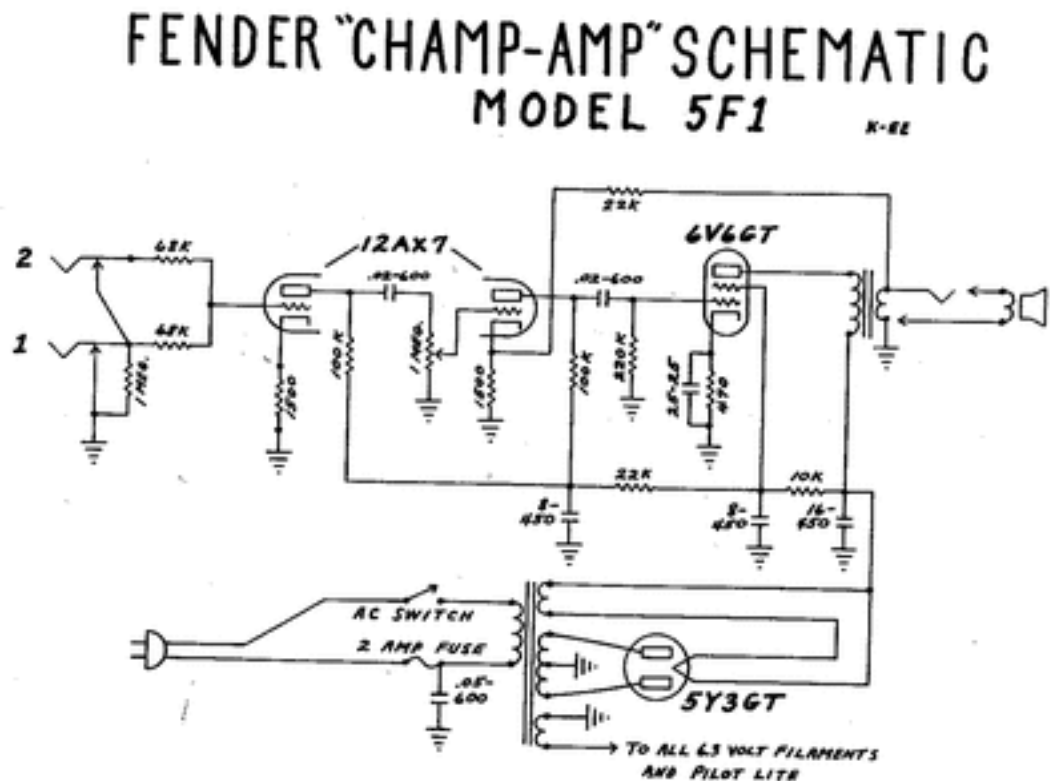
- In deze presentatie ga ik proberen uit te leggen hoe we aan **de verschillende klanken** kunnen komen in één versterker. Hoe het komt dat we door de soms “nagestreefde” harmonische vervorming het “**TIMBRE**” van ons geluid van onze gitaar kunnen wijzigen door het gebruik van een **gitaarversterker**.
- Het verschil tussen **transistoren** en **buizen** ?
- Iedereen weet dat een **Buizen versterker** anders klinkt dan een **versterker met transistoren**, dus men is verplicht in deze presentatie ook het verschil in opbouw van vervorming bij beide versterkers uit te leggen

Versterker

- Aangezien wij nood hebben aan die **hogere harmonischen** die uit onze gitaar komen, zullen we proberen ervoor te zorgen dat onze versterker zelf **ook extra “meng producten” aanmaakt door zijn constructie.**
- Die “**constructie**” wil zeggen dat de **versterker niet “ultra lineair”** mag zijn, zoals een **Hi-Fi versterker**, en dat was iets waarmee ze vroeger zeker geen probleem mee hadden tijdens de opbouw van een versterker, daar de opkomst van de **buizen, transfo's** en andere onderdelen nog maar in zijn beginstadium was. Tegenwoordig bestaan er zoveel kwaliteitsmaterialen dat het eigenlijk nog moeilijk word om een versterker te ontwerpen die de juiste vervorming (IM2) mag en kan maken. Vandaar dat je met **één Buizenversterker** nog altijd gemakkelijker die **warne klank** kan bekomen, dan met één **transistorversterker**, zonder de noodzaak aan **veel onderdelen.**

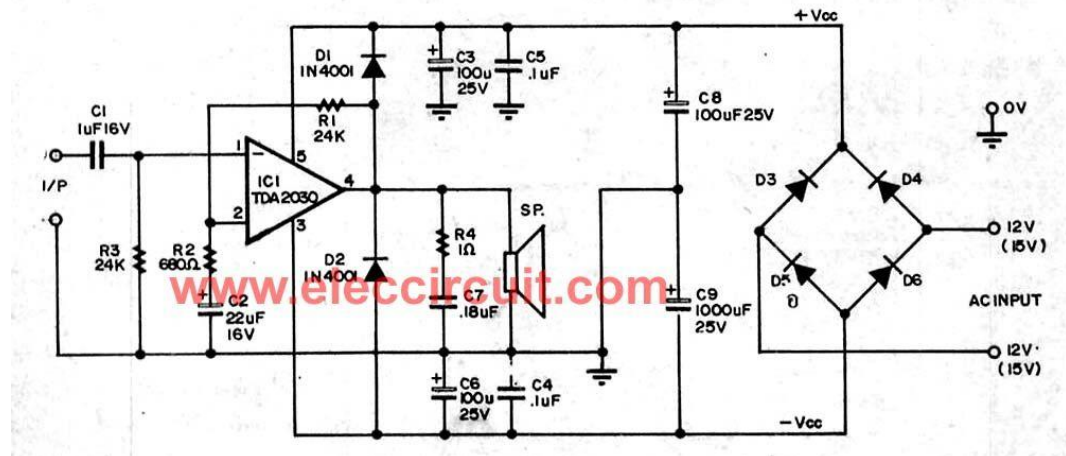
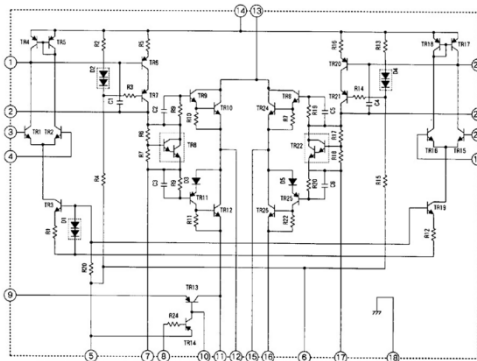
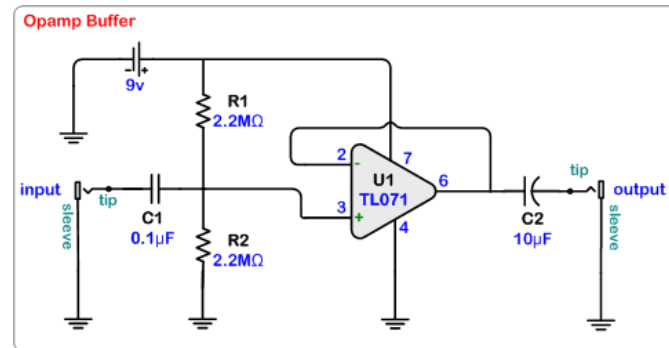
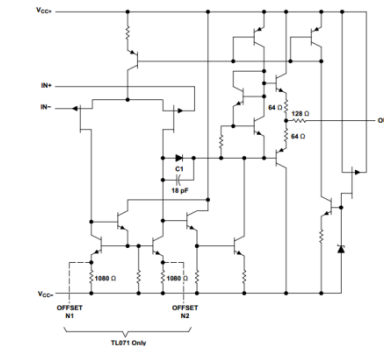
Schema oude Fender 5F1

- Hier een voorbeeld van een **eenvoudig schema** van een **gekende buizen versterker** met een mooie klank. Een **eenvoudige voeding** met één **buizen gelijkrichter 5Y3**, één **voorversterker** met één **12AX7** en één eindlamp **6V6GT**, om ons 6 Watt RMS te geven met een warme sound.



Moderne eindversterker met IC 's

- Het schema is uiterlijk **ook wel eenvoudig**, maar alle elektronica zit in die **TDA2030A** verwerkt als eindversterker en in die **TL071** hier als gitaarbuffer geschakeld.



Keuze uit Buizen of transistoren

- Om deze keuze te kunnen doen gaan we eerst eens een vergelijking proberen op te stellen tussen één **Buizen-versterker** en één **Transistor-versterker**.
- Tegenwoordig **kost** één **Buizenversterker** veel meer, zelfs tot één **factor * 10** meer dan voor een **Transistorenversterker**, en er zijn nog weinig fabricaten die nieuwe buizen fabriceren, waardoor de keuze van de buizen ook beperkt is.

Transistoren

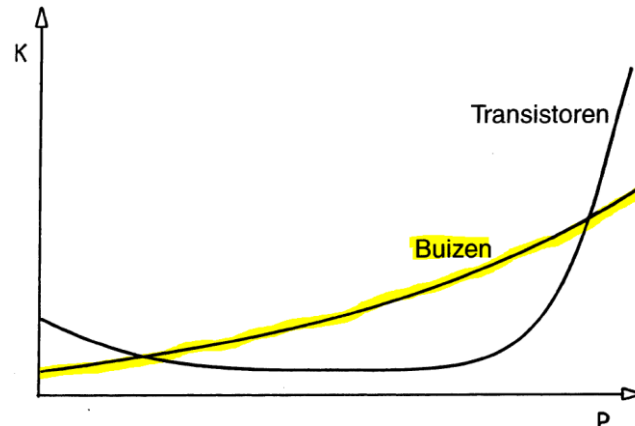
- Kostprijs laag
- Gewicht laag
- Laag verbruik, hoog rendement
- Niet defect bij onderbreking speaker
- Defect bij kortsluiting op speaker
- Moeten niet afkoelen voor transport
- **Geen uitgangstransfo** nodig
- **Bij vol vermogen < 1% vervorming**
- **Vervorming > 1% bij lage vermogens**
- **Zeer sterke tegenkoppeling nodig, hierdoor weinig versterking, waardoor je 10 tallen transistoren nodig hebt voor een versterker te bouwen.**
- **Ander vervormingsgedrag dan bij buizen**

Buizen

- Kostprijs tot 10 keer hoger
- Veel zwaarder
- Hoog verbruik, laag rendement
- Defect bij onderbreken speaker
- Kan korte kortsluiting op speaker aan
- Eerst afkoelen voor transport
- **Uitgangstransfo nodig** die ook tijdens hoog uitgangsvermogen voor een bepaalde vervorming kan zorgen. Daarnaast zorgt de transfo voor extra hamonische vervorming op de lage tonen rond de 100 Hz, welke op hun beurt ook boventonen maken,...
- **Bij vol vermogen > 10% vervorming**
- **Vervorming < 1% bij lage vermogens**
- **Zeer weinig tegenkoppeling nodig, is veel versterking, met gevolg dat je met 3 buizen een versterker kan maken**
- **Ander vervormingsgedrag dan bij transistoren.**

Besluit : er is een verschil in geluidswaergave tussen transistoren en buizen, vandaar het anders “klinken” van de versterker !

Vervormingsgedrag Buis /Transistor

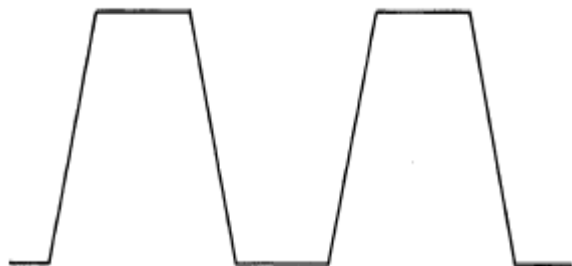


Transistor

- Bij laag vermogen P : méér vervorming K dan bij buis
- Bij gemiddeld vermogen P : de minste vervorming en dus een “magere gitaarklank”
- Bij het bereiken van de “grens” van max. P : is K zeer groot, (harde aanslag snaar zal een kort “ruw geluid” geven)

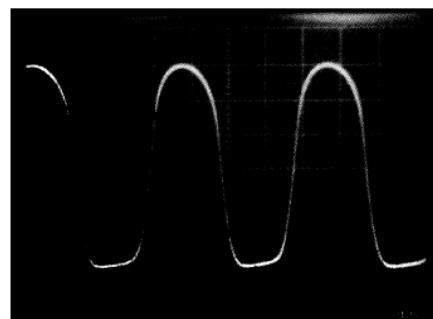
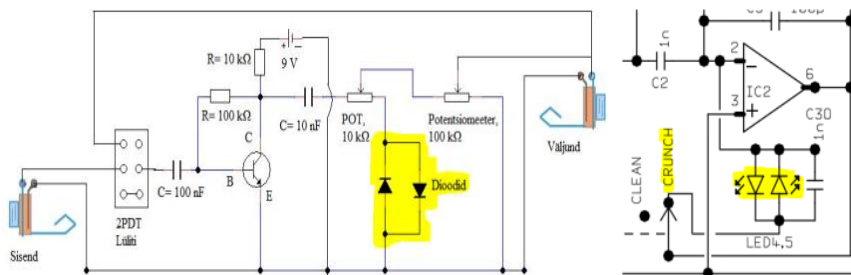
BUIS

- Bij laag vermogen P : weinig vervorming K dan bij transistor
- Bij gemiddeld vermogen P : de meeste vervorming
- De vervorming K stijgt geleidelijk tot aan het max. P (harde aanslag snaar zal toon lang een volle klank aanhouden)



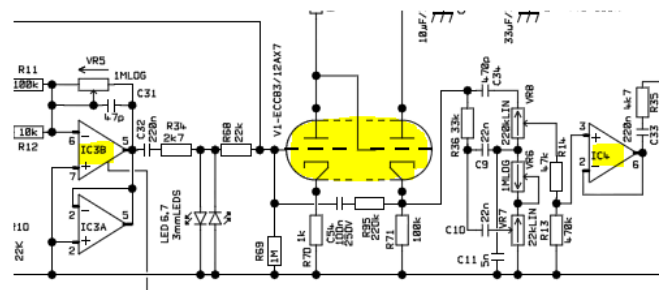
Transistor Voorversterker

- Hier het overstuurde signaal van een transistor voorversterker.
- Ten gevolge van de “aftopping” ontstaan er heel veel boven-harmonischen van de “derde orde” IM3 welke “hard en ruw” klinken
- Word soms extreem opgewekt door 2 diodes anti-parallel te plaatsen over het signaal



Buizen Voorversterker

- Hier de typisch, vloeiend amplitude vervorming van een triode (12AX7) tijdens de oversturing.
- Ten gevolgen van de lichte vervorming van het signaal ontstaan er veel boven-harmonischen van de “tweede orde IM2” welke voor een “warme & zachte klank” zorgen.
- Vandaar soms één Triode 12AX7 voorverst. in een transistor verst. bv. **Marshall 8080**



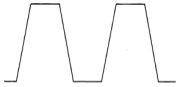
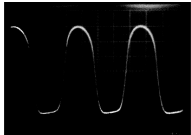
Hifi transistor-versterker

- Wanneer we beschikken over een zeer goede **HIFI versterker**, de ideale versterker gaan we maar zeggen, dan zal er na versterking dezelfde toon van **440 Hz** te horen zijn, als die, die uit de gitaar komt.
- Een **HiFi versterker** klinkt dus niet, hij kan dus **geen dienst** doen als gitaarversterker ! Doe de test, en je gaat je oren niet geloven.
- Uit een **HiFi versterker** komt **dezelfde klank** als de klank op de ingang van de versterker
- Een **HiFi versterker** kan **wel als PA versterker** gebruikt worden. **De gitaarversterker maakt de klank**, en dan zal men **via een externe micro die klank** versterken via de PA installatie zonder die klank nog te extra te bewerken
- **Een “gitaarversterker” is dus ook een soort “Muziek-instrument” met een “eigen klank en sound”**

Gitaar Versterker en Intermodulatie

- Om de “**eigen sound**” van een “**gitaarversterker**” goed te kunnen verklaren, kan ik niet verder dan eerst 2 moeilijke begrippen die ontstaan uit het “**slechte gedrag**” van een **gitaarversterker** : nl.: **IM2 en IM3** uit te leggen. Doe een poging om deze twee nieuwe termen te begrijpen, want die bepalen de “**Sound**” van je versterker !
- Omdat een **HiFi versterker in principe zelf GEEN vervorming** maakt (**dus ook geen IM2 & IM3**) , klinkt hij voor ons niet goed om één gitaar te gaan versterken.
- Een **gitaarversterker** is zo opgebouwd dat hij één **toelaatbare – gecontroleerde - vervorming moet opweken**.
- De klank die uit de gitaar komt, bestaat hier in ons vb. uit **400Hz** en een reeks **boven-harmonischen van die 440 Hz**.
- Onze **Gitaarversterker** zal door zijn “**niet liniaar gedrag**” een reeks **2° orde intermodulatie producten of IM2** en een reeks **intermodulatie producten of IM3** afleveren.

IM2 & IM3

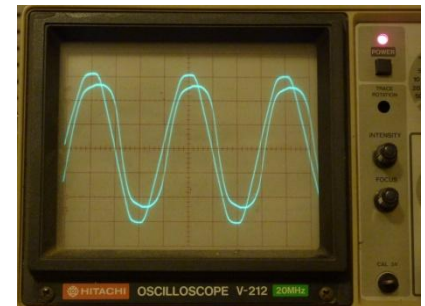
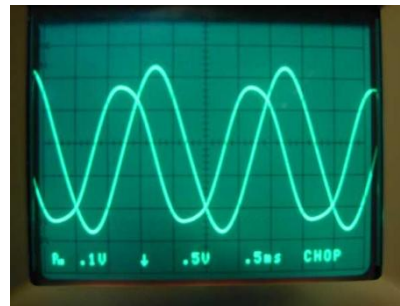
- Voor o.a. **Blues** hebben we zoveel mogelijk **IM2 nodig**, terwijl we voor het harde werk meer **IM3** nodig hebben.
-  Dergelijke vorm van vervorming zorgt voor **IM3**, en komen we vooral zeer sterk tegen bij o.a. **transistor** versterkers.
 Dergelijke vervorming kan men ook bekomen door het signaal te begrenzen met bv. 2 diodes
-  Deze vervorming van het signaal zorgt voor **IM2**, en komen vooral zeer sterk tegen bij o.a. **buizen** versterkers.
Ook de uitgangstransfo van een buizenversterker gaat een dergelijk gedrag vertonen en dus zal er in de **uitgangstransfo** ook **IM2** ontstaan.

IM2

- Om de uitleg te maken ga ik veronderstellen dat we **2 snaren (F1 en F2) op hetzelfde moment** aanslaan, met een toon van:
 - **F1 = (A2) = 110 Hz**
 - **F2 = (D3) = 147 Hz**
- **IM2 of intermodulatie van de 2° orde kunnen we berekenen door :**
 - **F1 + F2 = 257 Hz**
 - **F2 – F1 = 37 Hz**
- Daarnaast hebben we ook nog **2 speciale IM2 dragers**, maar die zitten **6 dB lager** in niveau, en zijn dus minder goed hoorbaar:
 - **F1 + F1 of 2 * F1 = 220 Hz = Harmonische frequentie F1**
 - **F2 + F2 of 2 * F2 = 294 Hz = Harmonische frequentie F2**
- We zien dus dat we uit **110Hz** en **147Hz**, **boventonen** kunnen maken op **257Hz, 220Hz en 294 Hz**, en **ondertonen** op **37 Hz die een IM2 gedrag vertonen**
- Maar als we **1 snaar** aan slaan, heeft deze buiten haar **grondtoon F** ook nog een pak **harmonische klanken uit de gitaar** die op hun beurt hier ook voor **boven & onder-tonen** zorgen, deze hangen af van **de gebruikte snaar**, en van de **kwaliteit** van die gebruikte **gitaar**, ...

IM2

- We kunnen aantonen dat de IM2 dragers die ontstaan meestal beneden de 800Hz zitten bij een gitaarspel.
- Een deel van de ontstane IM2 dragers zal ook lager zitten dan de grondtoon van de snaar.
- Hierdoor zijn **IM2** dragers de oorzaak van één “**warme zachte klank**”, waardoor de **Bluesmuzikant** één versterker wil die zoveel mogelijk **IM2 vervorming** aanmaakt !
- **IM2** bekommt men vooral door **vervorming** van de vorm van het signaal, **amplitudevervorming**, en hiervoor is een **buizenversterker** de **ideale keuze**.
- Door zijn gebruikte onderdelen en constructie zal een **buizen- versterker** meestal aan **amplitudevervorming** doen.



IM3

- Om de uitleg te maken ga ik veronderstellen dat we **3 snaren F1, F2 en F3** op hetzelfde moment aanslaan (zonder extra harmonischen uit de gitaar als voorbeeld), met één toon van:

➤ **$F1 = (A2) = 110 \text{ Hz}$**

➤ **$F2 = (D3) = 147 \text{ Hz}$**

➤ **$F3 = (G3) = 196 \text{ Hz}$**

- **IM3** of intermodulatie van de **3° orde** kunnen we berekenen door :

➤ **$F1 + F2 + F3 = 453 \text{ Hz}$**

➤ **$F1 + F2 - F3 = 61 \text{ Hz}$**

➤ **$F1 + F3 - F2 = 159 \text{ Hz}$**

➤ **$F2 + F3 - F1 = 233 \text{ Hz}$**

➤ **$2F1 + F2 = 367 \text{ Hz}$**

➤ **$2F2 + F3 = 490 \text{ Hz}$**

➤ **$2F3 + F1 = 502 \text{ Hz}$**

➤ **$2F1 - F2 = 73 \text{ Hz}$**

➤ **$2F1 - F3 = 24 \text{ Hz}$**

➤ **$2F2 - F1 = 184 \text{ Hz}$**

➤ **$2F2 - F3 = 98 \text{ Hz}$**

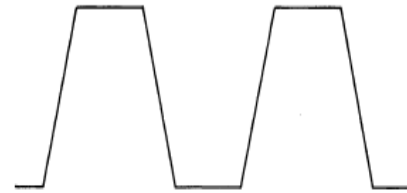
➤ **$2F3 - F1 = 282 \text{ Hz}$**

➤ **$2F3 - F2 = 245 \text{ Hz}$**

Deze dragers zitten 6 dB lager in niveau dan de bovenste door **2Fx**

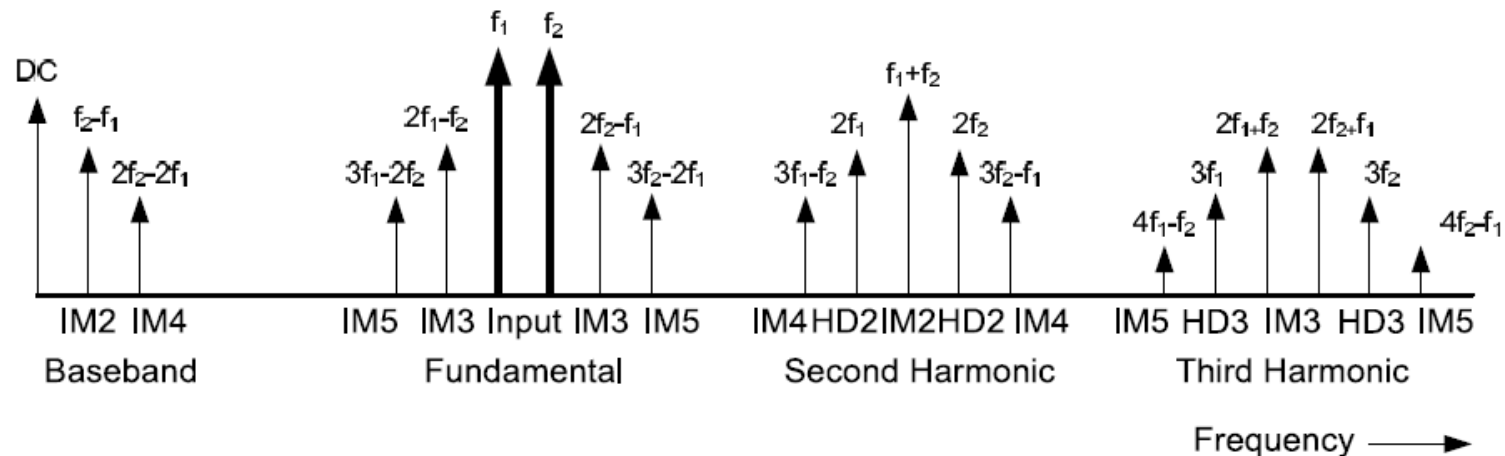
IM3

- Voor de mensen van de **Hardrock-muziek** zijn het de **IM3** dragers die voor een o.a. **harde klank** zorgen, enz...
- IM3 bekommt men vooral door “**begrenzing of klipping**” van het signaal (door oversturing of met o.a. diodes waarmee ze het signaal begrenzen)
- Een transistorversterker is hiervoor de ideale versterker.
- Eigenlijk is één **transistor** meer één **slechte schakelaar**, met een schakel-kontakt-overgangsweerstand .



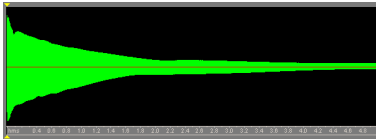
IM verloop op uitgang versterker

- Wanneer we op de uitgang van onze versterker gaan kijken nadat we **2 snaren met grondtoon f_1 en f_2** (hier zonder de extra harmonischen die normaal gezien ook aanwezig zijn), hebben aangeslagen op hetzelfde moment, dan zouden we ongeveer zoiets moeten zien op de uitgang:
- Je verstaat wel, als ik de tekening wil maken met nog eens al de aanwezige harmonischen, dit onmogelijk zou zijn.

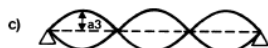
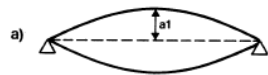


Aanslag 1 snaar op gitaar

- Aanslag 1 snaar : hoofdtoon



- Aanslag gitaar : hoofdtoon F + Harmonischen



Een aangeslagen snaar van een gitaar trilt niet alleen met de grondfrequentie, maar er ontstaat ook een aantal boventonen (harmonischen).

a) toont de grondtoon met frequentie f_1 en amplitude a_1 . De golflengte bedraagt $\lambda = 2 \cdot l$.

In de overige figuren (b tot en met e) zijn boventonen afgebeeld:

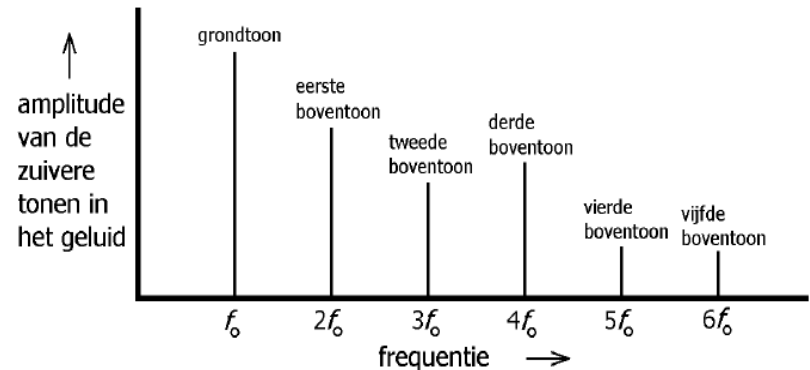
b): 1e harmonische met $f_2 = 2 \cdot f_1$ en $\lambda = l$;

c): 2e harmonische met $f_3 = 3 \cdot f_1$ en $\lambda = 2/3 \cdot l$;

d): 3e harmonische met $f_4 = 4 \cdot f_1$ en $\lambda = 1/2 \cdot l$;

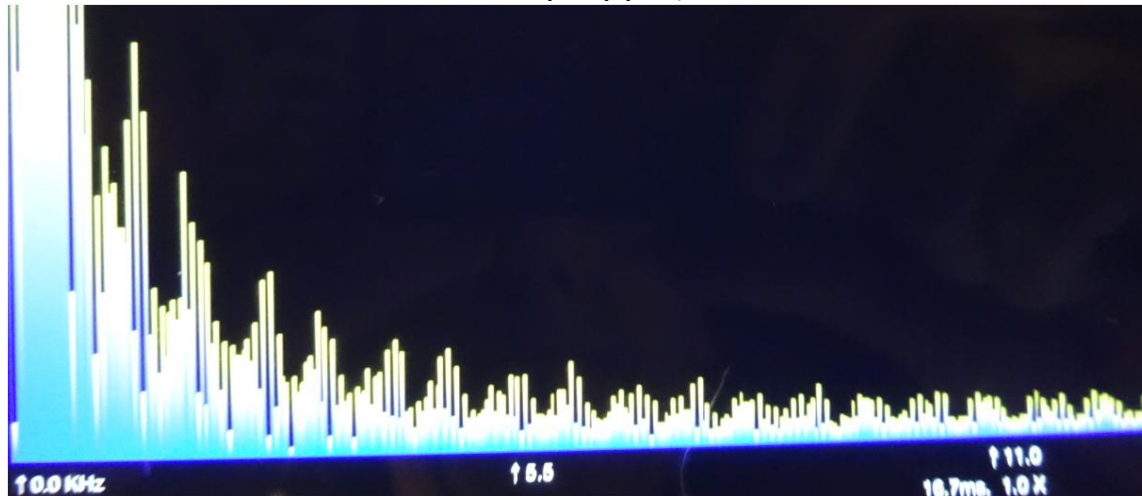
e): 4e harmonische met $f_5 = 5 \cdot f_1$ en $\lambda = 2/5 \cdot l$.

Al deze trillingen treden **gelijktijdig op**.



IM voorbeeld in de praktijk

- In de praktijk zullen we tijdens de aanslag van **1 snaar** niet alleen de **hoofdtoon** F opwekken maar ook **één reeks harmonischen**. Deze reeks harmonischen en de hoofdtoon uit de gitaar gaan dan samen op hun beurt zorgen voor **één reeks IM2 en IM3 dragers of boventonen**, die **opgewekt worden in de versterker**. Wanneer we dit dan op de uitgang van onze versterker gaan bekijken dan zien of horen we het volgende:
(opgenomen met sound View v2.4 op Appel)



Besluit

- Door de kwaliteit van de **gitaar & snaren**, en de eigenschappen van de **gitaarversterker** kunnen we ervoor zorgen dat we een **mooie klank** bekomen **met veel boventonen** uit onze versterker.
- Het is nu nog enkel **de keuze van de versterker** die voor onze klank moet gaan zorgen, en hier hebben we om te beginnen hoofdzakelijk de keuze uit **2 types versterkers** : met **buizen** of **transistoren, of een combinatie van buizen en transistoren**.
- Tegenwoordig zijn er ook al **transistor versterkers** die bijna de klank van een buizen versterker evenaren, of pedaaltjes, die een **buizenklank** hebben (digitale bewerking van de klank). Deze versterkers hebben dan wel het zeer grote nadeel dat ze **zeer complex** opgebouwd zijn, en bij een defect nog zeer moeilijk zelf te herstellen zijn ! Als voordeel hebben ze dan wel dat ze voor transport veel **minder wegen**.