

Akoestiek optimalisatie

Wat is het doel van deze paper?

het is de bedoeling om een voorspelling te doen hoe geluid zich zal gedragen (vooral de lage tonen) in een bepaalde ruimte. Welke zijn de probleemfrequenties? Waar in de ruimte bevinden zich de voor die frequenties de modes (resonanties of drukophopingen). En tenslotte, wat zijn de mogelijkheden om de akoestische problemen op te lossen?

Wat zijn room modes?

Room modes zijn ophopingen van geluidsdruk op plaatsen in een bepaalde ruimte (= Resonanties van 3-dimensionale wiebelende lucht). Om room modes uit te leggen, moeten we eerst beginnen uit te leggen wat resonanties zijn.

Wat zijn resonanties?

we leggen resonanties uit dmv een voorbeeld: een kinderschommel: stel je voor dat je het kind veeer langzaam naar een hoge positie beweegt en dan loop je

weer langzaam terug en verplaats je het aan de andere kant naar een zeer hoge positie enzovoort.

Ik weet niet zeker of het kind plezier zal hebben, maar je zult het zeker heel moeilijk hebben om dit te doen. Denk nu aan het andere uiterste. Je beweegt het kind heel snel vooruit en achteruit, veel sneller dan het normaal zou bewegen op die schommel. Ook dit zou heel veel energie vragen.

Beide extremis hebben veel energie nodig, maar je weet uit ervaring dat het daar tussenin vrij eenvoudig is om het kind heel hoog te laten slingeren zonder constant energie in het schommelsysteem te brengen. In feite is er precies één frequency waar het het gemakkelijkst is en dat is de resonantiefrequentie van dat

hele schommelsysteem.

Excursus: spring/mass system

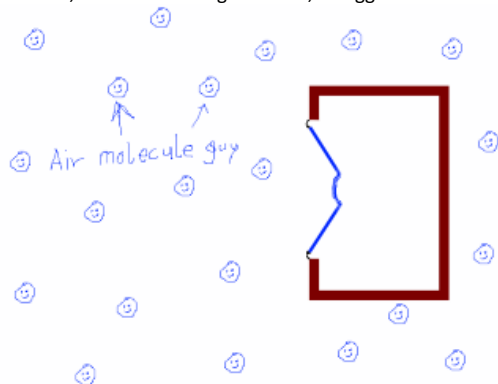
Elk veer / massa-systeem heeft zo'n resonantiefrequentie waarbij beweging de minste weerstand vindt. En elk dergelijk systeem zal met deze resonantiefrequentie bewegen wanneer u op de massa drukt (de veer samendrukt of uitrekt) en deze met rust laat. De veer zal proberen terug te keren naar zijn oorspronkelijke positie en de massa zal (vanwege de traagheid van zijn massa) het systeem enkele keren over deze positie laten bewegen voordat het eindelijk weer stilstaat. Afhankelijk van de wrijving (damping) zal deze langer of korter bewegen.

Maar waar is in godsnaam een veer in een schommel? Ook als er in de meeste schommels geen spiraal is ingebouwd, kunnen we nog steeds het equivalent vinden van een veer in de dans tussen 'kinetische' en 'potentiële' energie wanneer een slinger (zoals onze schommel) beweegt. We hebben potentiële energie opgeslagen in het systeem wanneer het kind ver in de lucht is, omdat het gewicht van de kinderen uiteindelijk zal vallen vanwege de zwaartekracht van de aarde zodra we het niet meer vasthouden. Het bouwt snelheid op en wanneer het het diepste punt passeert op weg naar de andere kant, zal het zijn maximale kinetische energie hebben. Omdat het niet dieper kan vallen (althans niet terwijl je nog in de schommel zit), is er geen potentiële energie meer, maar je zou de hoeveelheid kinetische energie kunnen voelen wanneer je zou proberen dat kind abruptly te stoppen door op zijn weg te stappen. Het zou ongeveer hetzelfde voelen als wat je zou voelen als het kind van zijn hoogste positie rechtstreeks op je op de vloer zou zijn gevallen. Ja, dit is nogal wat energie. [Read more about spring/mass systems](#)

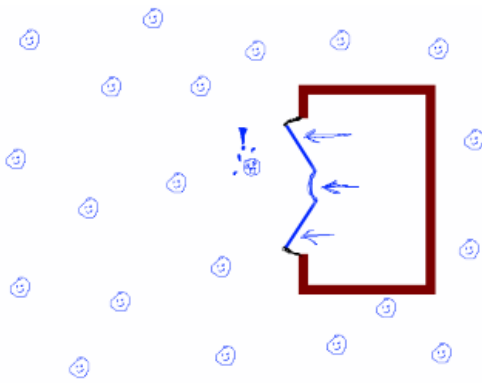
Ok, met al die energie in dat systeem, hoe kun je al die energie opwekken die nodig is om je kind hoog te laten bewegen zonder zelfs je hartslag te verhogen? Dat komt door twee dingen. Ten eerste verliest het systeem, zoals ik hierboven schreef, heel weinig energie vanwege de lage weerstand en ten tweede vanwege je timing. Het is voldoende om het kind op het juiste moment een korte duw te geven. Dit bouwt zich op omdat er nog steeds energie is van je laatste duw in dat systeem.

Ruimteakoestiek:

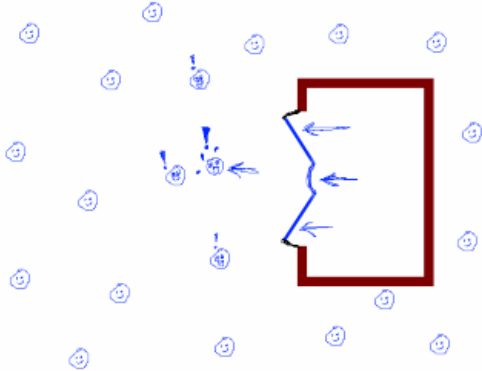
Laten we, met dat alles in gedachten, teruggaan naar onze context van ruimteakoestiek.



Denk aan het membraan van je luidspreker als de man die op de schommel drukt.

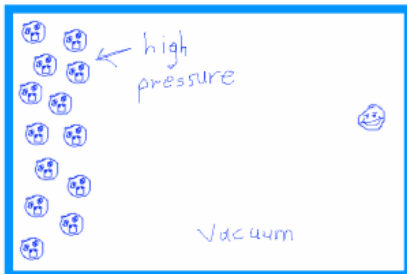


Het is geen enkel luchtmolecuul maar de hele massa lucht in onze kamer die fungeert als een wiebelende massa.



Het feit dat lucht altijd zal proberen om homogeen in uw kamer te worden verdeeld, **werkt als een veer**.

Dit is hoe de lucht in je kamer **niet** zal werken:



Dit is hoe het **wel** zal handelen:



Dus wanneer u de lucht in één richting duwt, zal deze terugstromen zoals een eenvoudige schommelbeweging. Het zal eerst over zijn rustpunt bewegen vanwege zijn massa traagheid. En zoals bij de schommel uiteindelijk de oscillerende beweging zal beëindigen, zal de lucht dat ook doen. En dit zal tijd nodig hebben, afhankelijk van de hoeveelheid demping (hier noemen we het absorptie).

Resonanties van 3-dimensionale wiebelende lucht (= ruimtemodes)

Omdat we nu drie dimensies (hoogte, breedte en lengte van de kamer) hebben en misschien een zeer complexe vorm van het ruimtevolumen (niet alleen muren, ook meubels), is het niet zo eenvoudig om het exacte gedrag van die bewegende hoeveelheid lucht te berekenen.

Het kan worden gedaan met behulp van de zogenaamde FEM (finite element method - eindige-elementenmethode), maar het heeft tijd nodig om een kamermodel te krijgen dat precies genoeg is en zelfs met een moderne computer heeft het tijd nodig om het te berekenen.

Excursus: Finite Element Method (FEM)

Je hebt eigenlijk een virtueel model van de kamer en vult deze met virtuele lucht. Gelukkig hoeft je niet elk atoom in je kamer te berekenen, maar je hebt minstens een paar per golflengte nodig. Dus afhankelijk van hoe ver je wilt gaan in het frequentiebereik en afhankelijk van de grootte van de kamer, zal het steeds meer tijd nodig hebben om door je computer te worden berekend.

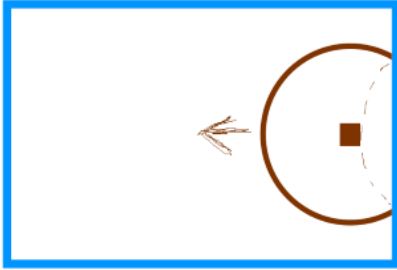
Er zijn ook andere methoden zoals de Boundary Element-methode (BEM). Als u meer geïnteresseerd bent in dit gebied, vraag dan uw favoriete zoekmachine over 'Numerical Acoustics'.

Gelukkig hebben de meeste van onze kamers een vorm waarin een wiskundige vereenvoudiging voor het berekenen van de roommodes bestaat. Voor rechthoekige kamers kunnen we de ruimtemodi onmiddellijk berekenen. En dat is wat Amroc doet. Dit kan worden gedaan door uw machine, zelfs uw mobiele telefoon, zolang u geen "onnatuurlijke" waarden typt.

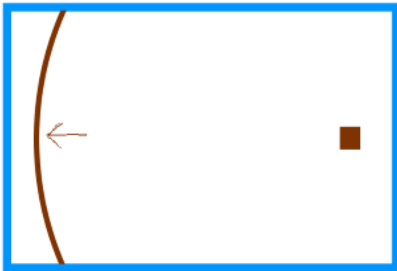
De eenvoudigste ruimtemodus is de zogenaamde 'axiale' ruimtemodus.

Laten we er dieper op ingaan en het vergelijken met onze bekende schommel van vroeger.

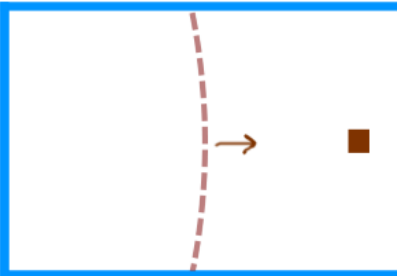
Het geluid beweegt weg van de luidspreker wanneer het membraan de lokale luchtdruk verandert. Bij lage frequenties straalt een luidspreker normaal gesproken geluid in alle richtingen uit. Dus de golf wordt eerst weerspiegeld op de dichtstbijzijnde muur.



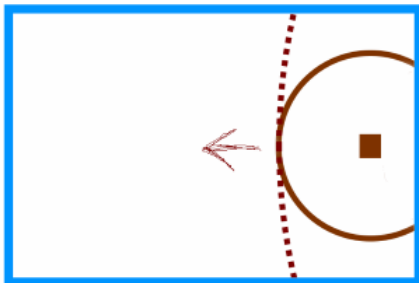
Omwille van de eenvoud zullen we slechts één deel van de golf bekijken terwijl deze zich in de kamer voortbeweegt en reflecties van andere delen van de golf uitsluiten van onze waarneming.



De golf wordt gereflecteerd door de achterwand



Het komt terug, wordt weerkaatst vanaf de voorwand en precies wanneer het de luidspreker weer passeert, duwt het membraan het opnieuw en herhaalt de hele cyclus zich.



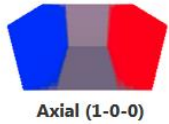
2 wanden zijn betrokken bij zo'n axiale modus. De volgende afbeeldingen laten zien waarom het belangrijk kan zijn om te begrijpen welke muren bij een bepaalde ruimtemodus betrokken zijn.

Axial, Tangential, Oblique Modes

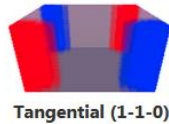
Axiaal (of radiaal): Een **axiale** kracht is een kracht in de lengterichting van de as. **Tangentiële** kracht is een kracht loodrecht op de axiale kracht.

Oblique kracht is een kracht die schuin staat op de axiale kracht

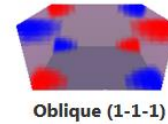
De volgende afbeeldingen zijn **3D-visualisaties** in de [room mode calculator amroc](#) voor de berekende modes voor 1 frequentie. Hoe de software aan deze modes komt wordt verder uitgelegd. De blauwe en rode zones tonen beide drukzones van de modes. Amroc toont die verschillende kleuren alleen voor een betere visualisatie voor hogere-orde modi.



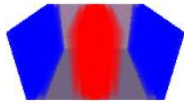
Axial (1-0-0)



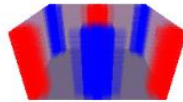
Tangential (1-1-0)



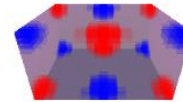
Oblique (1-1-1)



Axial (2-0-0)



Tangential (2-1-0)



Oblique (2-1-1)

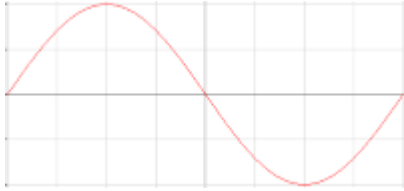
Omdat de modes smalbandig zijn en lokaal werken, is het belangrijk om te begrijpen op welke plaatsen een subwoofer of absorber wel of niet moet worden geplaatst (daarover later meer).

Wat zijn die nummerpatronen voor elke modus?

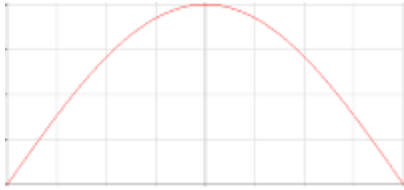
In de bovenstaande afbeelding en in mijn berekening met amroc zie je patronen als '1-0-0', '1-1-0', '3-2-4', ... Laat me uitleggen wat dat betekent:

De diepste mode (mode bij de laagste bassfrequentie) die kan optreden, is wanneer een halve golflengte tussen twee muren past. De volgende mode gebeurt op tweemaal die frequentie, de volgende op driemaal die frequentie enzovoort. 1 staat voor die eerste (halve golflengtemodus), 2 voor de tweede enzovoort.

Een sinusgolf (golf met één bepaalde frequentie) ziet er zo uit.

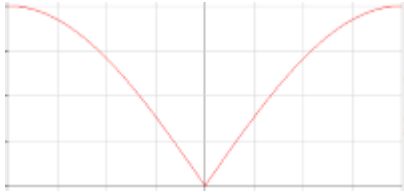


Dit is een volledige golflengte, dus het is al index 2. Index 1 staat voor een halve golflengte die er zo uitziet.



Dat zijn de sinusgolven waar we visueel bekend mee zijn. Maar het is een beetje misleidend als we het hebben over ruimtemodes. Als we zeggen dat de linker- en rechtergrenzen van de grafiek de muren van onze kamer zijn, dan zou deze lijn ons de deeltjessnelheid in een dergelijke golf laten zien (geen beweging aan de randen omdat daar de deeltjes heel dicht bij elkaar gedrukt zijn, dus geen snelheid).

Het is logisch om de druk in kaart te brengen, want dat is wat we horen. Nu lijkt het een beetje op het tegenovergestelde. We hebben maximale druk op de muren die er zo uitzien voor index1

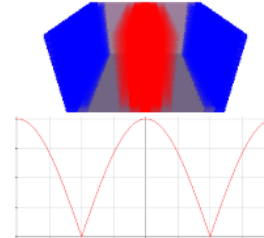
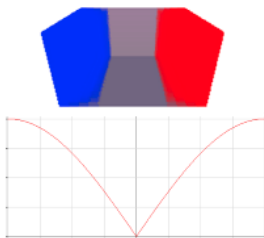


en zo voor index 2 van onze axiale modus.



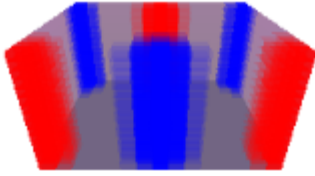
Wanneer deeltjes dicht bij elkaar bewegen (hoge druk), kunnen ze niet meer vrij bewegen (lage snelheid). Je ziet ook dat snelheid een richting heeft (eerste plot heeft een negatieve en positieve site), de drukplot gaat gewoon van 0 naar max druk.

Als je weer naar die 3D-foto's kijkt, hoop ik dat je de gelijkenis met de drukplots



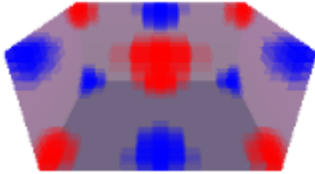
ziet.

Dus voor axiale modes is het vrij eenvoudig. Maar ook voor de andere is het niet zo moeilijk. Laten we dit voorbeeld van tangentiële modes opnieuw nemen:



Als je door de lengte van de kamer zou lopen, zou je weer door 3 drukzones (2 dips) lopen, zoals in de bovenstaande afbeeldingen aan de rechterkant. Het is daarom index 2 voor de lengte. Op de breedte hebben we alleen drukzones op de muren zoals op de linker foto hierboven. Voor de hoogte zijn er geen pieken en dalen, het is nul. Het indexpatroon is 2-1-0. De index ziet er dus als volgt uit:

Last but not least weer een van de bovenstaande voorbeelden van een schuine modus (Oblique):

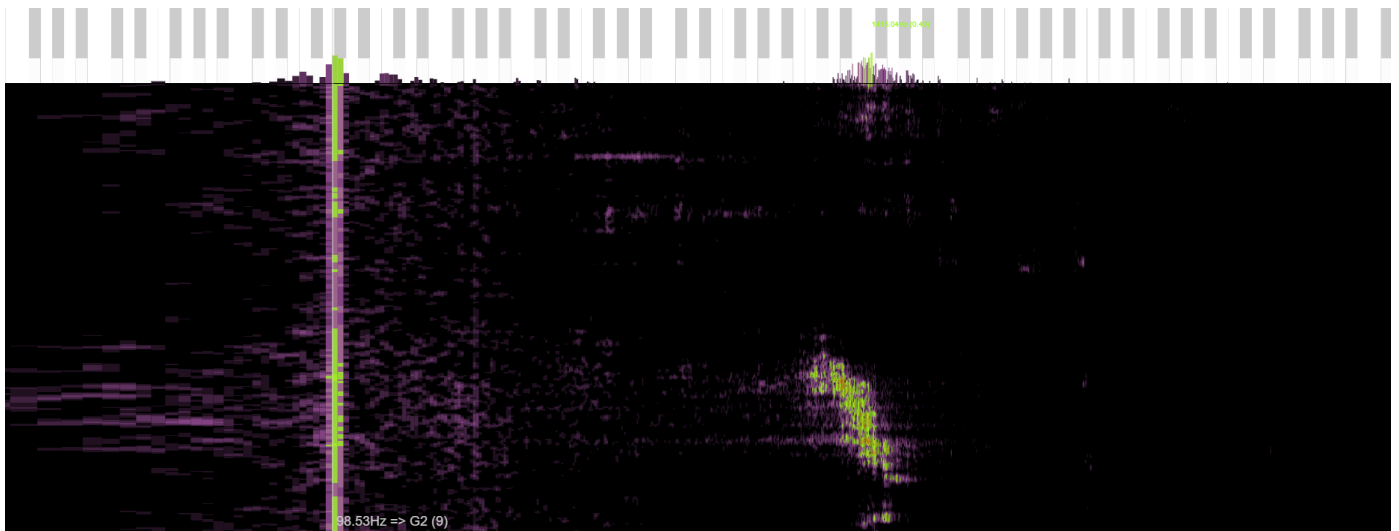


3 drukzones op de lengte, 2 voor breedte en hoogte. Index 2-1-1. Trek 1 af van het aantal drukzones, tel de dips, denk aan het aantal halve golflengtes of denk er helemaal niet aan. Het is gewoon een manier om elke modus van rechthoekige kamers een naam te geven.

Wat is het probleem met ruimtemodi, waarom zijn ze zo erg?

Normaal willen we dat onze kamer neutraal klinkt op een manier die de muziek waarnaar we luisteren niet verandert. We willen niet dat elke C gespeeld door de bassist van onze favoriete band erg luid en lang is en dat elke E die door dezelfde man wordt gespeeld niet bestaat. We willen dat ze precies zo luid zijn in relatie tot elkaar als de bassist wilde dat we ze ervaren. Met sterke modes in onze kamer is het absoluut mogelijk dat zoiets als het bovenstaande kan gebeuren. En het is nog erger. Terwijl op onze positie elke C veel luider kan zijn dan elke E, kan het op een andere positie in de kamer precies de tegenpartij zijn. **We kunnen dus niet eens een equalizer gebruiken om de C te verlagen en de E te versterken.** We moeten echt wrijving / absorptie / demping in het zwaaiende systeem toevoegen.

De volgende foto toont een relatief behoorlijk kamer geanalyseerd met een [amalyzer](#) tool. Deze tool neemt eenvoudig audio op die afkomstig is van uw standaardmicrofoon. Het toont een spectrum bovenop een pianotoetsenbord. Bovendien is er een [spectrogram](#) onder dat de energie in de tijd toont (het gebied met de zwarte achtergrond). We kunnen duidelijk zien dat er een smalbandfenomeen is dat ruis versterkt rond één frequentie (verticale groen / paarse lijn van boven naar beneden van het spectrogram). Dit fenomeen is een ruimtemodus en je kunt gemakkelijk zien dat de kamer op die frequentie 'geluid' aan elke muziek toevoegt.



Zoals ik al eerder schreef, moeten we bij dergelijke frequenties wrijving / absorptie / demping toevoegen aan het schommelsysteem om dit 'geluidseffect' te minimaliseren. Ofwel smalle bandabsorptie met resonantie-absorbers afgestemd op de specifieke frequenties van onze modes of door toevoeging van breedbandabsorptie in het hele lage frequentiebereik. Het heeft veel ruimte nodig, kost geld en/of tijd en we geven dat geld het liefst uit aan ons audiosysteem. Maar feit is, bij lage frequenties zal de kamer de plaat veel schaden, **meer dan uw speler, kabels of versterker**. Dus als u daar veel geld aan wilt uitgeven en veel minder geld aan uw kamer, vraag uzelf dan af wat uw doelen zijn en waarom u precies dat geld uitgeeft aan welk deel van uw reproductieketen.

Overwin roommodes:

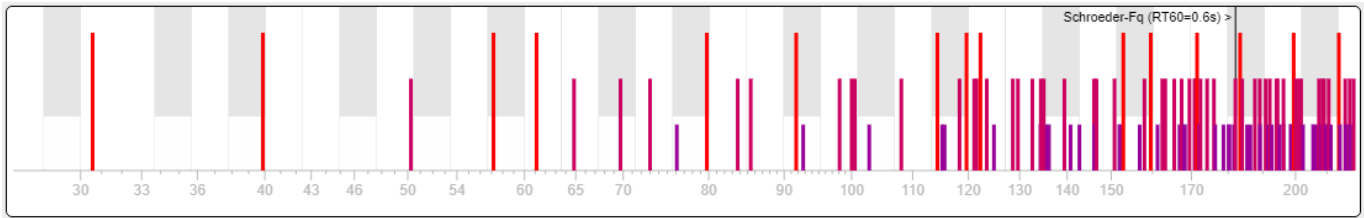
Helaas is er niet één eenvoudige oplossing om ruimtemodes te laten verdwijnen. Maar nu je een dieper begrip hebt van wat ze zijn, zou het ook gemakkelijker moeten zijn om te beslissen welke richting je op wilt.

-**Schuim**: schuim en ander poreus materiaal (tapijt, gordijnen, ...) zijn de meest voorkomende en bekendste akoestische gereedschappen ter wereld zijn. Helaas zijn ze misschien ook de meest onbegrepen tools. Iedereen kan zich voorstellen dat bewegende lucht moleculen moeilijk in dergelijke materialen kunnen slingeren. Dus mensen nemen dit beeld en verkopen schuim in alle kleuren en vormen over de hele wereld. Elk van die producten is uiteindelijk het beste dat u voor uw geld kunt krijgen.

Dun schuim is geen oplossing is voor het probleem. Laten we zeggen dat de hoeveelheid wiebelende lucht massa gewoon overweldigend is voor een klein beetje schuim. Maar ik ben te pragmatisch om te zeggen dat het niet mogelijk is. Je hebt gewoon (te) veel schuim nodig. Probeer eens een poreus materiaal met een zeer lage stromingsweerstand te krijgen en stapel ze in de hoeken van uw kamer.

- **Afmetingen kamer**: dit is een van de sterke punten van de kamermoduscalculator [amroc](#). Als je de gelukkige positie hebt om een kamer als geheel te bouwen, moet je proberen de lengte, diepte en hoogte van je kamer zo in te stellen dat de **modes goed verdeeld** zijn. Dat betekent dat u moet voorkomen dat meerdere modi samenvallen in één klein frequentiebereik.

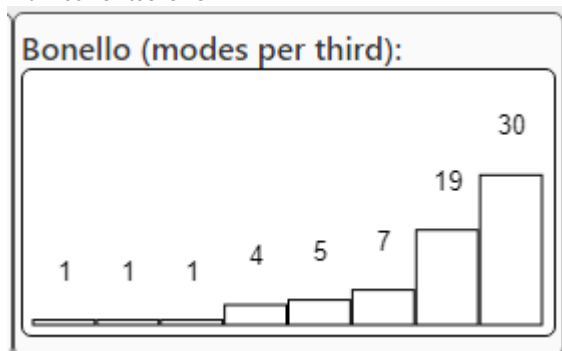
Zie het zo: je hebt gewoon een enorme hoeveelheid ruimtemodes. **Ze zijn er, wat je ook doet.** Bij de laagste frequenties zijn er slechts een paar (zoals je kunt zien met amroc).



Met toenemende frequentie neemt ook de modusdichtheid toe. U ziet ook pianotoetsen op de achtergrond van de afbeelding. Het is hun taak om muzieknoten te visualiseren, aangezien deze goed geschikt zijn om te laten zien of de modes dicht genoeg zijn of als een kloof tussen een aantal modes te groot is. Weet je nog de bassist waarover ik hierboven heb geschreven? Als hij een noot in een van die 'mode-gaten' speelt, zou de noot een soort van 'normaal luid' zijn. Maar als hij een noot zou spelen ondersteund door een mode, **zou het luider zijn of misschien zou het helemaal niet hoorbaar zijn, afhankelijk van waar je in de kamer bent.** Als er voldoende modes zijn op de afgespeelde frequentie, wordt het soort vloeiend. Boven de Schröder-frequentie moet de toon worden ondersteund door meerdere modes, ongeacht waar u zich in de kamer bevindt.

Schröder-frequentie: een karakteristieke frequentie die een ruwe (niet exacte) grens bepaalt tussen het lager gebied met weinig modale densiteit/overlap (het modale probleemgebied) en het hoger gebied met voldoende modale densiteit/overlap.

Dus ons probleem ligt in het frequentiebereik waar modes niet zo dicht bij elkaar liggen, onder de Schröder-frequentie. Wat we kunnen doen, is dat we een ruimte met dimensies kunnen bouwen die de modes zo egaal mogelijk laten verdelen. Dat is ook wat Oscar Bonello in gedachten had toen hij de 'Bonello-criteria' uitvond. Het is een snelle en gemakkelijke manier om te zien of ruimteafmetingen zinvol zijn. Hij verklaarde dat het aantal modi per derde octaaf (een derde van een octave bestaat uit 4 noten, 1 octaaf is een dubbele frequentie) altijd zou moeten stijgen naar de volgende derde octaaf. Je kunt deze functie ook in amroc zien toenemen.



Dus wat je zou moeten proberen te bereiken, is een egale modeverdeling (dus zo weinig nabijgelegen frequenties met opeenstapelingen met daartussen een frequentieband zonder modes).

- **Resonantie Absorbers:** De eerder genoemde poreuse-absorbers zijn licht en hebben weinig wisselwerking met het invallende geluidsveld. In de groep resonantieabsorbers hebben we een nu wat zwaardere massa die alleen kan worden verplaatst door binnenkomend geluid omdat het is gemonteerd op een manier waarop het zelf een massa/veersysteem is en daarom kan worden opgewonden door de impactmassa van de geluidsgolf. Het is interessant om te weten dat dergelijke absorbers niet alleen het geluidsniveau veranderen, maar ook de structuur van het geluidsveld kunnen veranderen, omdat ze op zichzelf een soort geluidsbron zijn.

Veel materialen kunnen worden gebruikt als resonantiedempers: gipsplaat, glas, hout en ook dichte folies en leer zijn gebruikt.

Nu je een expert bent in resonante massa / veersystemen kan ik het kort houden. De plaat of folie vooraan is de massa. De lucht erachter fungeert als veer. OK, we hebben in feite ook een montage- en een buiggedrag van de plaat die ook bijdragen aan de veer en dat de resonantiedempers een beetje lastiger maakt dan hun poreuze broers en zussen.

Belangrijk: door een wand of vals plafond toe te voegen op een spouw creëer je een nieuw massa-veer systeem met een eigen resonantie frequentie, dus ook een absorber. Een paneelabsorberder wordt gemaakt wanneer u een plaat triplex of vezelplaat plaatst, met isolatie aan de achterkant ervan, over een luchtholte. Het paneel heeft een eigen resonantiefrequentie, tik erop en je hoort het. Wanneer het over een afgesloten holte wordt geplaatst en isolatie aan de achterkant wordt bevestigd, resonanceert het elke keer dat het zijn eigen toon hoort en resonanceert de lucht in de holte en absorbeert de isolatie de resonantie, waardoor de frequentie wordt geabsorbeerd! Het is belangrijk op te merken dat we hier een absorber hebben die de hoge frequenties reflecteert en de lage dempt. Met de hangers absorbeert al die bloedgestelde isolatie ook de hoge frequenties zodat de paneelabsorber een plek in de studio heeft. De twee factoren die de absorptiefrequentie bepalen zijn:

De massa of dichtheid van het paneel.

De diepte van de luchtholte, d.w.z. de diepte van het afgedichte houten frame

Het spreekwoord baat het niet dan schaad het niet gaat zelden op met geluidsisolatie (met dubbelwandige systemen). Je doet altijd iets: Of je verbetert, of je verslechtert je bestaande isolatie in functie van frequentie.

- **Plaatsing van absorbers, geluidsbronnen en luisterpositie:** De theorie is als volgt. Voor frequenties die dieper zijn dan de diepste modes, tussen de tussenruimten van modes (frequentieband waar geen modes voorkomen) en waar modes zeer dicht zijn, zou de positie van geluidsbronnen en luisteraar niet zo belangrijk moeten zijn. Als u slechts een of enkele modes rondom een frequentie heeft, maken die posities een verschil. [amroc](#) kan visualiseren waar de drukzones van een specifieke modus zijn. Dus wanneer u een bepaalde frequentie heeft die u stoort, hetzij omdat deze te sterk is of te zwak, kunt u hulp krijgen door deze frequentie met amroc te zoeken. Zodra je het hebt gevonden, krijg je hulp van de 3D-visualisatie. Deze visualisatie toont u de drukzones van elke modus in de buurt, waardoor het gemakkelijker wordt om degene met problemen te identificeren. 'Home Theater Junky' heeft een geüpload [video](#) op youtube waar hij laat zien hoe hij amroc in zijn kamer gebruikt.

Nadat u die modes hebt geïdentificeerd, kunt u uw luister- en / of bronposities in of uit de drukzones verplaatsen.

Subwoofer: hoe meer uw luidspreker zich in een drukzone bevindt, hoe meer u de modes opwindt. Staat de subwoofer buiten de drukzones, dan kun je hem niet prikkelen en misschien niets horen. Dus afhankelijk van wat je wilt bereiken, kun je de sub naar binnen verplaatsen (als je een dip in je frequentiegrafiek hebt bij die frequentie) of naar buiten (als je een piek hebt).

Luisteraar: het lijkt veel op de positie van de subwoofer. Je oor is een drukvormer en hoort het meest in de drukzones en tot niets daartussenin.

Absorber: De beste en daarom gebruikelijke plaats voor uw absorber is in de hoeken van uw kamer. Daarnaast kun je resonantieabsorbeers in de drukzones van je modi (maximale druk) en porose-absorbeers daartussen plaatsen (maximale verlocity).

- **Double Bass Array:** Ik schreef over dat complexe wiebelen van de luchtmassa hierboven. Een andere manier om ruimtemodes aan te pakken, is de lucht op een bepaalde manier opwinden, waar deze minder complex wiebelt. Klinkt een beetje als een fantasie van een science fiction-auteur, maar in feite is het relatief eenvoudig.

Laat me de naam 'Double Bass Array' opsplitsen om uit te leggen wat het doet. 'Bass' is eenvoudig. Het betekent alleen dat we het gebruiken voor diepe frequenties.

Het 'Array'-gedeelte is waar het om gaat. Normaal gesproken, wanneer een luidspreker een laagfrequent geluid afspeelt, straalt een sferisch golffront de kamer in. In een DBA ('Double Bass Array') gebruiken we in plaats daarvan meerdere subwoofers om een vlak golffront te prikkelen. Het is alsof je een pijp en een zuiger hebt die erin past. Of nog beter, stel je voor dat we één muur van onze kamer als geheel verplaatsen. We zouden tegelijkertijd overal aan die muur de lucht duwen. Daarom kan de lucht maar in één richting gaan - weg van die muur. Er is geen beweging aan de zijkant, gewoon recht van de muur af als in een tunnel. Het leuke hieraan is dat we, zonder dat de lucht de zijwanden binnengaat, ook geen reflecties van de zijwanden hebben. En daarom kunnen we alleen de axiale modi tussen de bewegende muur en de muur aan de andere kant van de kamer prikkelen.

Dus de enige ruimtemodes die we moeten overwinnen als we zo'n array gebruiken, zijn die axiale modes. En dat is waar de 'Double' in het spel komt. Het is vrij eenvoudig om zo'n vlak golffront te absorberen met exact dezelfde luidsprekerarray aan de andere kant van de kamer. Weet je nog die schommel aan het begin van dit artikel? Hoe stop je het? Precies, wanneer het kind aan je zijde staat, probeer je het te vangen, waarbij het de kinetische en potentiële energie in het systeem absorbeert. Hetzelfde gebeurt wanneer sommige luidsprekerconussen weggaan van het golffront op het moment dat het golffront arriveert. Normaal gesproken zou het golffront de muur raken, waardoor druk wordt opgebouwd en vanwege het feit dat lucht homogeen wil worden verdeeld, zou het teruggaan om die druk aan de muur te verminderen. Maar terwijl de membranen van de tweede luidsprekerarray op dat moment weggaan, kan de druk niet worden opgebouwd en wordt de golf niet gereflecteerd. Het wordt nogal opgezogen door de speakers.

Danny Verdegem 2019/09/13

bron:

- <https://amcoustics.com>