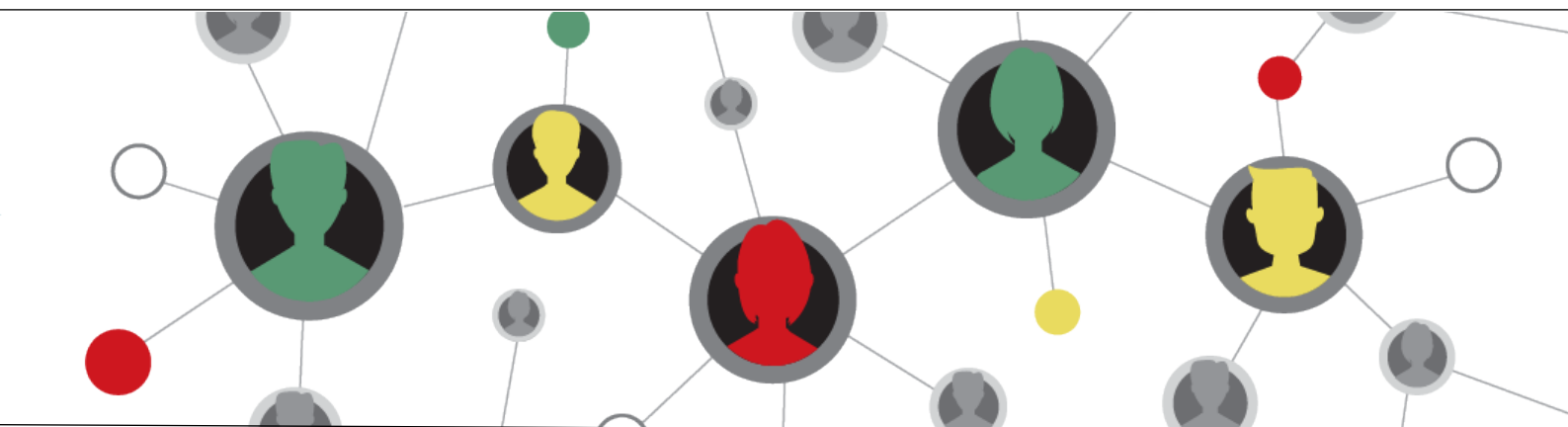


Muziek en Wiskunde

Ludovic Wallaart



T³ NEDERLAND

Teachers Teaching with Technology™

Muziek en Wiskunde

Wiskundige denkvaardigheden

Inhoud

Inleiding	2
Opdracht	2
Vaardigheden.....	2
Niveau	3
Exponentiële functies	3
Uitdagingen.....	4
Halve noten (= zwarte toetsen)	4
Rusten	4
Noten in een ander octaaf	4
Tijdsduur noteren	4
Duur van de klanken	4
Overgangen tussen de klanken.....	5
Meerdere noten tegelijk.....	5
Verschillende muziekstukken	5
Het programma.....	6
Notenschrift.....	8
Ondersteuning	8

Inleiding

Muziek maken met behulp van een instrument is prachtig. Bladmuziek omzetten in een lijst zodat een programma dit kan afspelen kan een fascinerende opdracht zijn die een beroep doet op zowel muzikale als wiskundige denkvaardigheden.

Opdracht

Zet een stuk bladmuziek om in een lijst die door een (zelf geschreven) programma op de TI-Nspire CX (II) of de TI-84 Plus CE-T kan worden afgespeeld op de TI-Innovator Hub

Vaardigheden

In deze opdracht komen aan bod:

- Muziek: het begrijpen van het notenschrift
- Wiskunde:

- Exponentiële functies
- Wiskundige denkvaardigheden
- Programmeren

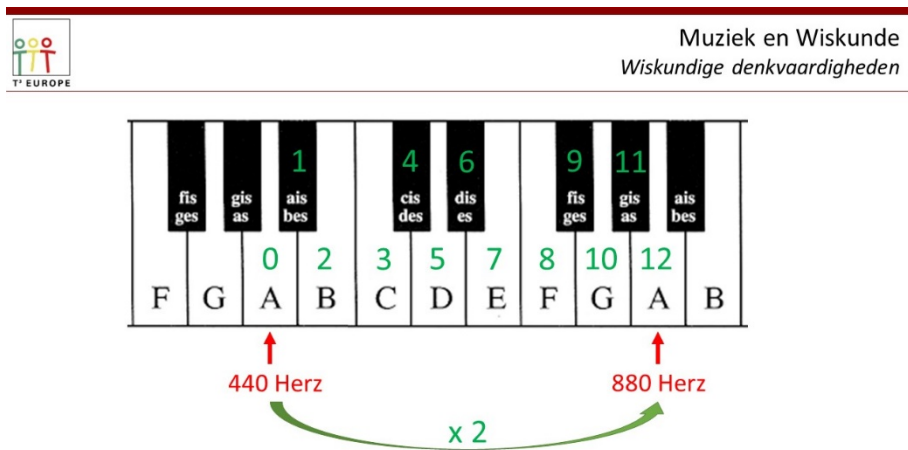
Niveau

Als het programma gegeven is is het voor alle leerlingen in het voortgezet onderwijs mogelijk én leuk om een muziekstuk om te zetten en af te spelen. Het resultaat telt!

Op hogere niveaus kunnen leerlingen ook worden uitgedaagd op het begrip van de wiskunde en de denkvaardigheden om een 'mooi' programma te schrijven.

Exponentiële functies

Geluid bestaat uit trillingen. Iedere muzieknoot kent zijn eigen frequentie. Een A heeft bijvoorbeeld een frequentie van 440 Herz. Één octaaf hoger is deze frequentie precies verdubbeld.



De twaalf stappen van de éne A naar de volgende zijn exponentieel verdeeld waarbij de het startgetal 440 is en de groeifactor $2^{\frac{1}{12}}$.



$$\text{Frequentie} = 440 \cdot 2^{(n/12)}$$

Noot	Nummer	Berekening:	Frequentie
		$440 \cdot (2^{\frac{1}{12}})^x$	
A	0	$440 \cdot (2^{\frac{1}{12}})^0$	440
Ais, Bes	A+1 of B-1	$440 \cdot (2^{\frac{1}{12}})^{0+1}$	466
B	2	$440 \cdot (2^{\frac{1}{12}})^2$	494

In het programma voor de TI-84 Plus CE-T gebruiken we straks de nummers van de noten. In de TI-Nspire CX (II) kunnen we met de notatie dichter bij het notenschrift blijven. In de lijst waarin de muziek wordt genoteerd gebruiken we de letters van de noten, waarbij we net als in de notenbalk alleen de witte toetsen van de piano noteren.

a:=0
b:=2
c:=3
d:=5
e:=7
f:=8
g:=10

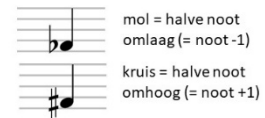
Uitdagingen

Met behulp van de exponentiële formule is het eenvoudiger om de noten te noteren. Er zijn echter nog een aantal uitdagingen te overwinnen om de opdracht te kunnen voltooien.

Voor de overzichtelijkheid zijn de verschillende uitdagingen hieronder opgesomd. Het kan zijn dat je af en toe even naar het einde moet bladeren, naar het programma, om te begrijpen waar het over gaat.

Halve noten (= zwarte toetsen)

Op de notenbalk worden de halve noten die bij de zwarte toetsen horen genoteerd aan de hand van de noot er boven of die er onder. De zwarte toets tussen de A en de B kan geschreven worden als een A met een kruis er voor of als een B met een mol er voor.



In de TI-84 Plus CE-T zal deze As of Bes 'gewoon' het nummer 1 krijgen. In de TI-Nspire CX (II) blijven we dicht bij het notenschrift en noteren we A+1 of B-1.

Rusten

Muziek kent ook momenten dat er geen klanken worden geproduceerd. Daar hoort een frequentie van 0 Herz bij. Een exponentiële functie zal echter nooit 0 als uitkomst hebben.

Een oplossing hiervoor is om er voor te zorgen dat tijdens de 'rust' een frequentie klinkt die voor ons niet hoorbaar is, bijvoorbeeld bijna 0 is. Door een heel klein getal in de exponentiële functie in te vullen, bijvoorbeeld -200, zal de frequentie naar 0 naderen.

a:=0
b:=2
c:=3
d:=5
e:=7
f:=8
g:=10
r:=-200

Noten in een ander octaaf

Als we aan het begin van het programma de verschillende noten definiëren is het niet logisch omdat voor verschillende octaven te doen. In de TI-Nspire CX (II) noteren we een B een octaaf hoger dan de standaard B als B+12, of B+24 voor nóg een octaaf hoger. B-12 is natuurlijk ook mogelijk om één octaaf lager te gaan.

Tijdsduur noteren

Om de duur van de noten te programmeren gebruiken we een tweede lijst. Ook hier proberen we zo dicht mogelijk bij het notenschrift te blijven door de benaming van de noten te volgen. Een kwart noot, die vaak één tel duurt, noteren we als 0,25

Duur van de klanken

De noten komen in een lijst te staan die we 'noot' kunnen noemen. De lengte van deze lijst, het aantal noten dus, noemen we de dimensie. We laten nu een teller i lopen die er voor

zorgt dat alle verschillende noten naar de TI-Innovator Hub gestuurd worden. Dit gebeurt met het commando

```
For i,1,dim(noot)
  Send "SET SOUND eval(440*2^(noot[i]/12)) TIME eval(tijd[i])"
```

Het programma evalueert (berekent) met welke frequentie het geluid moet klinken en voor hoe lang dit moet gebeuren.

Als leerlingen bovenstaande regels gebruiken zal snel blijken dat het geluid weliswaar voor een bepaalde tijd naar de luidspreker wordt gestuurd, maar dat het programma ondertussen gewoon door gaat en dus een fractie van een seconde later de volgende toon al er overheen zet. Onderstaande combinatie laat wel alles klinken:

```
For i,1,dim(noot)
  Send "SET SOUND eval(440*2^(noot[i]/12)) TIME eval(tijd[i])"
  Wait tijd[i]
EndFor
```

Door de tijd op beide plaatsen te vermenigvuldigen met een getal boven de 1 kan het tempo worden verlaagd. De noot klinkt immers langer. Voor een versnelling moet de tijd minder worden en zetten we hierbij een getal tussen de 0 en de 1.

Overgangen tussen de klanken

De muziek kan nu al aardig klinken, maar de overgang tussen de klanken is niet vloeiend. Pas als de éne noot is beëindigd wordt de volgende opgestart. Door de wachttijd iets in te korten, bijvoorbeeld met 10%, zal een toon nog klinken wanneer de volgende eroverheen komt. Dat klinkt natuurlijker.

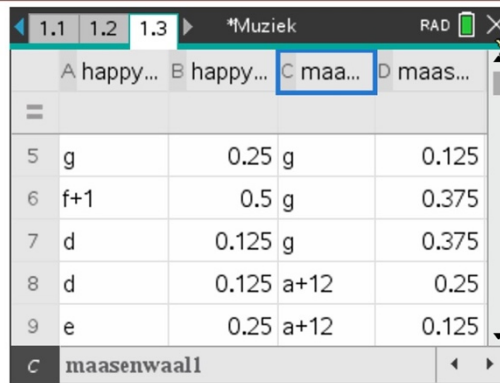
```
For i,1,dim(noot)
  Send "SET SOUND eval(440*2^(noot[i]/12)) TIME eval(tijd[i])"
  Wait tijd[i]*0.9
EndFor
```

Meerdere noten tegelijk

Op een piano of een gitaar kunnen meerder tonen tegelijk gespeeld worden. Op een dwarsfluit kan dat niet. Ook voor deze programma's moeten we ons beperken tot muziek waarbij er slechts één klank tegelijk klinkt.

Verschillende muziekstukken

Het zou leuk zijn als het programma gebruikt kan worden voor meerdere muziekstukken. Dat kan eenvoudig door meerdere lijsten of kolommen te gebruiken.



	A happy...	B happy...	C maa...	D maas...
=				
5	g	0.25 g	0.125	
6	f+1	0.5 g	0.375	
7	d	0.125 g	0.375	
8	d	0.125 a+12	0.25	
9	e	0.25 a+12	0.125	

maasenwaal1

Hier staan stukjes van *Happy Birthday* en *Het Land van Maas en Waal*. In het programma hoeven we dan alleen aan te passen waar de noten en de tijdsduur vandaan gehaald moeten worden.

Het programma

Bovenstaande bedenkingen komen vaak pas op tijdens het programmeren. Er zijn geen standaard stappenplannen. Er wordt een beroep gedaan op inzicht en creativiteit, op wiskundige denkvaardigheden.

Voor de TI-Nspire CX (II) kunnen de noten in verschillende kolommen van een spreadsheet gezet worden. In het programma wordt dan naar de naam hiervan verwezen. De enthousiaste leerling kan natuurlijk een keuzemenu programmeren dat vraagt welk stuk er gespeeld moet worden.

```

Define muziek()=
Prgm      noot:=maasenwaal1
a:=0      tijd:=maasenwaal2
b:=2
c:=3      For i,1,dim(noot)
d:=5      Send "SET SOUND eval(440*2^(noot[i]/12)) TIME eval(tijd[i])"
e:=7      Wait tijd[i]*0.9
f:=8      EndFor
g:=10
r:=-200   EndPrgm

```

In de TI-84 Plus CE-T kunnen lijsten ook met een eigen naam worden opgeslagen. Door L₁ te bewerken en in de titel van de kolom op [enter] te drukken kunnen andere lijsten worden ingevoegd.

NORM DRIJF AUTO REËEL RAD WN						
L1	L2	L3	L4	L5	1	
-----	-----	-----	-----	-----		
L1=■						

NORM DRIJF AUTO REËEL RAD WN						
L1	L2	L3	L4	L5	1	
-----	-----	-----	-----	-----		
L1="■						

De aanhalingstekens, [alpha] [+], zorgen er voor dat de naam van het liedje straks te zien blijft in de lijst. Via *list*, dus [2nd] [stat], kan een opgeslagen lijst worden teruggevonden.

NORM DRIJF AUTO REËEL RAD WN	
NAMEN OPS WISK	
1:	L1
2:	L2
3:	L3
4:	L4
5:	L5
6:	L6
7:	BRTH1
8:	BRTH2
9↓	MAAS2

NORM DRIJF AUTO REËEL RAD WN						
L1	α	L2	L3	L4	L5	1
5		-----	-----	-----	-----	
5						
7						
5						
10						
9						
5						
5						
7						
5						
12						
L1="LBRTH1"						

De tweede kolom bevat dan de tijden.

NORM DRIJF AUTO REËEL RAD WN						
L1	α	L2	L3	L4	L5	2
5		0.125	-----	-----	-----	
5		0.125				
7		0.25				
5		0.25				
10		0.25				
9		0.5				
5		0.125				
5		0.125				
7		0.25				
5		0.25				
12		0.25				
L2(1)=0.125						

En het programma heeft aan een paar regels genoeg.



```

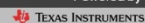
Program: MUZIEK
WisHome
For (i,1,dim(L1))
440*((2^(1/12))^L1(i))→F
Send ("SET SOUND eval(F) TIME eval(L2(i))")
Wait L2(i)*0.9

EndPrgm
    
```

TI-84 Plus CE-T

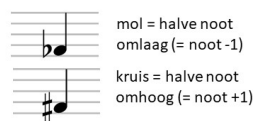
Noten als getallen in L₁
Tijden in L₂

Powered by

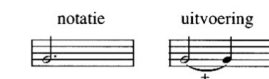


Notenschrift

Onderstaande afbeelding geeft de belangrijkste informatie over het lezen van het notenschrift.

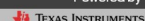


een *stip achter de noot*.
Dat betekent: doe de helft van de noot er bij.



'3' er onder = 3 noten samen maken één kwart noot, dus ieder 1/12

Powered by



Ondersteuning

Bovenstaande tekst is geschreven naar aanleiding van een workshop gegeven tijdens een wiskunde congres van uitgeverij Noordhoff. De afbeeldingen komen uit de daar gebruikte presentatie.

Voor de TI-84 Plus CE-T is er een bestand beschikbaar met het programma en zes lijsten met noten en tijden van 3 muziekstukken: *Happy Birthday*, *Het Land van Maas en Waal* en *Vader Jacob*.

Voor de TI-Nspire CX (II) zijn er twee bestanden. 'Muziek' bevat naast het programma en bovengenoemde stukken ook nog de tune van *Sesamstraat*, *Dikkertje Dap* en *Wat zullen we drinken*.

'Eigen muziek' bevat geen lijsten en is dus schoon om zelf een stuk te programmeren.



Muziek en Wiskunde
Wiskundige denkvaardigheden

Dank U voor Uw aandacht

Uitleenprogramma:

education.ti.com/nl/leraren/uitleenprogramma

TI Codes

education.ti.com/nl/activities/ti-codes

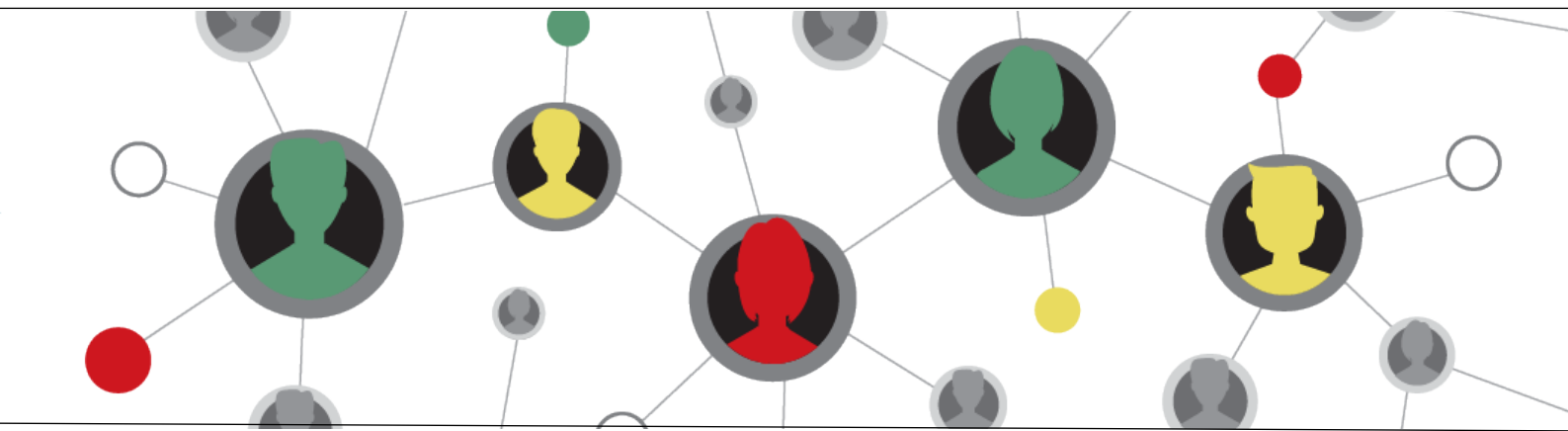
Ondersteuning

LENTELE.NL

T3NEDERLAND.NL

Powered by





www.t3nederland.nl



Teachers Teaching with Technology™

 **TEXAS INSTRUMENTS**