



www.astrosounds.be



***Renaat Frans, Erica Andreotti,
Jeroen Op den Kelder, Lise Verbraeken***
*Lerarenopleiding Fysica Hogeschool UCLL
Campus Diepenbeek, Belgium
Expertisecel Art of Teaching - Vakdidactiek*

***Katrien Kolenberg, sterrenkunde KULeuven
Pieter Mestdagh, Volkssterrenwacht Armand Pien***

i.s.m. Esero Belgium

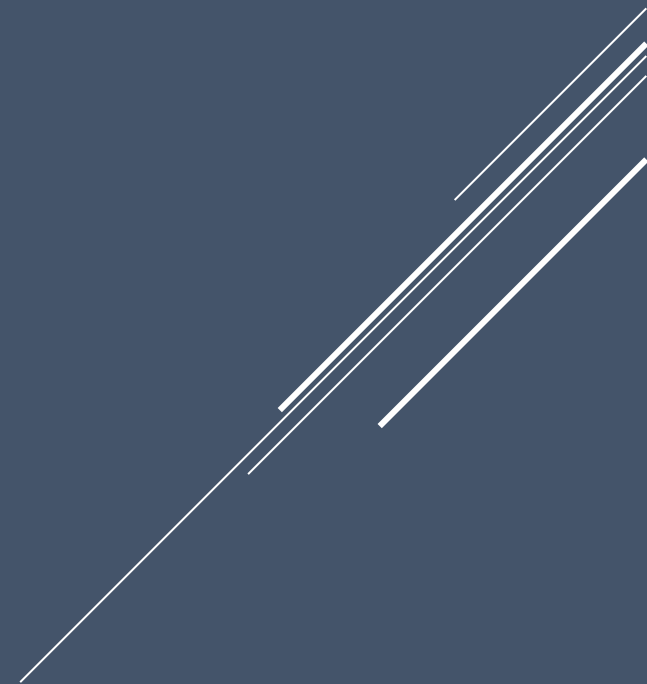
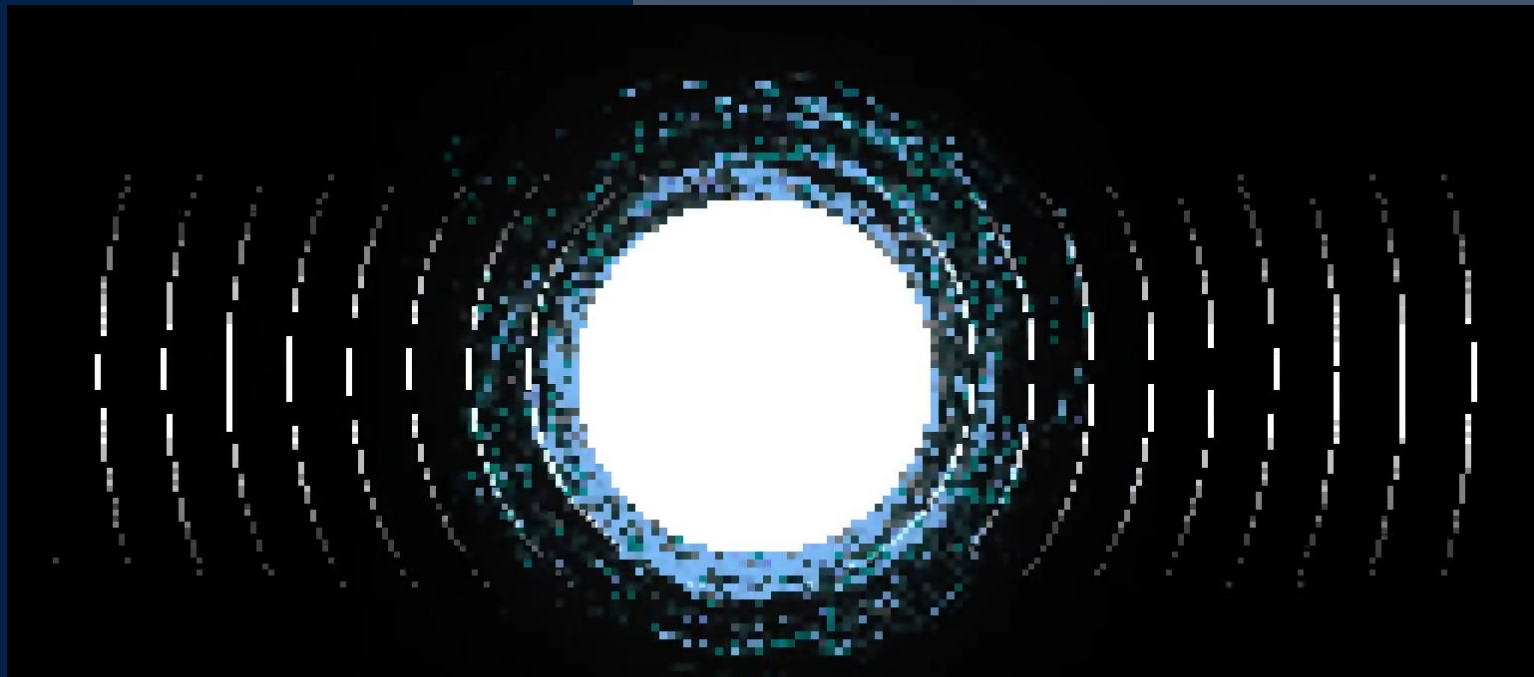


UCLL
HOGESCHOOL

ASTROSOUNDS

Citizen science project: www.astrosounds.be

AstroSounds [trailer](#)



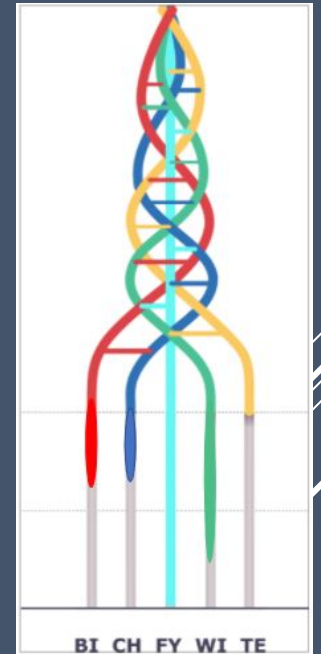
Lespakket 1^{ste}-2^{de} graad SO

Hoe kunnen we stemmen,
muziekinstrumenten en zelfs sterren
herkennen op basis van hun klankkleur?

STEAM lessen

Vertrekpunt zijn trillende sterren en hun geluid om te leren over:

- Fysica: bronnen van geluid, voortplanting van geluid, klankkleur...
- Biologie: het gehoor spectrum
- Informatica: het geluid van een trillende ster programmeren



ASTROSOUNDS

Wat is geluid? Wat zijn de bronnen van geluid?

Voortplanting van geluid

Frequentie

Eigentrillingen

Klankkleur of timbre

Voor muziekinstrumenten

?

Voor sterren

?

Medium nodig?

Het hoorbare spectrum

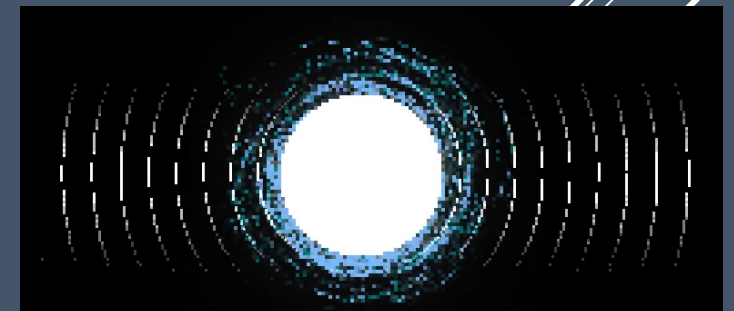
Hoorbaar?

Eigentrillingen van instrumenten

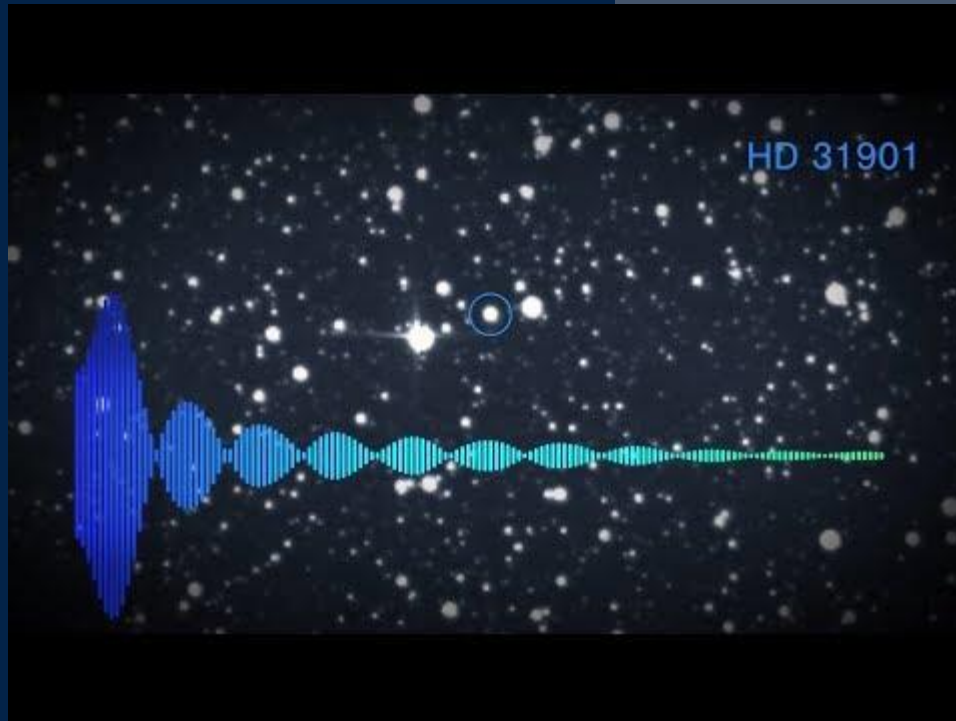
Eigentrillingen van sterren?

Instrumenten herkennen

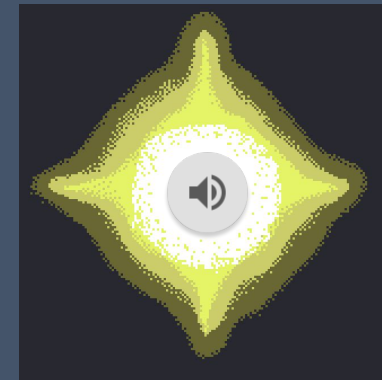
Sterren herkennen?



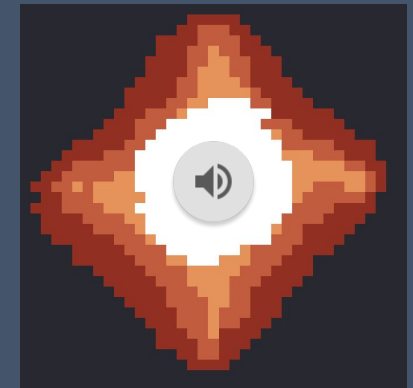
VERWONDERING ALS VERTREKPOINT... VARIABELE (TRILLENDE) STERREN



<https://www.youtube.com/watch?v=nBxn6QGWNM&feature=youtu.be>
(Bron: Nasa)



Cepheïde ster Polaris
Bron: AstroSounds



Zonachtig-trillende ster
Ster code: KIC 2424822
Bron: AstroSounds

Wat heb je gehoord? Hoe klinkt het?

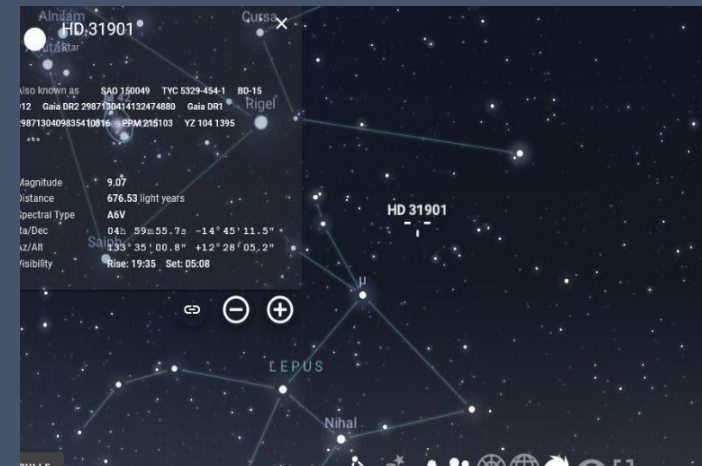
VERWONDERING ALS VERTREKPOINT... VARIABELE (TRILLENDE) STERREN

We kunnen sterren zien aan de avondhemel. Maar kunnen we ook sterren horen?

- HD 31901: het is een ster in het sterrenbeeld 'Lepus', het is een voorbeeld van een Delta Scuti ster.
- Cepheïde ster Polaris: de Poolster.
- Zonachtig-trillende ster Ster code: KIC 2424822.

Oefening: zoek deze sterren op [stellarium web](#)

Wanneer zijn ze hier zichtbaar?



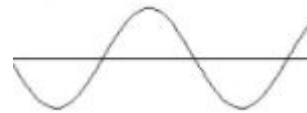
Wat is geluid?

We kunnen sterren zien aan de avondhemel. Maar kunnen we ook sterren horen?

Eerste vraag: Wat is geluid?

BRON

Wat is de bron van geluid?



ONTVANGER

Kunnen we alle frequenties horen?

Voortplanting

Hoe plant geluid zich voort?

Wat is de bron van geluid?

Wat is de bron van geluid?



In de klas:

De studenten krijgen in groep enkele muziekinstrumenten.

Wat is de bron van het geluid voor die verschillende instrumenten?

5 minuten brainstormen in groep.

Nu: schrijf in de chat.

Wat is de bron van geluid?

Wat is de bron van geluid?

Demonstraties



1. Zorg dat het balletje de stemvork juist niet raakt.
2. Sla met het hamertje tegen de stemvork.

Wat gebeurt er met het balletje?

Schrijf in de chat.



1. Doe de plastic folie/ballon strak rond de kom en span het aan met een elastiek zoals hierboven.
2. Doe een handvol suiker/ couscous/ zandkorrels op de folie.
3. Sla nu boven de kom met de houten lepel tegen de pan of met een hamertje tegen de stemvork.

Wat gebeurt er?

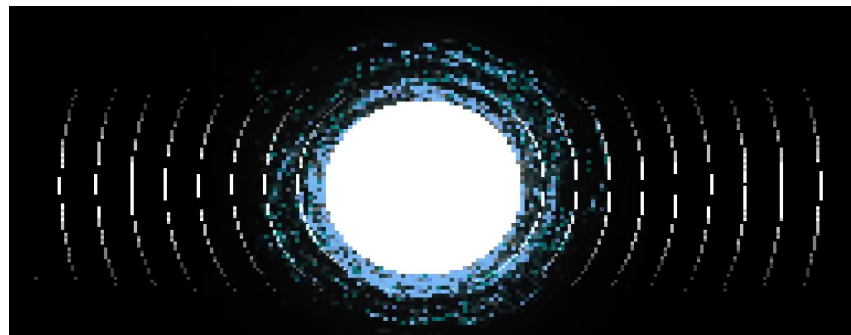
Schrijf in de chat.

Wat is de bron van geluid?

BESLUIT:

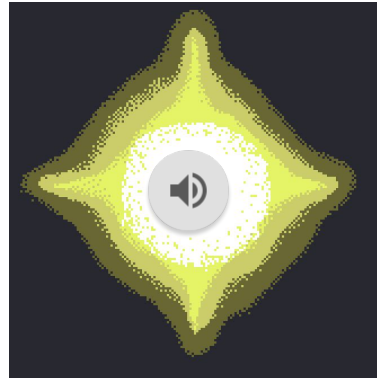
Geluid ontstaat door een trilling.

Kan een trillende ster ook een bron van geluid zijn?

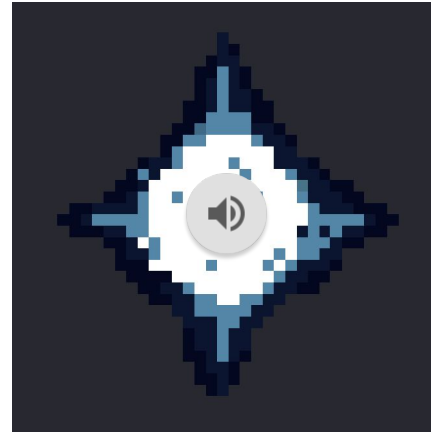


Wat gebeurt
er als een ster
trilt?

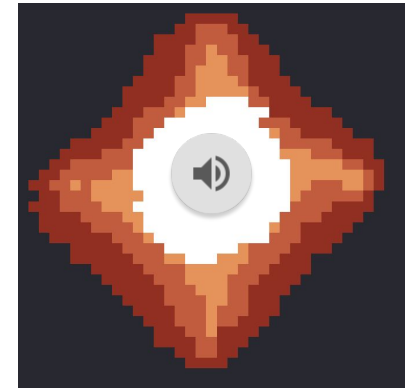
Luister eens naar volgende trillende sterren



Cepheïde ster



RR Lyrae ster



Zonachtig-trillende ster

- Zou je die sterren in de ruimte ook kunnen horen? Waarom?

Hoe kunnen
we een ster
horen?

Wat hoor je in de ruimte? Hoe komt dat?

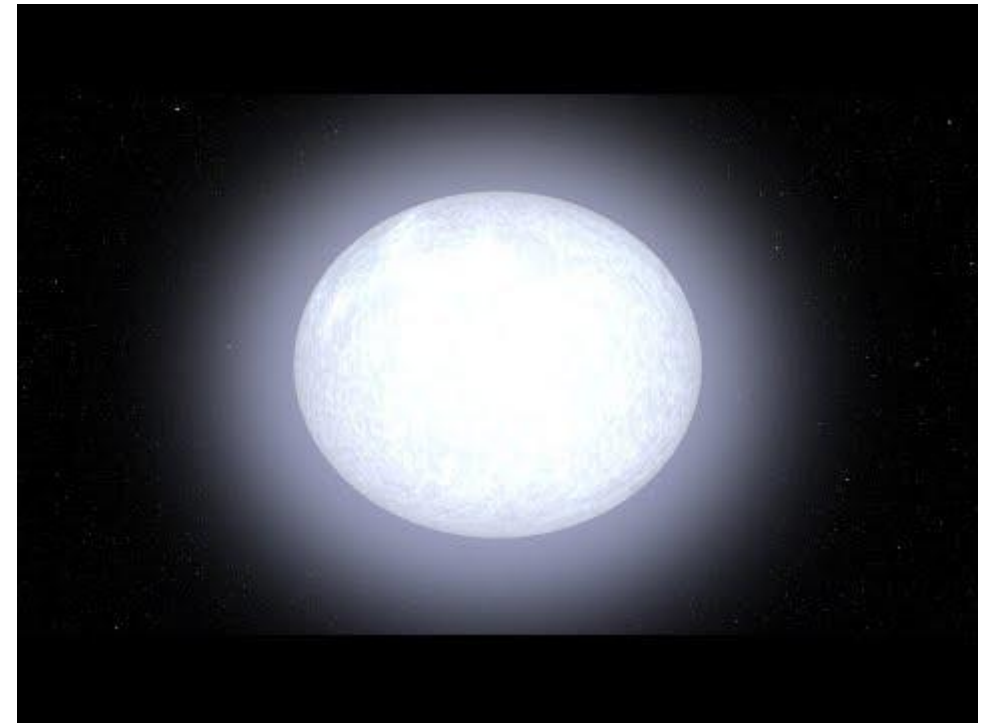
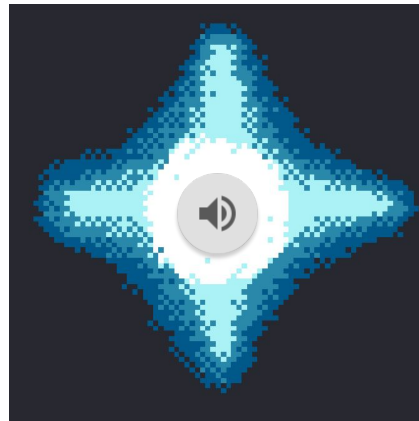
Is dit mogelijk? *STAR WARS 1-7 ~ SPACE SCENES*

<https://youtu.be/g54KvnPWdO8>

Hoe kunnen we een ster horen?

Hoe kunnen we stertrillingen waarnemen?

*Geluid geproduceerd door
een andere Delta Scuti ster*



*Voorbeeld van een **trillende** Delta Scuti ster
(bron Nasa)*

Wat zie je?

Hoe kunnen we een ster horen?

Besluit:

- Sommige sterren **trillen**: ze zijn dus een **bron van geluid**.
- We weten hoe ze trillen dankzij een **variatie in lichtintensiteit**.

Wanneer een ster inkrimpt, wordt ze heter en zendt ze meer licht uit; wanneer ze uitzet, wordt ze weer koeler en zendt ze minder licht uit.

- Deze wordt **gemeten** met telescopen.
- De variatie in lichtintensiteit wordt **omgezet in geluid**.
- In de ruimte kunnen we sterren niet horen, we zouden ze kunnen horen indien er **...een middenstof**..... zou zijn.



Kepler ruimtetelescoop (NASA)



Trillende Delta Scuti ster
(bron Nasa)

Voortplanting: hoe komt het geluid tot ons oor?

Visualisatie aan de hand van een model

Neem een slinky, leg die horizontaal, rek die uit aan een uiteinde en geef een puls. Wat gebeurt er?



- A. Je ziet duidelijk enkele ringen van de veer zich over de volledige lengte verplaatsen.
- B. Enkel de verdichting en verdunning van de ringen verplaatsen zich. De ringen keren terug naar hun begintoestand.

Schrijf je antwoord in de chat.

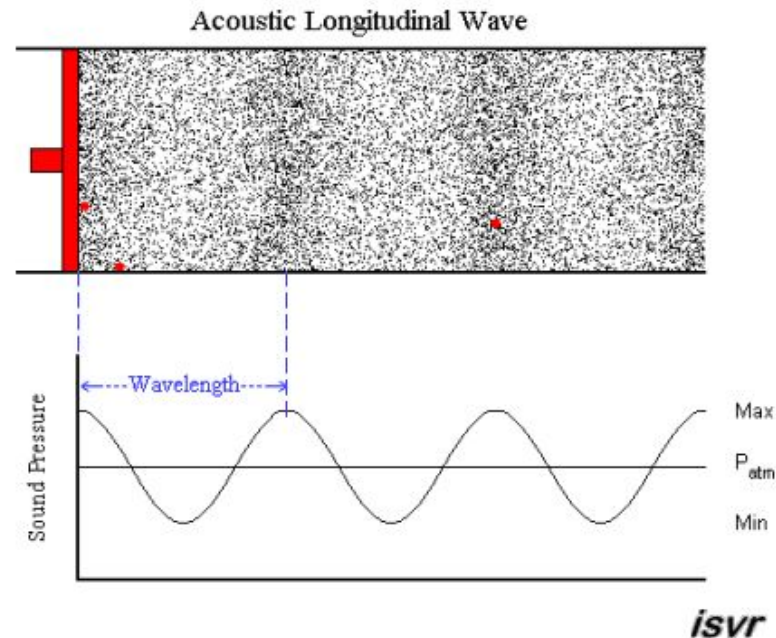
Voortplanting: hoe komt het geluid tot ons oor?

Besluit:

Geluid gedraagt zich zoals een golf in de slinky: bij een **geluidsgolf** in de lucht zijn het de **luchtdeeltjes** die heen en weer bewegen en veroorzaken een **verdunning en verdikking die zich verplaatst** doorheen de lucht. **Geluid is dus een drukgolf in de lucht.**

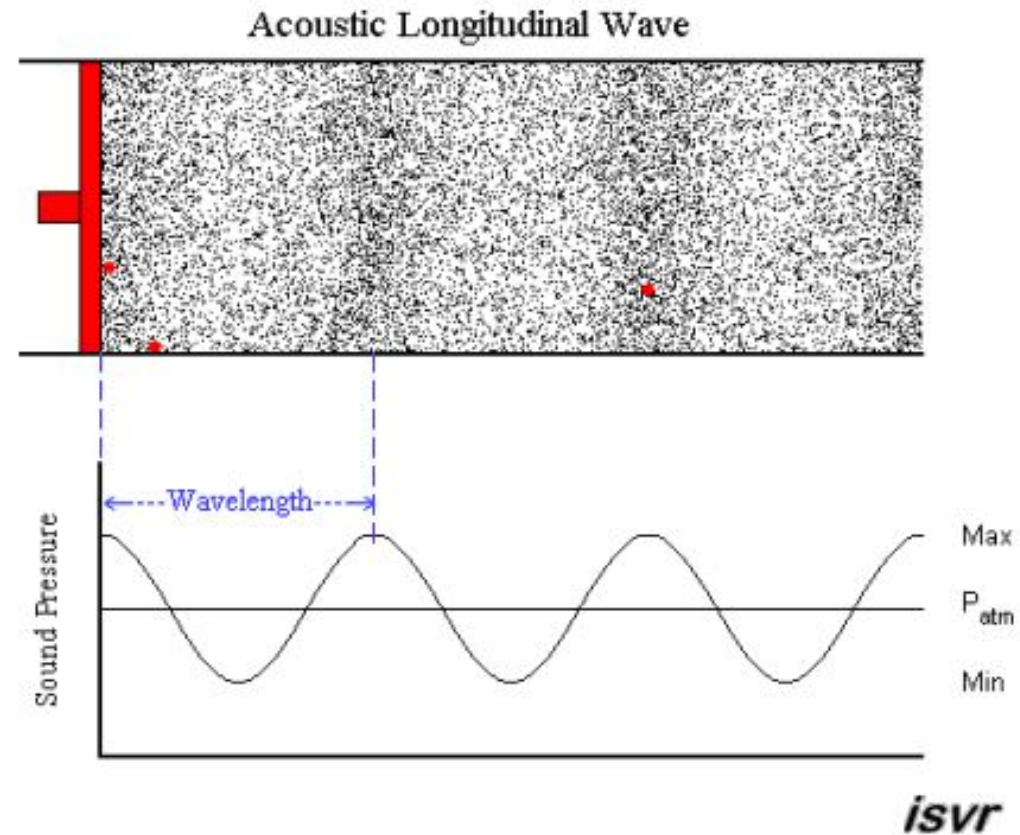
Geluidsgolven hebben een **medium/middenstof** nodig om zich voor te planten.

In de **ruimte** kunnen we dus de sterren niet horen (misschien wel indien we op de ster zouden kunnen gaan staan).



Een **model** voor de voortplanting van geluid

Voortplanting:
hoe komt het
geluid tot ons
oor?



Druk golf voorgesteld als een sinusgolf:

- maxima: maximale druk
- minima: minimale druk

Wat is geluid, wat is toon?

Hoe kunnen we de golfvorm visualiseren/meten?

Vind je een **patroon** dat zich herhaalt in de tijd?

<https://workbench.imuscica.eu/> (2D visualisatie)

- Van instrumenten: b.v. fluit, ukulele,...
- Klappen/wrijven in de handen

□ Vergelijk de verschillende golfvormen:
in welke gevallen zie je een duidelijk patroon?



Wat is geluid, wat is toon?

Golfvorm visualiseren/meten:

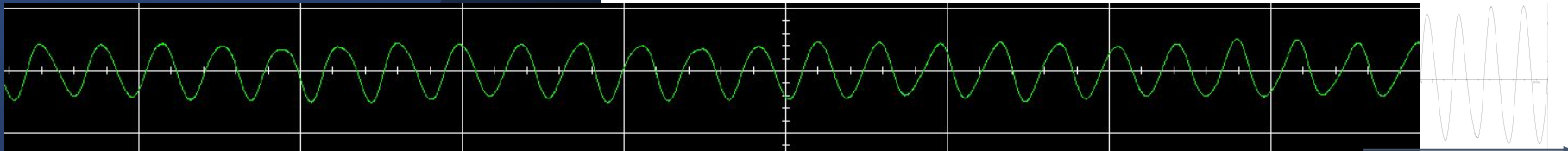
Vind je een **patroon** dat zich herhaalt in de tijd?

<https://workbench.imuscica.eu/> (2D visualisatie)

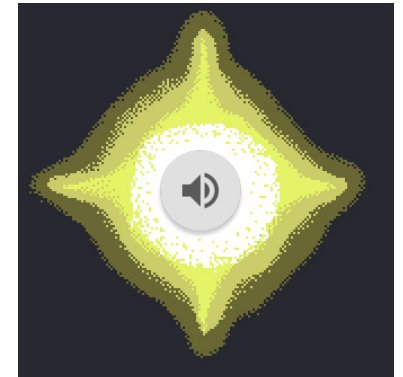
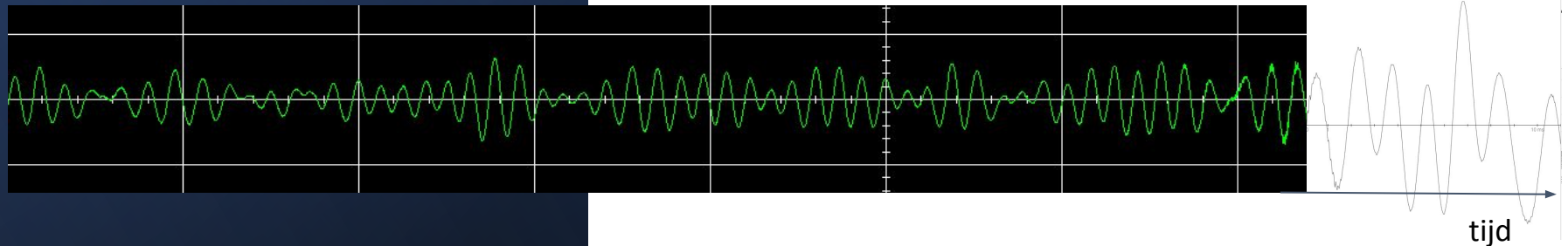
- Van sterren

□ Vergelijk de verschillende golfvormen:
in welke gevallen zie je een duidelijk patroon?

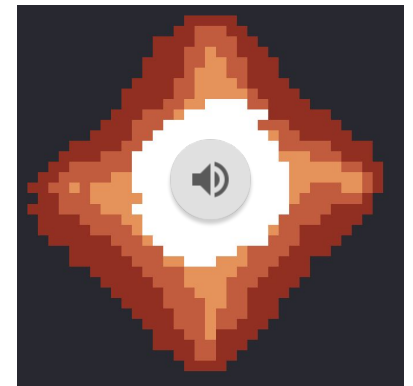
Meer toonhebbend



Minder toonhebbend



Cepheïde ster

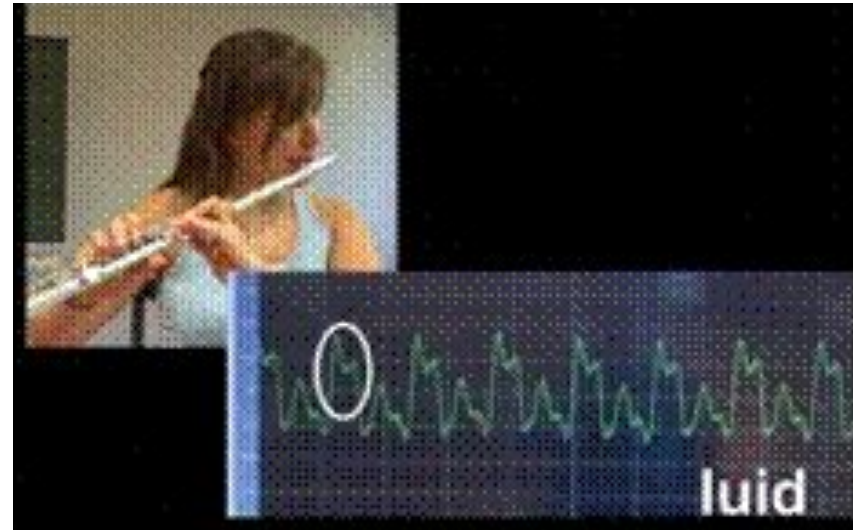


Zonachtig-trillende ster

Luid of minder luid?

Amplitude

Speel een toon eerst luid, dan zachter.
Meet de golfvorm: wat is verschillend?



Hogere, lagere tonen?

Frequentie

Toonhoogte en frequentie meten:

<https://workbench.imuscica.eu/> (2D visualisatie)

Van instrumenten

bv. La heeft frequentie van 440 Hz = 440 trillingen per seconde

Speel twee verschillende tonen met de keyboard (*flute*): een lage en een hogere toon. Meet met de 2D visualisatie: wat zie je in het patroon? Is er een verschil in de golfvorm?

Hogere, lagere tonen?

Frequentie

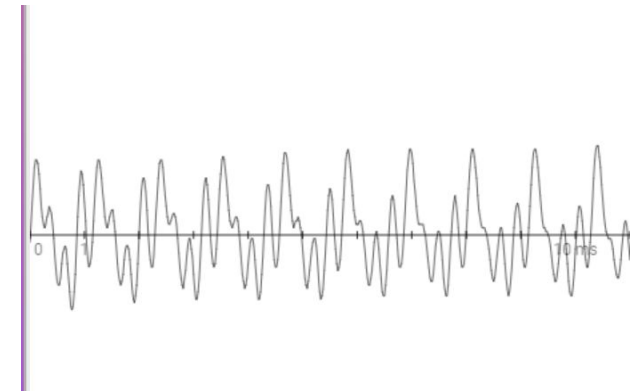
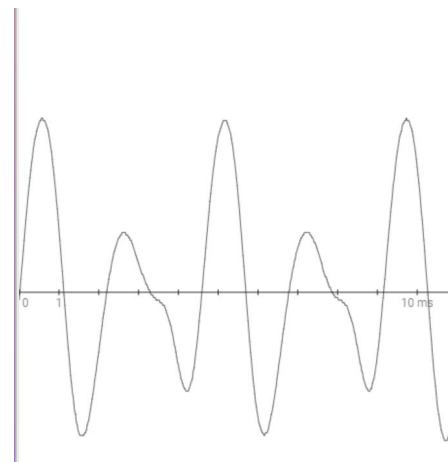
Toonhoogte en frequentie meten:

<https://workbench.imuscica.eu/> (2D visualisatie)

Van instrumenten

bv. La heeft frequentie van 440 Hz = 440 trillingen per seconde

Speel twee verschillende tonen met de keyboard (flute): een lage en een hogere toon. Meet met de 2D visualisatie: wat zie je in het patroon? Is er een verschil in de golfvorm?

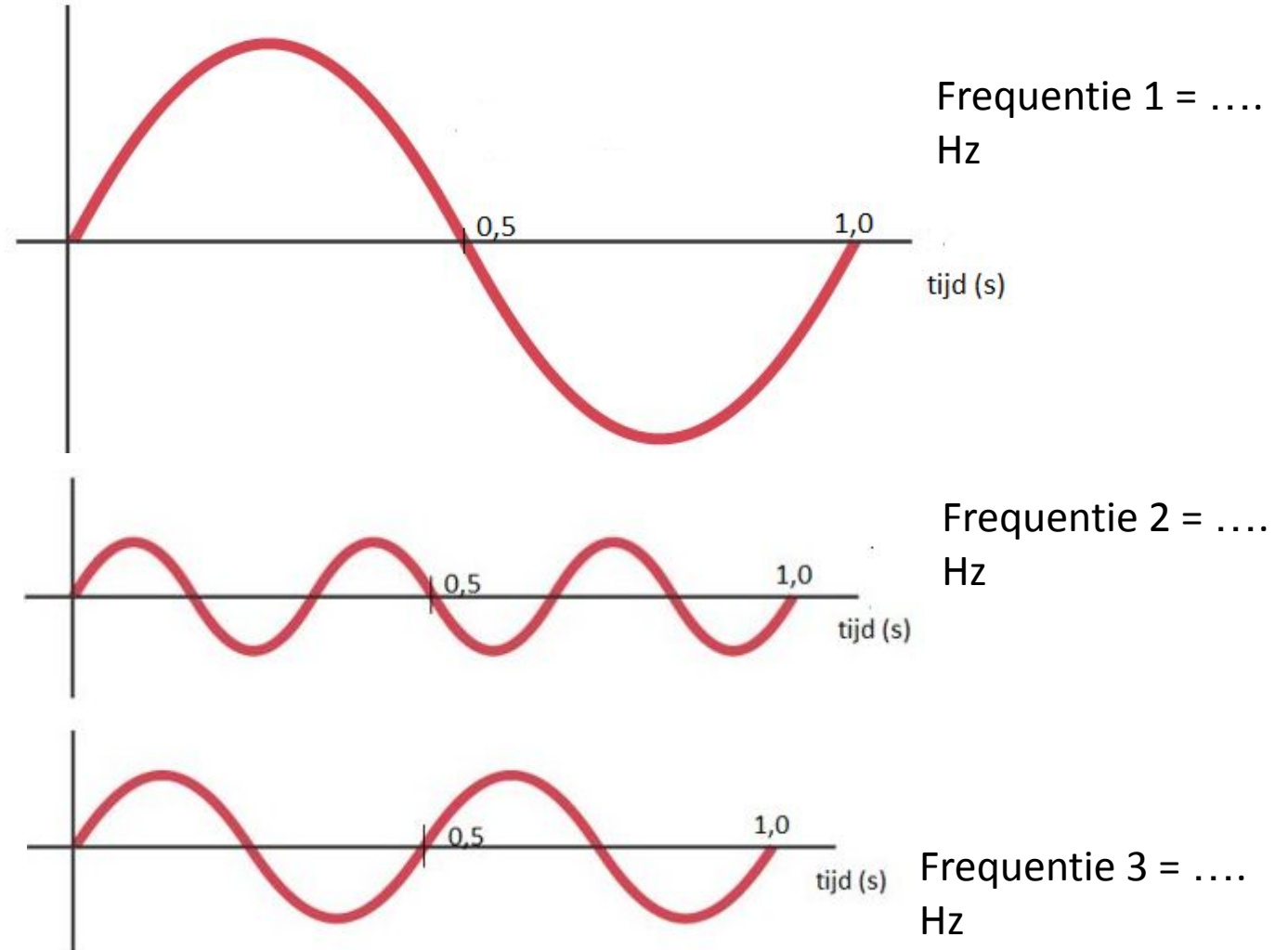


Hogere, lagere
tonen?

Frequentie

Toonhoogte en frequentie

Oefening: hoeveel keer herhaalt zich het patroon in 1 s?



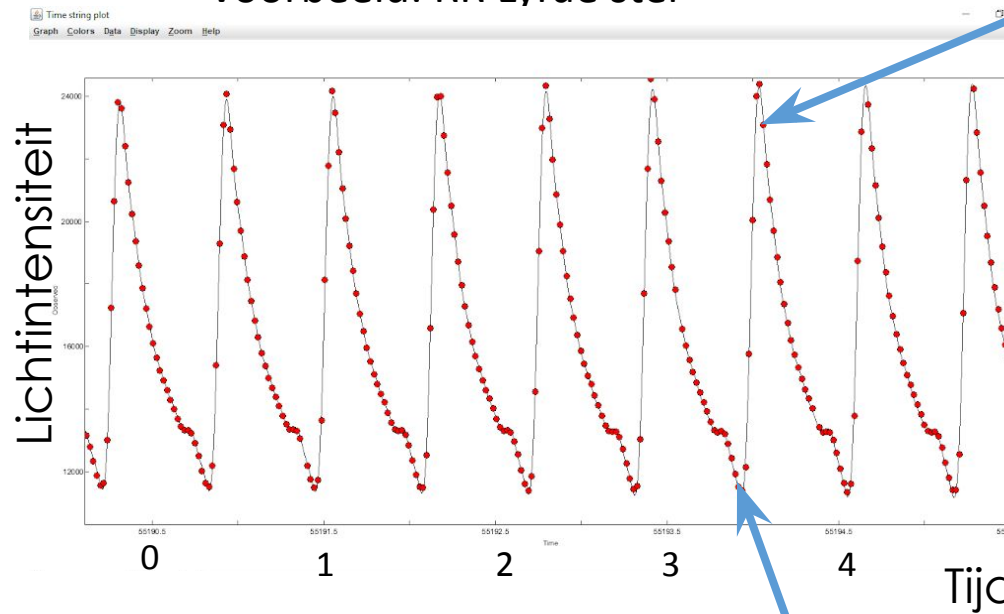
Hoe kunnen we een ster horen?

De **golfvorm** van trillende sterren

- Sommige sterren **trillen**: ze zijn dus een **bron van geluid**.
- De variatie in lichtintensiteit wordt **omgezet in geluid**.

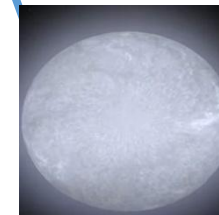
Lichtcurve van een trillende ster

Voorbeeld: RR Lyrae ster



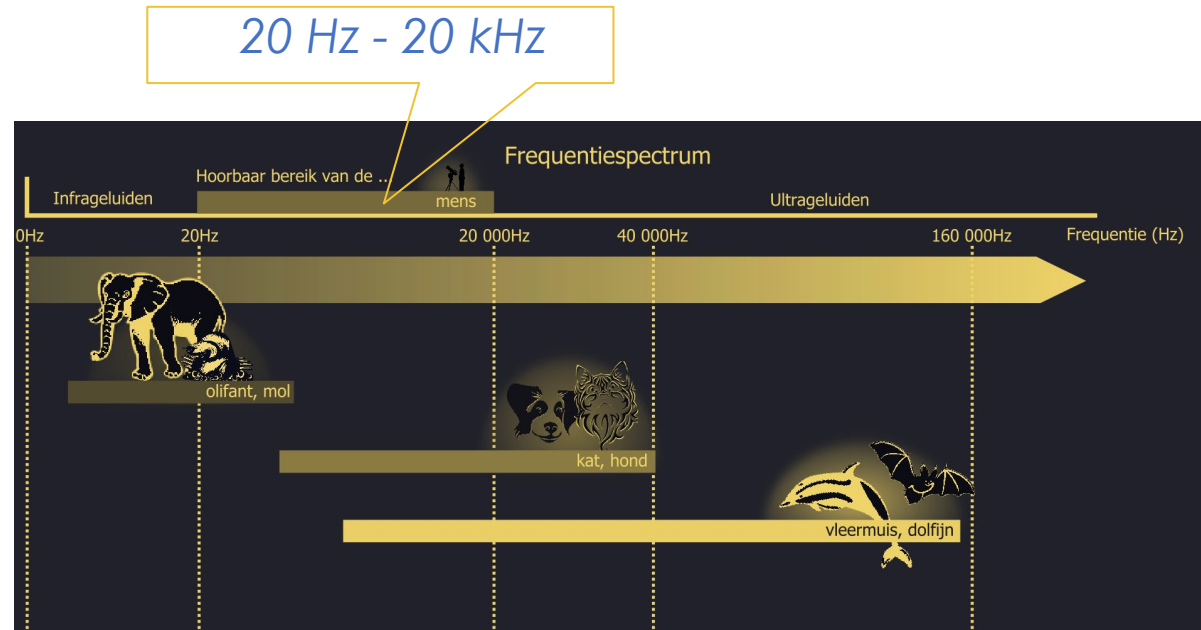
Frequentie trilling van $\sim 1-10$ cy/dag!

Is dit hoorbaar?



Ontvanger: Gehoorspectrum

Wat is het gehoor spectrum van de mens?



Gehoorspectrum van **dieren**:

- Olifanten: gebruiken bromtonen van 13-35 Hz om te communiceren (**infrageluiden**)
- Vleermuizen: gebruiken **ultrageluiden** (15 kHz-120 kHz) om te communiceren
- ...

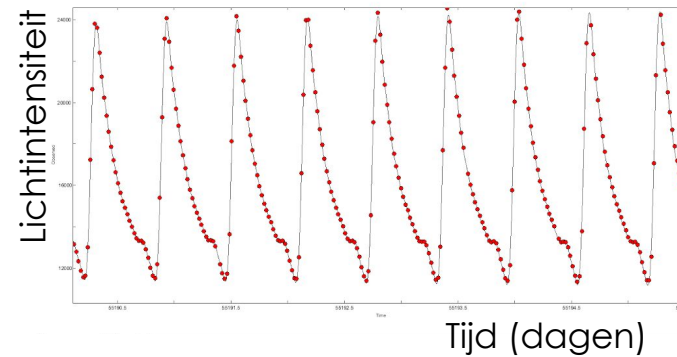
Is het mogelijk om deze geluiden hoorbaar te maken voor de mens?

<https://youtu.be/kp5jyZtoTlg>

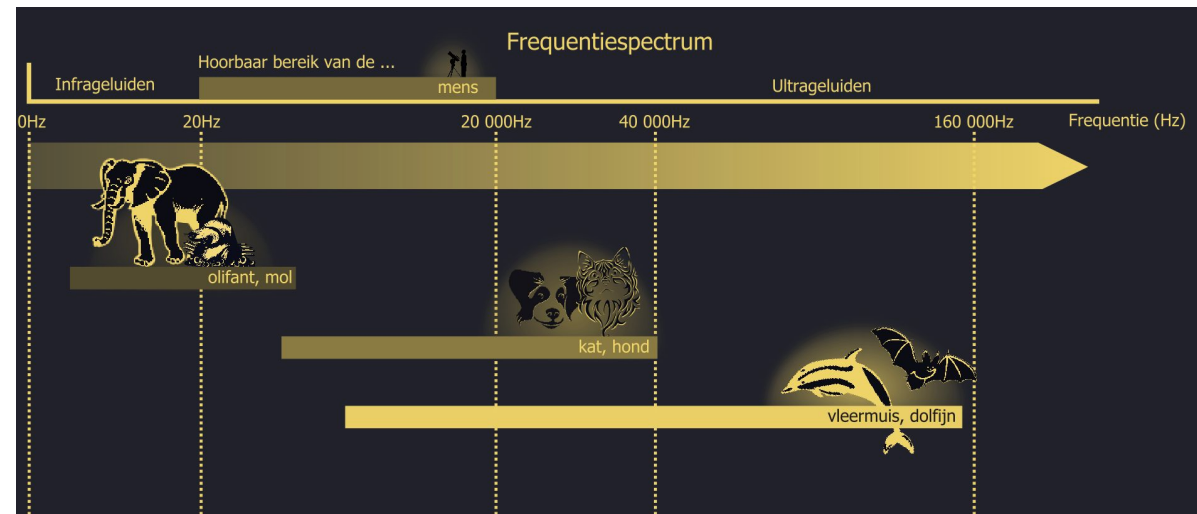
Ontvanger: Gehoor spectrum

**Sterren trillen met frequenties tussen *1 trilling per dag en 1 trilling per jaar!*
Is dit hoorbaar voor de mens?**

Voorbeeld: RR Lyrae ster



Waar kunnen we sterren plaatsen in deze afbeelding?



We kunnen de trillingen van sterren vermenigvuldigen met een bepaalde factor zodat ze hoorbaar worden.

Ontvanger: Gehoorspectrum

Oefening

Een vleermuis zendt een geluidssignaal uit van 100.000 Hz.
Zet het geluid van een vleermuis om in hoorbaar geluid van 1000 Hz: door welk getal zou je delen ?

frequentie = 100.000 cy/s → omzetten naar 1000 cy/s

frequentie = 100.000 (cy/s) / 100 = 1000 cy/s

Een ster trilt met een frequentie van 1 cy/dag. Zet het geluid van deze ster om in hoorbaar geluid van 1000 Hz: met welk getal zou je de frequentie vermenigvuldigen?

frequentie = 1 keer / 24h = 1 keer / (60*60*24 s) = 1/(86400 s)

frequentie = 1/(86400 s) * 86400 = 1Hz

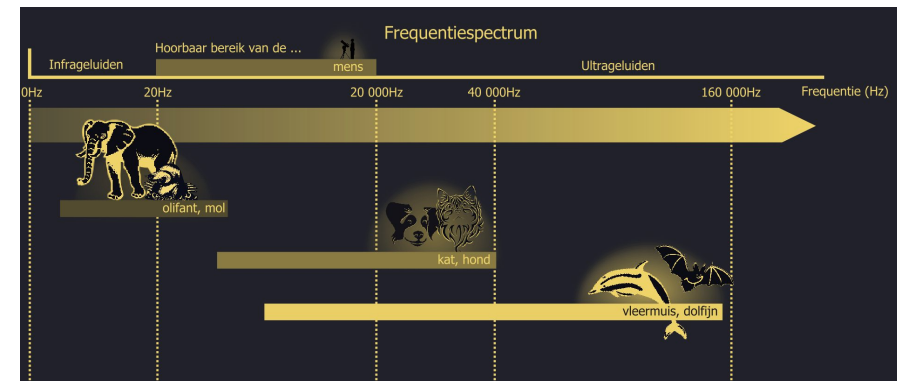
frequentie = 1/(86400 s) * 86400 * 1000 = 1000 Hz

frequentie = 1/(86400 s) * 86.400.000 = 1000 Hz

Meestal mikken we op ~100 Hz

→ Factor voor sterren

~1.000.000



Toonhoogte en afmetingen

Is er een verband tussen afmetingen en toonhoogte?

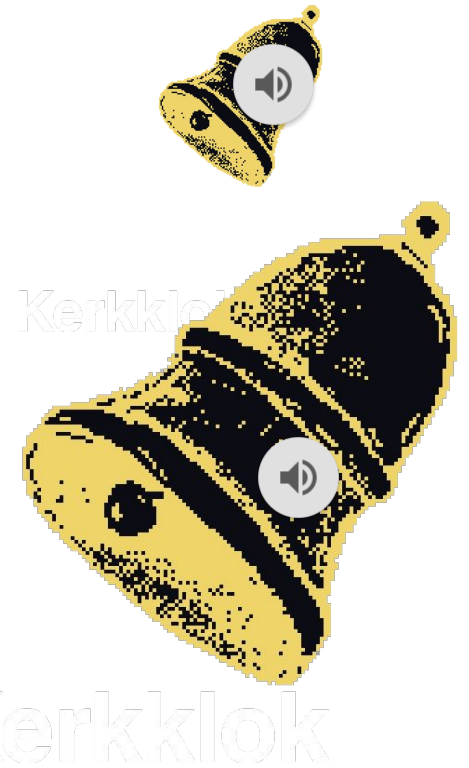
Toonhoogte en afmetingen...

...van instrumenten: xylofoon, snaar korter of langer...

Zal de grote klok lager of hoger klinken dan de kleine klok?

Schrijf je antwoord in de chat.

Bespelen en luisteren naar de toonhoogte:



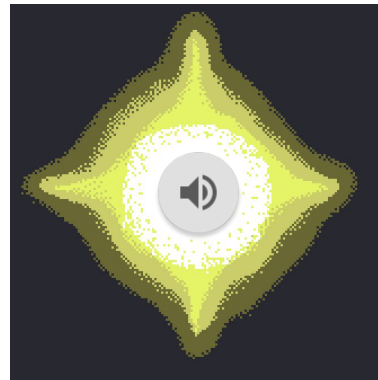
Toonhoogte en afmetingen

Besluit:

- hoe **groter** de bron van het geluid, hoe ^{lager} de toon
- hoe **kleiner** de bron van het geluid, hoe ^{hoger} de toon

Geldt dit ook voor de **sterren**?

Afmetingen van sterren afleiden uit hun toonhoogte.



Cepheide ster



RR Lyrae ster

RR Lyrae sterren zijn iets *kleiner* dan Cepheide sterren!

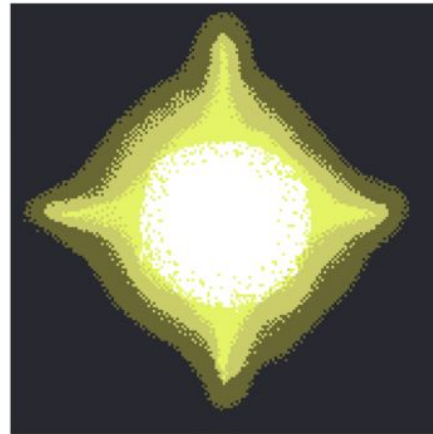
Toonhoogte en afmetingen

Oefening

Luister naar de sterren op de kaartjes door de QR-codes te scannen.
Zet de sterren in de juiste volgorde van klein naar groot.

<https://www.astrosounds.be/doemee/teaser-toonhoogte>

Cepheide
Ster code: 202064435



Oplossing

Toonhoogte
en afmetingen

RR Lyrae
KQUMA



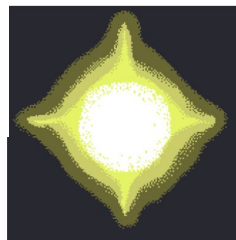
RR Lyrae
Ster code: kplroo6186029



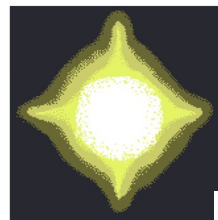
RR Lyrae
Prototype



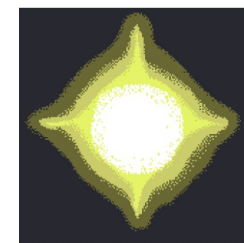
Cepheide
Ster code: 202064447



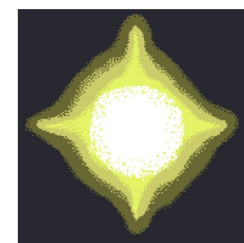
Cepheide
Ster code: 202064435



Cepheide
Beta Doradus



Cepheide
Ster code: EPIC 210622262



Klein -----> Groot

Eigenfrequenties

Frequentie

Natuurtonen

Natuurlijke eigentrillingen van instrumenten:
kan je tonen voortbrengen, een melodie spelen
zonder randvoorwaarden te wijzigen (lengte, dichtheid...)?

[Rij van discrete tonen op een Alpenhoorn](#)



Produceer *natuurtonen* op een draaibuis, een Ierse fluit, een monochord.

<https://workbench.imuscica.eu/>

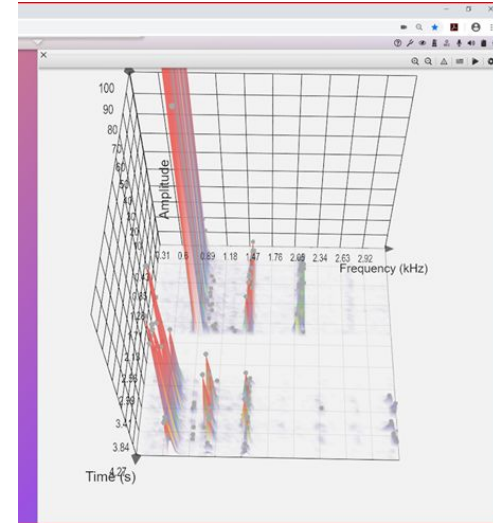
3D geluidsvizualisatie

Natuurtonen

Produceer *natuurtonen* op een draaibuis.

<https://workbench.imuscica.eu/>

3D geluidsvisualisatie



Eigenfrequenties

Kan je frequenties daartussen produceren?

n	fn (Hz)	Verschil (Hz)	Verhouding fn/f1
1	200	200	1
2			
3			
4			

Eigenfrequenties

Frequentie

Natuurtonen

Produceer *natuurtonen* op een ierse fluit.

<https://workbench.imuscica.eu/>

3D geluidsvisualisatie



n	f_n (Hz)	Verschil (Hz)	Verhouding f_n/f_1
1	600	600	1
2			
3			
4			

Eigenfrequenties

Frequentie

Natuurtonen

Produceer *natuurtonen* op een monochord.

<https://workbench.imuscica.eu/>

3D geluidsvisualisatie



n	f_n (Hz)	Verschil (Hz)	Verhouding f_n/f_1
1			1
2			
3			
4			

Eigenfrequenties: grondtoon en harmonieken

Natuurtonen

Voorbeeld: draaibuis

n	$f_n(\text{Hz})$	Verschil (Hz)	Verhouding f_n/f_1
1	200	200	1
2	400	200	2
3	600	200	3
4	800	200	4
5

← grondtoon
of 1ste harmoniek

2de en hogere harmonieken
of boventonen

De frequenties van de natuurtonen verhouden zich als
eenvoudige gehele getallen!

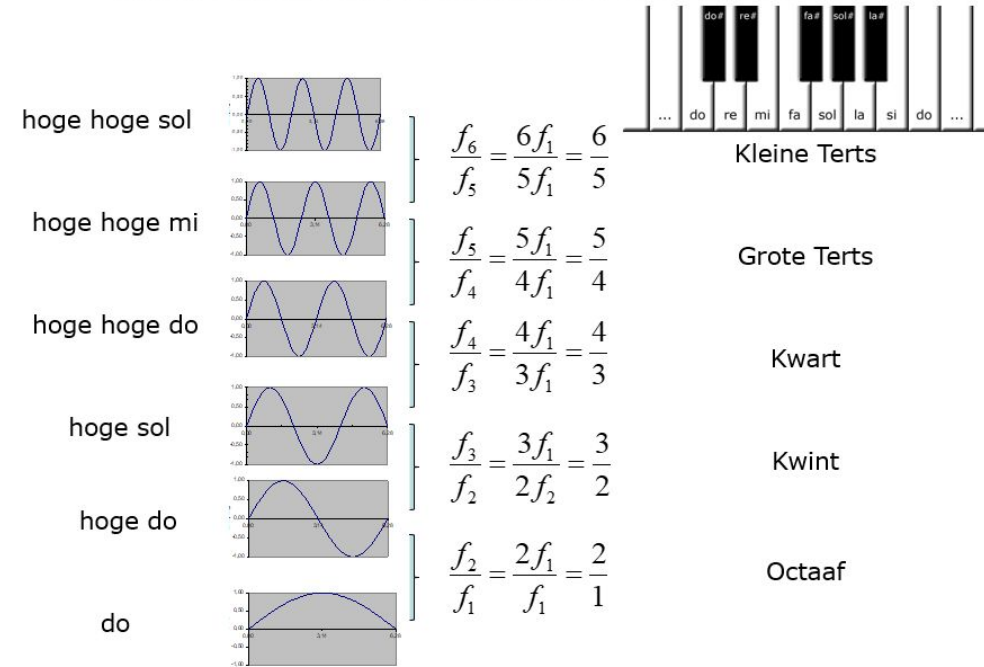
De eigenfrequenties zijn gehele veelvouden van elkaar.

De laagste eigenfrequentie f_1 is de grondtoon of 1ste harmoniek.

Rij van harmonieken $f_1, 2f_1, 3f_1, 4f_1 \dots$

Mathematische orde achter natuurtonen: basis van muziek

Intervallen zijn frequentieverhoudingen

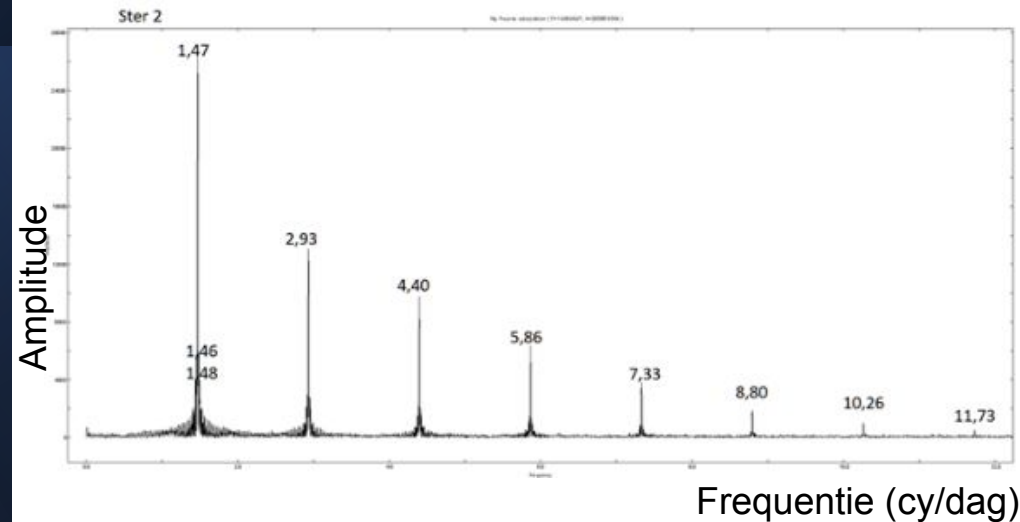
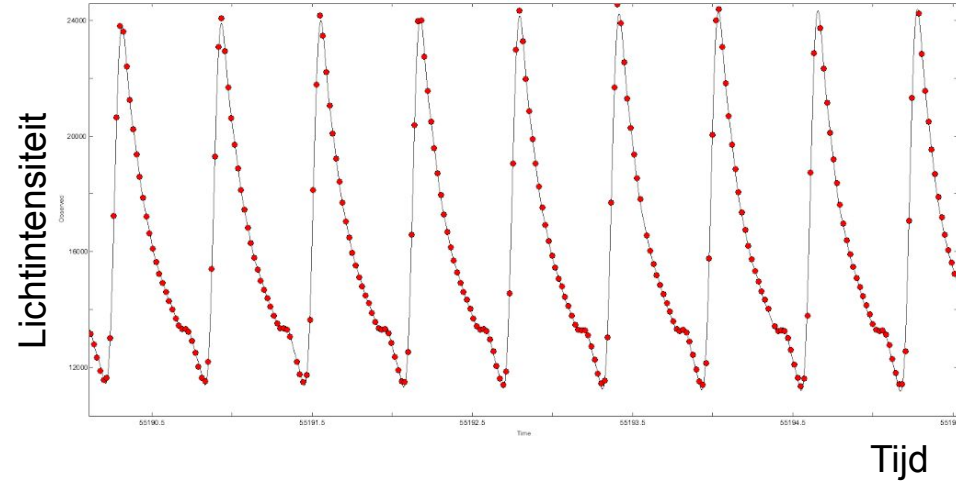


De frequenties van
de natuurtonen
verhouden zich als
eenvoudige gehele
getallen!

Plato beschouwde de eenvoudige muzikale verhoudingen als
datgene waaruit het universum is opgebouwd.
'Muziek der sferen'

Eigenfrequenties van sterren

Voorbeeld van toonhebbende ster: **RR Lyrae ster**
Klinkt heel harmonisch.



RR Lyrae I – kplr006186029		
	cy/dag	rel. amplitude
F1	1,466	1,00
F2	2,932	0,50
F3	4,399	0,37
F4	5,865	0,24
F5	7,331	0,11
F6	8,797	0,07
F7	10,264	0,04
F8	1,459	0,03
F9	11,731	0,02
F10	1,475	0,02

Hebben sterren ook Klankkleur?

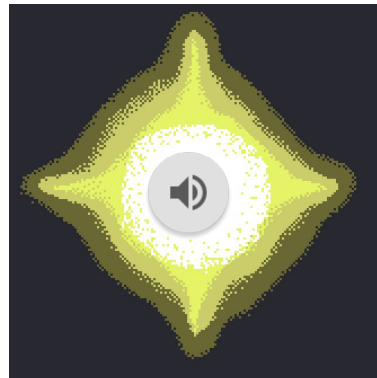
Luisteren

Speel een la (440 Hz) op twee verschillende instrumenten.

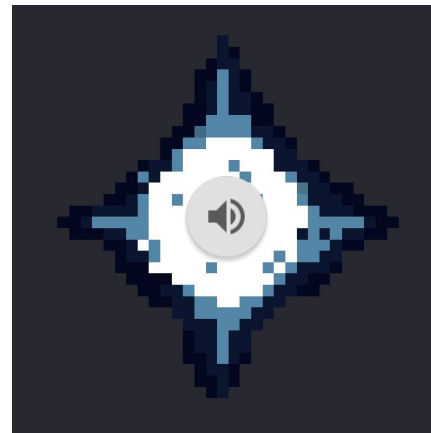
Luister goed.

De toonhoogte is dezelfde, toch klinken ze anders.
Hoe komt dat?

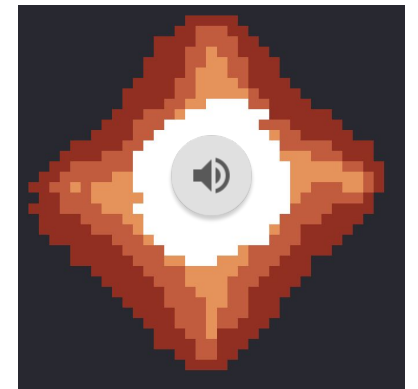
Geldt dit ook voor sterren? (Let op: deze sterren produceren ook
verschillende frequenties)



Cepheïde ster



RR Lyrae ster



Ster die trilt zoals de Zon

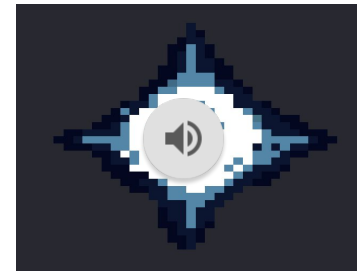
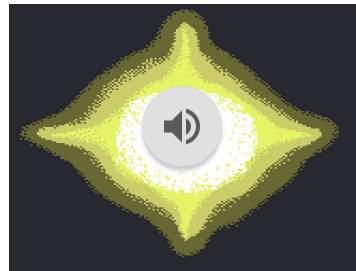
Klankkleur

Speel een la (440 Hz) op twee verschillende instrumenten.

De toonhoogte is dezelfde, toch klinken ze anders. Hoe komt dat?

Meet Golfvorm

Meet de golfvorm van de sterren

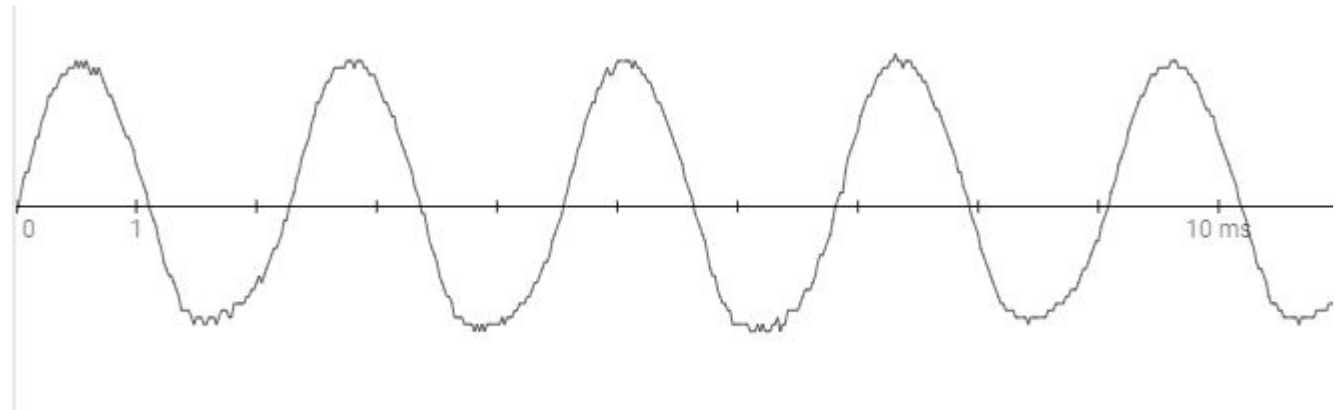


Wat is gelijk, wat is verschillend?

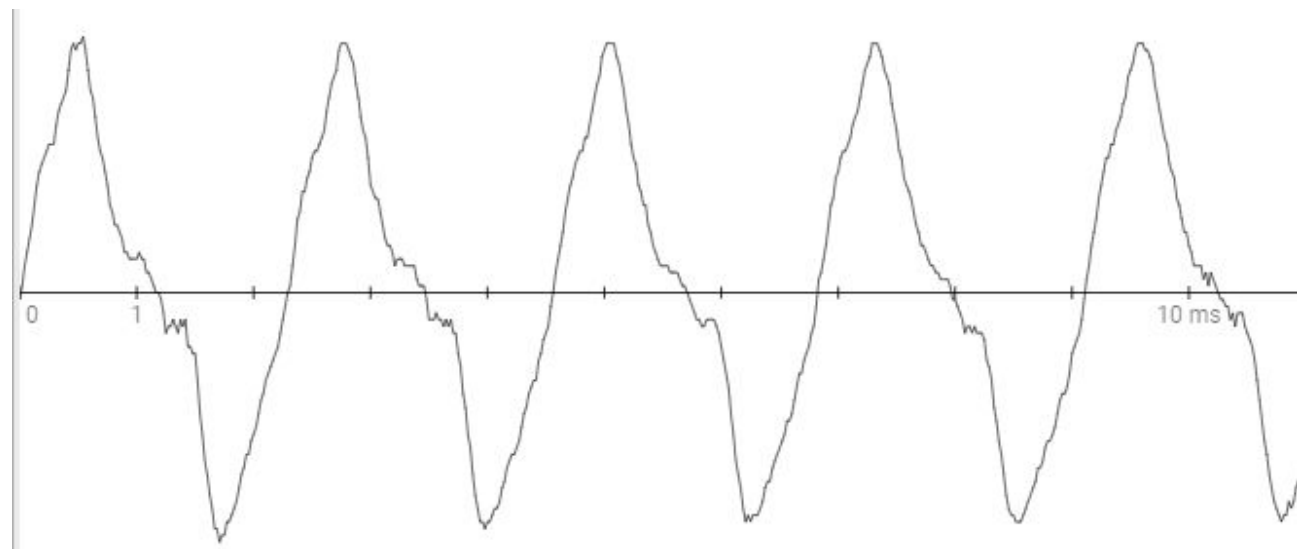
<https://workbench.imuscica.eu/> (2D visualisatie)

Klankkleur

Golfvorm van een Piano (440 Hz)



Golfvorm van een viool (440 Hz)

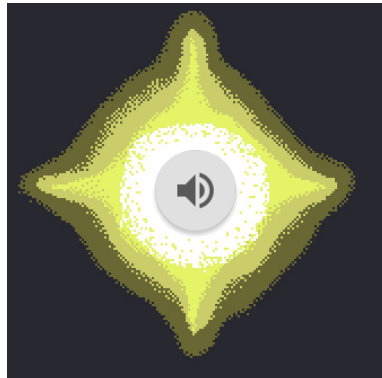


Klankkleur

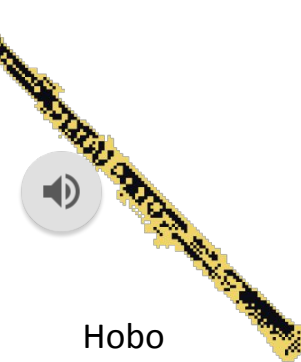
Luister nu naar deze twee sterren en instrumenten.

Welke ster klinkt een beetje zoals een gong?

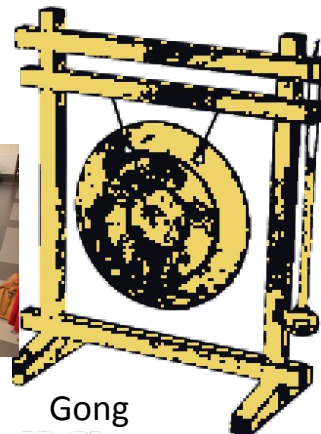
Welke ster klinkt een beetje zoals een hobo?



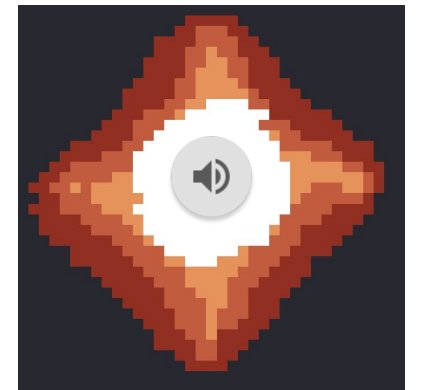
Cepheide ster



Hobo



Gong

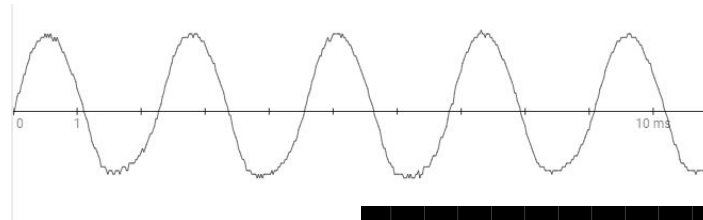


Ster die trilt zoals de Zon

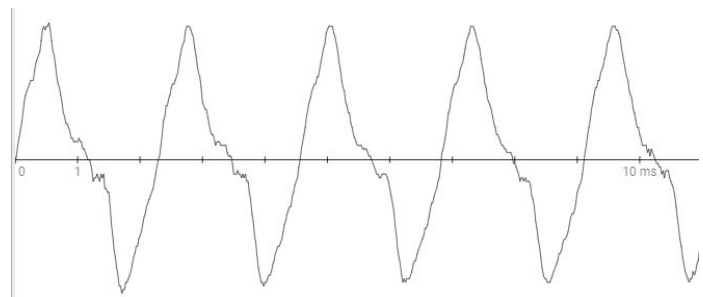
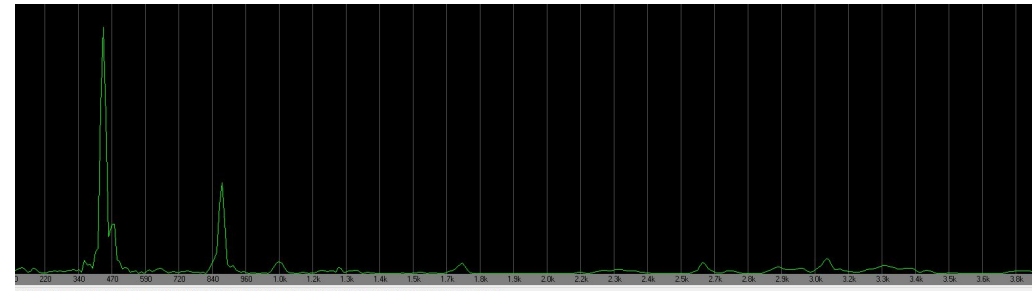
Klankkleur Spectrum meten

Speel nu een la (440 Hz) op de piano en de viool.

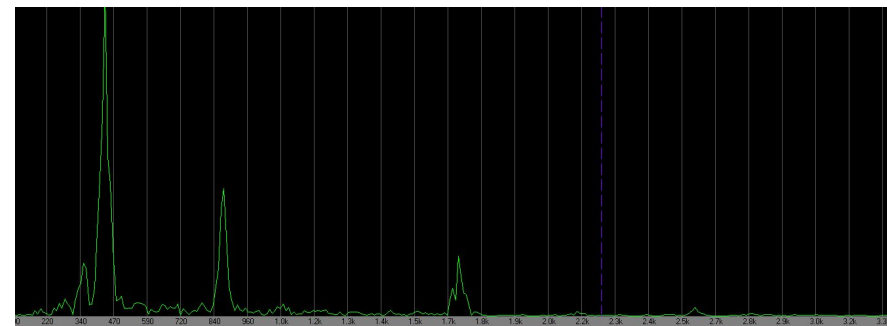
Meet nu het spectrum: <https://workbench.imuscica.eu/> (3D visualisatie)



Piano



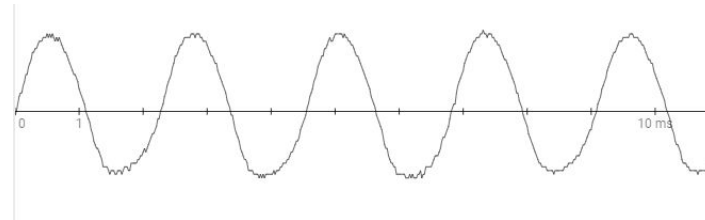
Viool



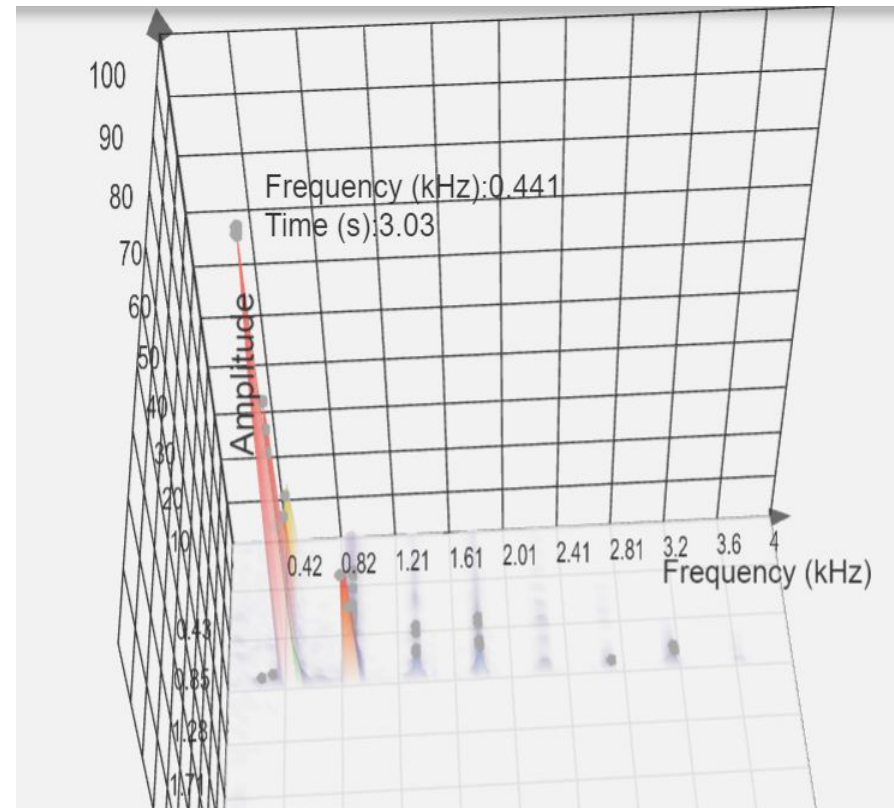
Klankkleur Spectrum meten

Speel nu een la (440 Hz) op de piano en de viool.

Meet nu het spectrum: <https://workbench.imuscica.eu/> (3D visualisatie)



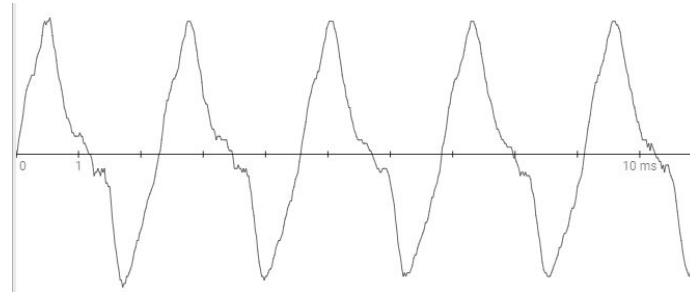
Piano



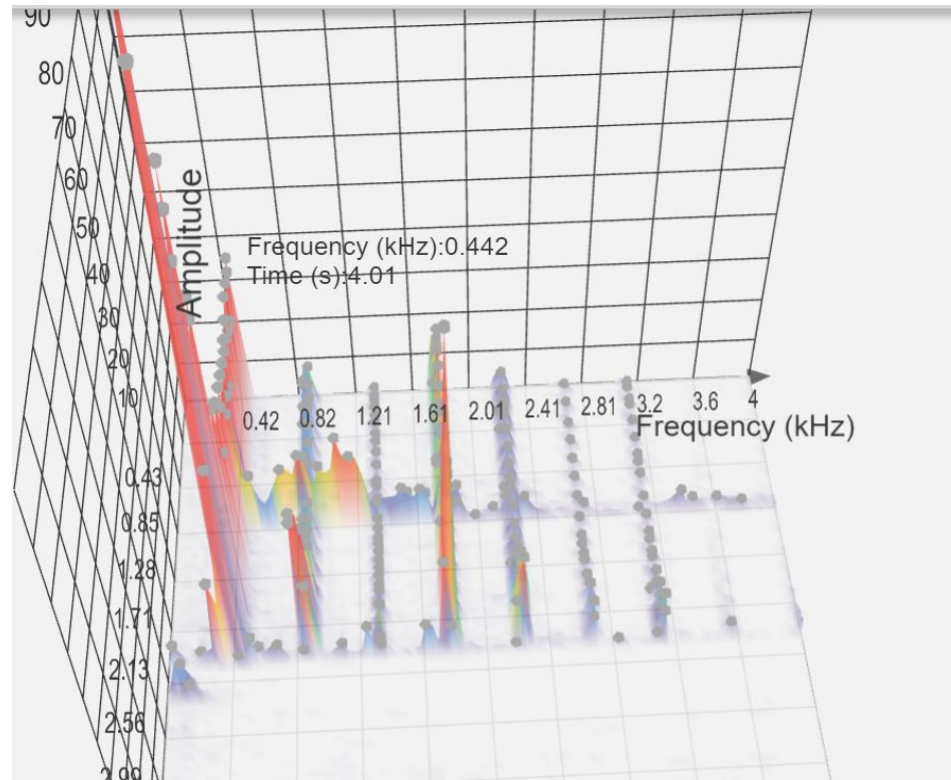
Klankkleur Spectrum meten

Speel nu een la (440 Hz) op de piano en de viool.

Meet nu het spectrum: <https://workbench.imuscica.eu/> (3D visualisatie)



Viool

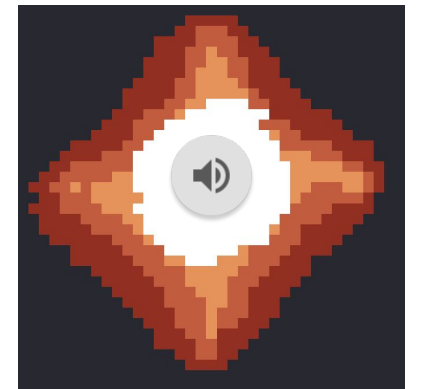
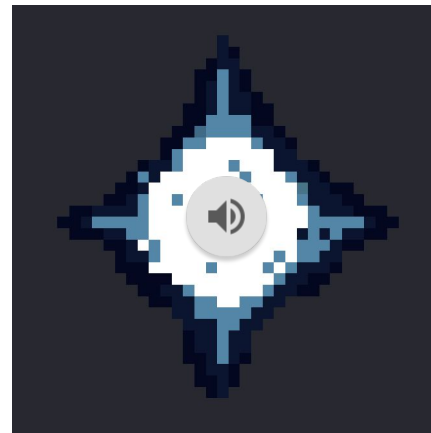
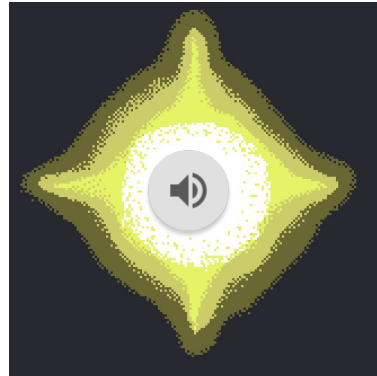


Klankkleur

Besluit

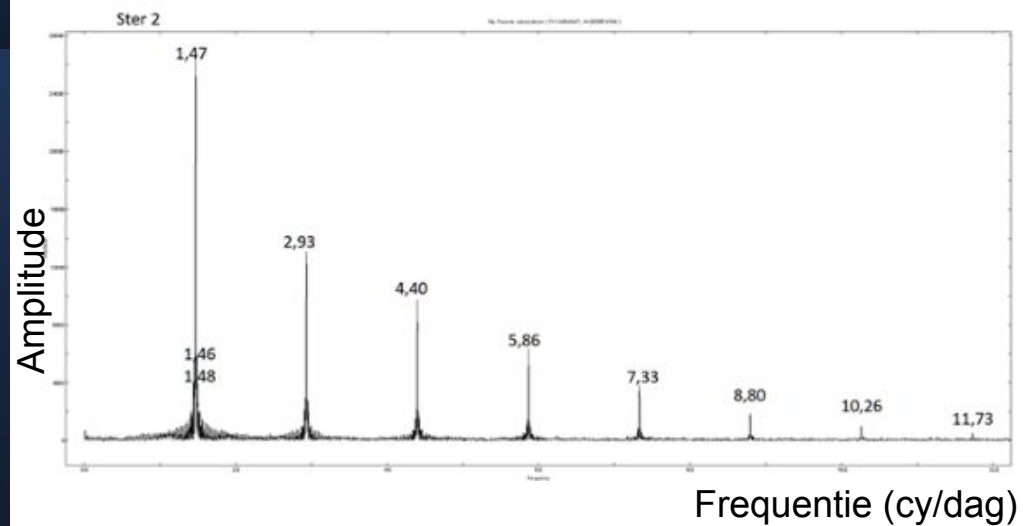
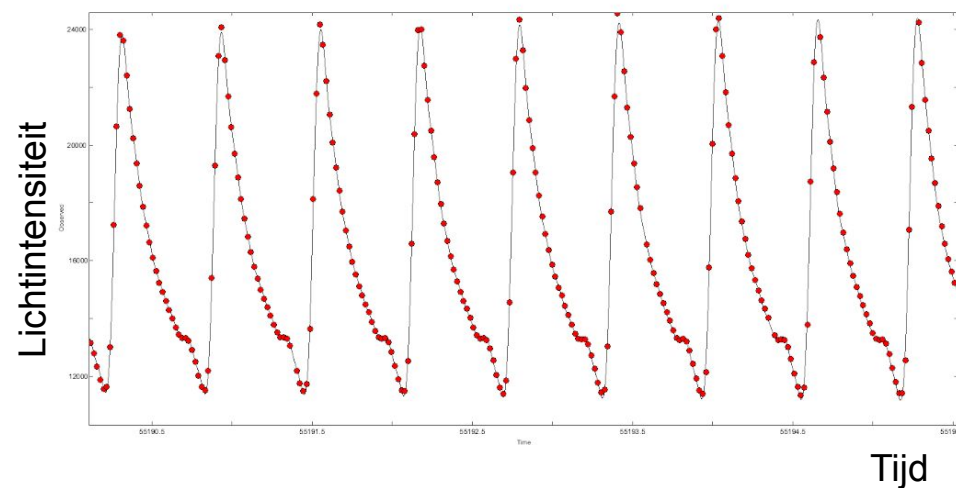
Elk muziekinstrument, elke stem heeft een bepaalde 'klankkleur'.
Het klinkt anders. Ook de golfvorm ziet er anders uit.

- Vergelijk de verschillende golfvormen en klankkleur van de sterren.
- Is het mogelijk om de sterren te **herkennen** op basis van hun **klankkleur**?
- Meet het spectrum



Klankkleur synthetiseren

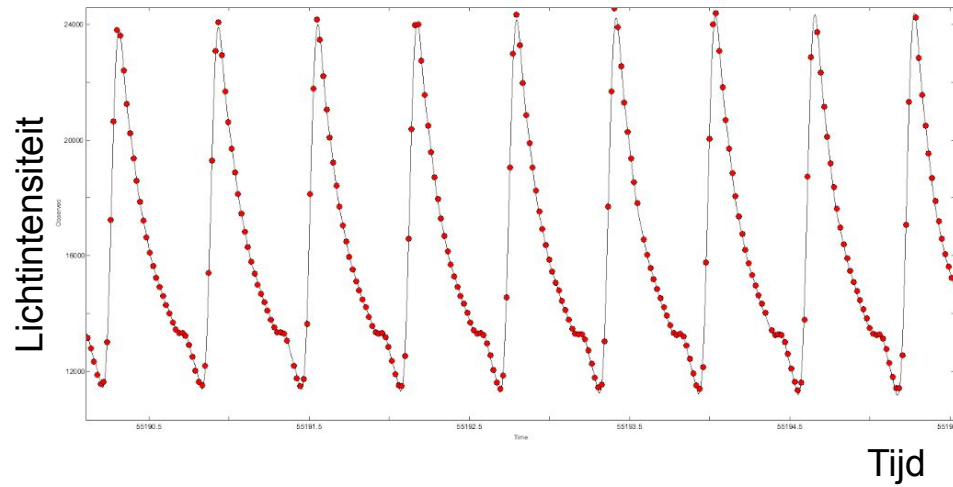
Klankkleur van een RR Lyrae ster



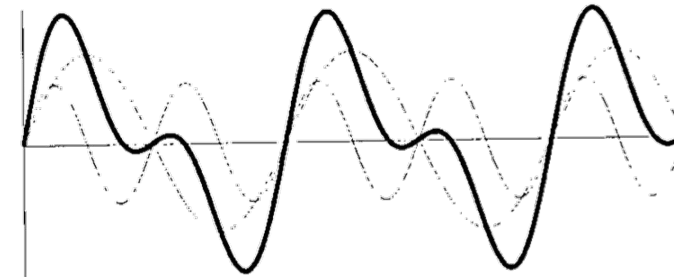
RR Lyrae I – kplr006186029		
	cy/dag	rel. amplitude
F1	1,466	1,00
F2	2,932	0,50
F3	4,399	0,37
F4	5,865	0,24
F5	7,331	0,11
F6	8,797	0,07
F7	10,264	0,04
F8	1,459	0,03
F9	11,731	0,02
F10	1,475	0,02

Klankkleur synthetiseren

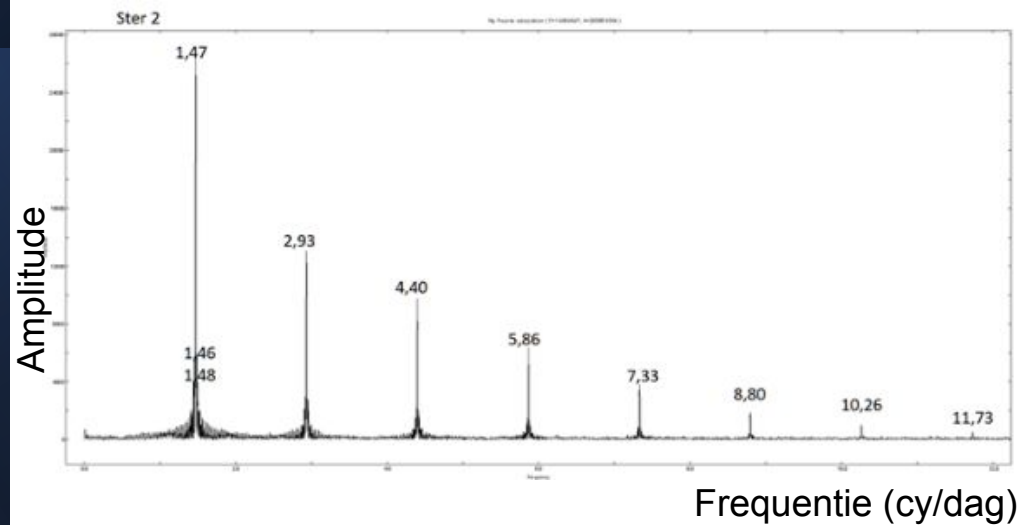
Klankkleur van een RR Lyrae ster



geeft de complexere klankkleurrijke golfvorm



uitwijkingen tellen op!



Som van de sinussen van grondtoon en boventonen

Klankkleur synthetiseren

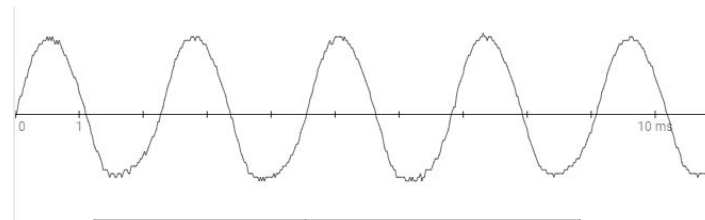
Klankkleur synthetiseren met

- Toonsynthesizer van iMuSciCA
- Sonic Pi

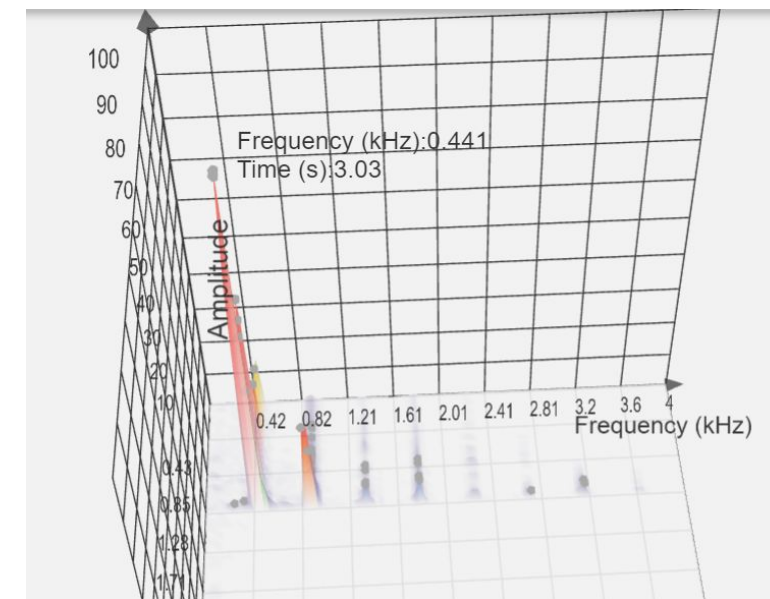


Klankkleur synthetiseren





Klankkleur van een la op de piano synthetiseren met iMuSciCA











	Hz	rel. amplitude
F1	440	1,00
F2	880	0,33
F3	1320	0,05
...



<https://workbench.imuscica.eu/> -> Toonsynthesizer

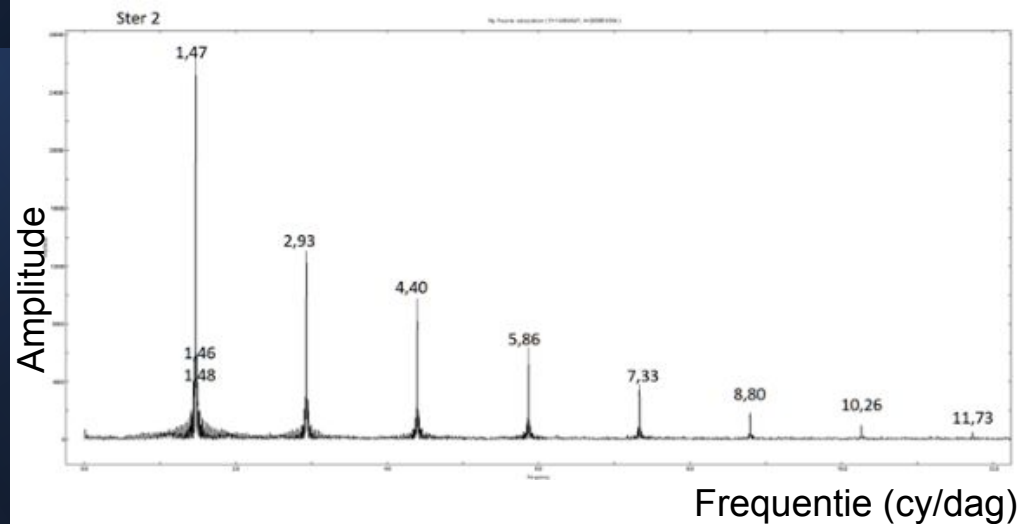
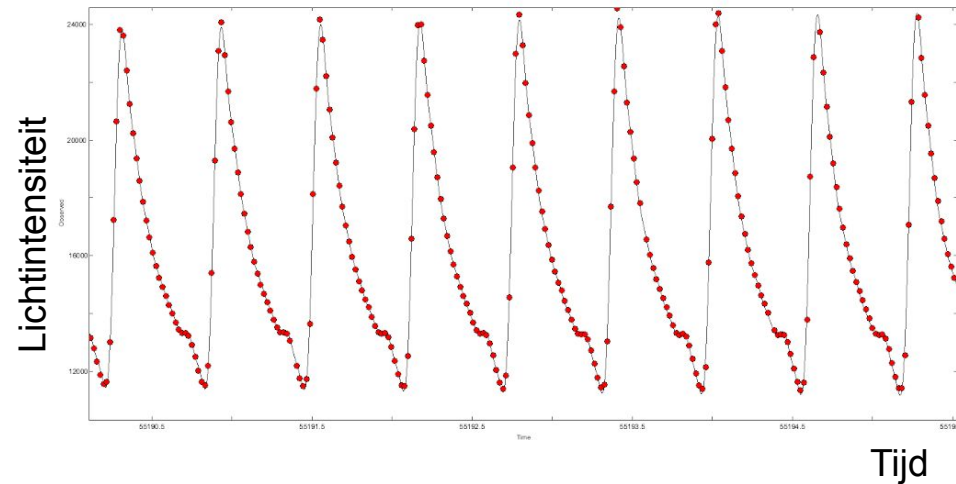
g₀: × sin(2 × π × t +)    

g₁: × sin(2 × π × t +)    

g₂: × sin(2 × π × t +)    

Klankkleur synthetiseren

Klankkleur van een **RR Lyrae** ster synthetiseren met iMuSciCA



RR Lyrae I – kplr006186029			
	cy/dag	Hz	rel. amplitude
F1	1,466	506	1,00
F2	2,932	1011	0,50
F3	4,399	1517	0,37
F4	5,865	2022	0,24
F5	7,331	2528	0,11
F6	8,797	3033	0,07
F7	10,264	3539	0,04
F8	1,459	503	0,03
F9	11,731	4045	0,02
F10	1,475	509	0,02

Klankkleur synthetiseren

Klankkleur van een RR Lyrae ster synthetiseren met iMuSciCA

<https://workbench.imuscica.eu/> -> toonsynthesizer



g₀: 1 x sin(2 × π × 506 t + 0) --

g₁: 0.5 x sin(2 × π × 1011 t + 0) --

g₂: 0.37 x sin(2 × π × 1517 t + 0) --

g₃: 0.24 x sin(2 × π × 2022 t + 0) --

.....

RR Lyrae I – kplr006186029			
	cy/dag	Hz	rel. amplitude
F1	1,466	506	1,00
F2	2,932	1011	0,50
F3	4,399	1517	0,37
F4	5,865	2022	0,24
F5	7,331	2528	0,11
F6	8,797	3033	0,07
F7	10,264	3539	0,04
F8	1,459	503	0,03
F9	11,731	4045	0,02
F10	1,475	509	0,02

Klankkleur synthetiseren

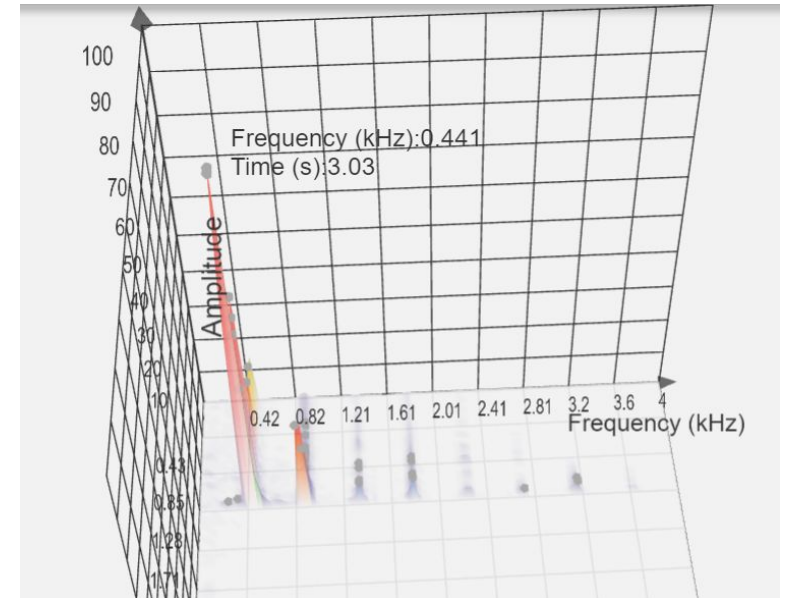
Klankkleur van een la op een piano synthetiseren door te programmeren met Sonic Pi

Voorbeeld 440 Hz op Piano:

	Hz	rel. amplitude
F1	440	1,00
F2	880	0,33
F3	1320	0,05
...

```
F1=hz_to_midi 440  
F2=hz_to_midi 880  
F3=hz_to_midi 1320
```

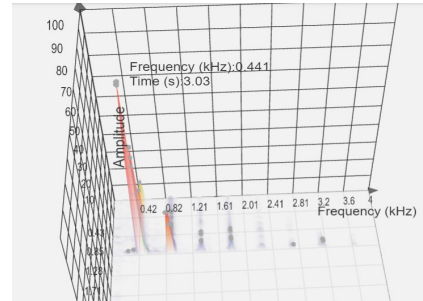
```
play F1, sustain: 30, amp: 1  
play F2, sustain: 30, amp: 0.33  
play F3, sustain: 30, amp: 0.05
```



Klankkleur synthetiseren

Klankkleur synthetiseren met Sonic Pi

Voorbeeld **440 Hz op Piano**:

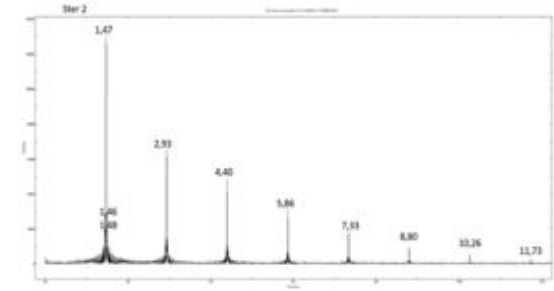


	Hz	rel. amplitude
F1	440	1,00
F2	880	0,33
F3	1320	0,05
...

```
F1=hz_to_midi 440  
F2=hz_to_midi 880  
F3=hz_to_midi 1320
```

```
play F1, sustain: 30, amp: 1  
play F2, sustain: 30, amp: 0.33  
play F3, sustain: 30, amp: 0.05
```

Probeer nu zelf deze **RR Lyrae ster** te synthetiseren:



	Hz	rel. amplitude
F1	506	1,00
F2	1011	0,50
F3	1517	0,37
...

Klankkleur synthetiseren

Klankkleur synthetiseren met Sonic Pi

Voorbeeld **440 Hz op Piano** :

	Hz	rel. amplitude
F1	440	1,00
F2	880	0,33
F3	1320	0,05
...

```
F1=hz_to_midi 440  
F2=hz_to_midi 880  
F3=hz_to_midi 1320
```

```
play F1, sustain: 30, amp: 1  
play F2, sustain: 30, amp: 0.33  
play F3, sustain: 30, amp: 0.05
```

Probeer nu zelf deze **RR Lyrae ster** te synthetiseren:

	Hz	rel. amplitude
F1	506	1,00
F2	1011	0,50
F3	1517	0,37
...

```
F1=hz_to_midi 506  
F2=hz_to_midi 1011  
F3=hz_to_midi 1517
```

```
play F1, sustain: 30, amp: 1  
play F2, sustain: 30, amp: 0.5  
play F3, sustain: 30, amp: 0.37
```

Doe mee met Citizen Science onderzoek

- *Ga naar astrosounds.be*
- *Doe de 'Bookwidget teaser'.*
- *Ga naar 'Doe Mee' en creëer je account en AstroSounds-ID.*
- *Doe de AstroSounds bookwidgets die je na inlog vindt. Laat je leerlingen ook meedoen!*
- *Gebruik telkens je AstroSounds-ID om je resultaten te verzenden.*

AstroSounds bookwidgets:

- *Toonhoogte - Kleine en grote sterren*
- *Klankkleur van sterren*

Belgium



www.astrosounds.be

***Renaat Frans, Erica Andreotti,
Jeroen Op den Kelder, Lise Verbraeken***

Lerarenopleiding Fysica Hogeschool UCLL

Campus Diepenbeek, Belgium

Expertisecel Art of Teaching - Vakdidactiek

steamdidactiek@ucll.be

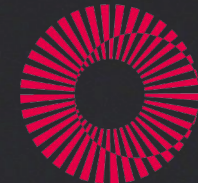
i.s.m. Esero Belgium

Katrien Kolenberg, sterrenkunde KULeuven

Pieter Mestdagh, Volkssterrenwacht Armand Pien



astrosounds.be



UCLL
HOGESCHOOL