Draadloos communiceren

Prof.dr. Anton A. Stoorvogel

E-mail: A.A.Stoorvogel@ewi.utwente.nl

Wat willen we:

- Snelle communicatie
- Betrouwbare communicatie
- Groot bereik
- Weinig energie

Wat sturen we door de lucht: trillingen

Eén trilling:

$$A \sin(\omega t + \varphi)$$

is niet voldoende.

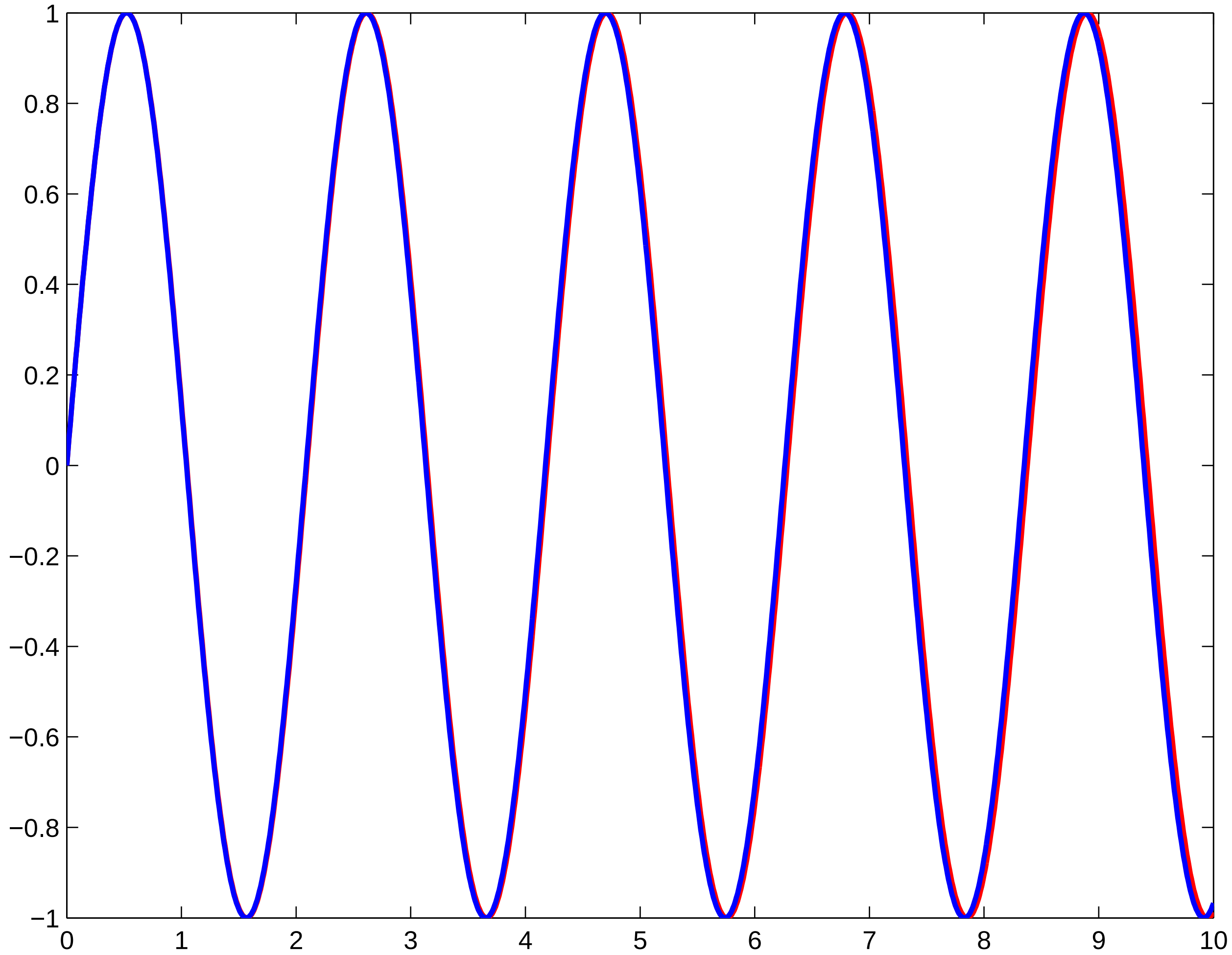
Wat sturen we door de lucht: trillingen

Meerdere trillingen:

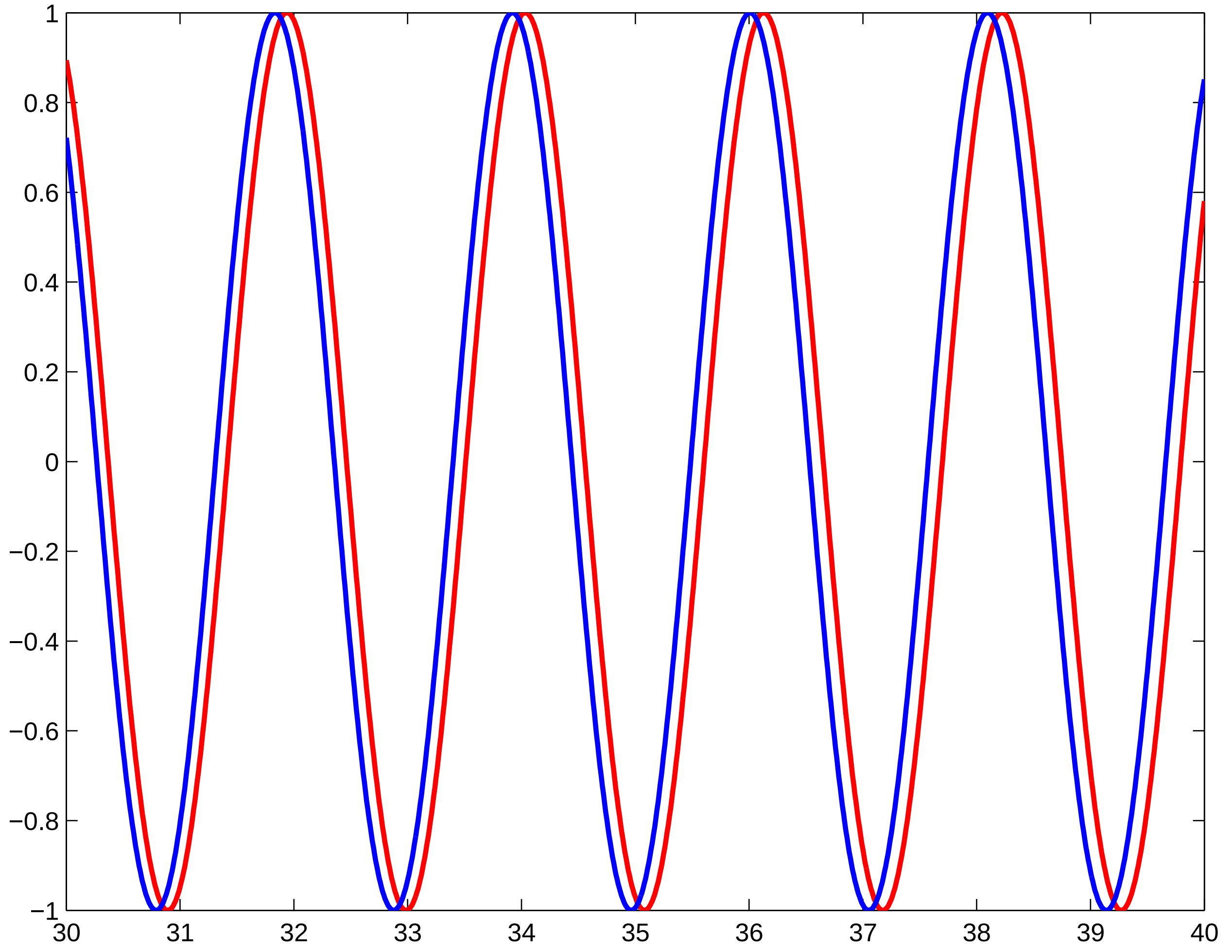
$$A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + A_1 \sin(\omega_2 t + \varphi_2) + A_1 \sin(\omega_3 t + \varphi_3) + \cdots$$

De frequenties $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ moeten dicht bij elkaar liggen!

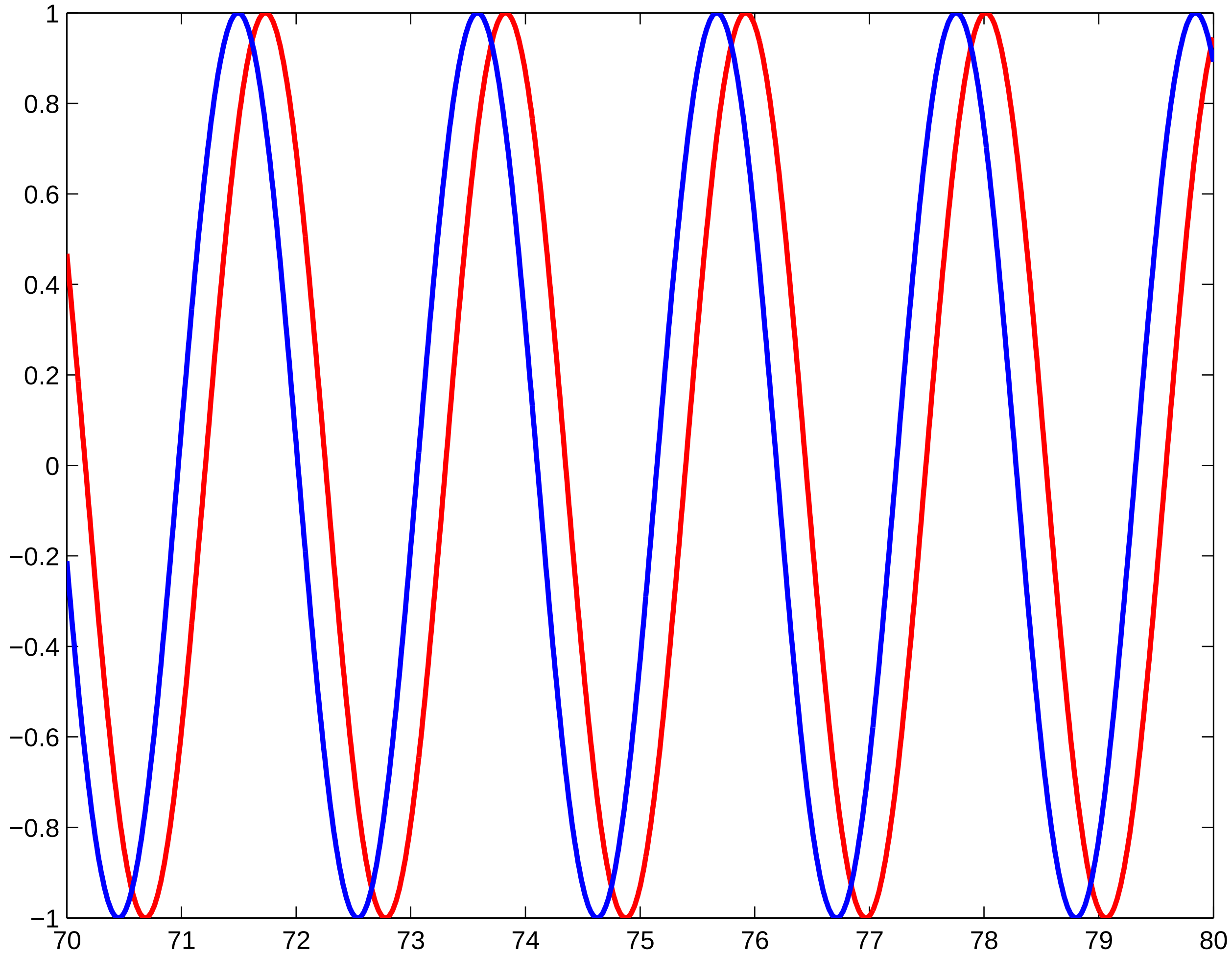
$\sin(3t)$ **en** $\sin(3.01t)$



$\sin(3t)$ **en** $\sin(3.01t)$

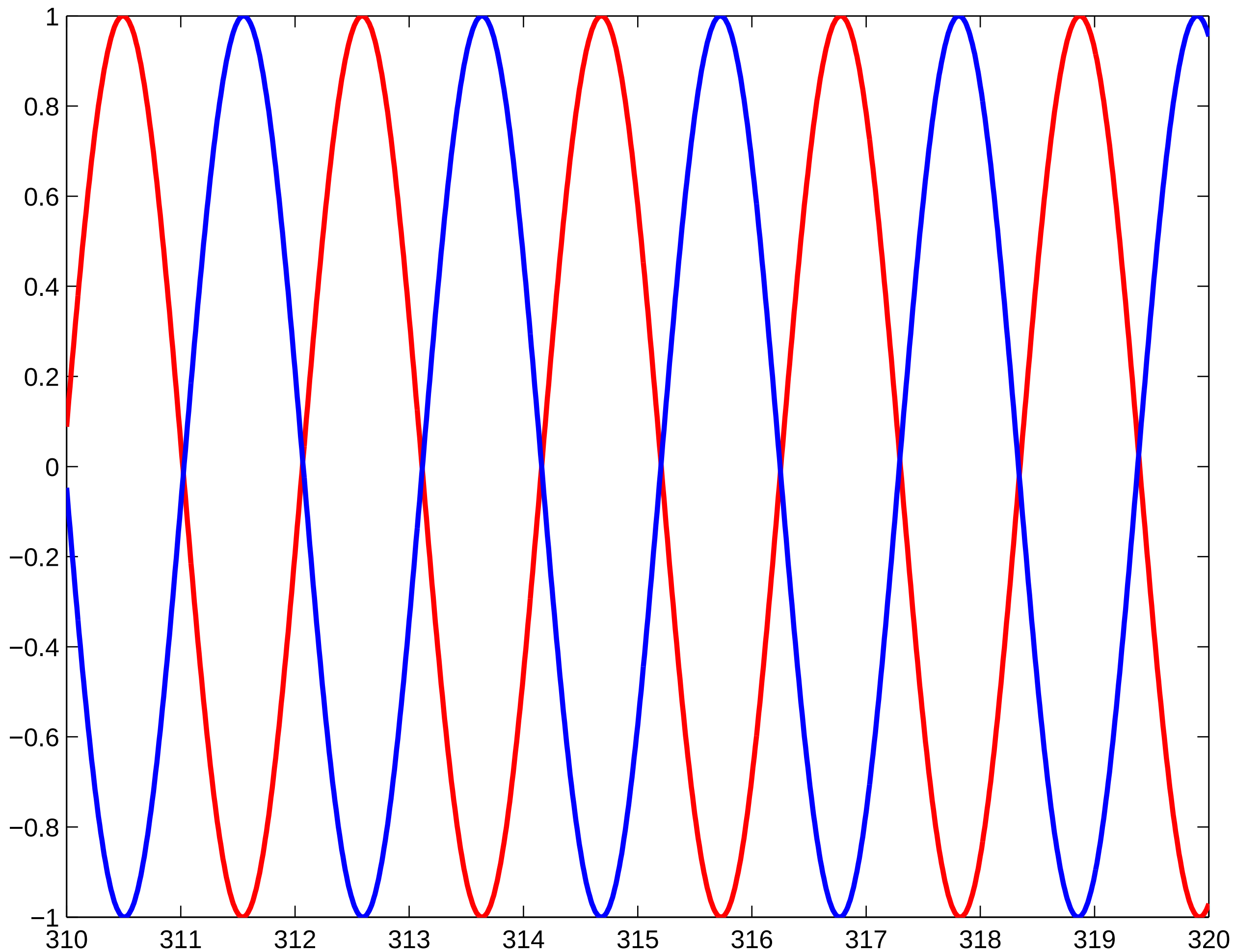


$\sin(3t)$ **en** $\sin(3.01t)$



Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

sin(3t) **en** sin(3.01t)



Voor snelle communicatie zijn hoge frequenties van belang !

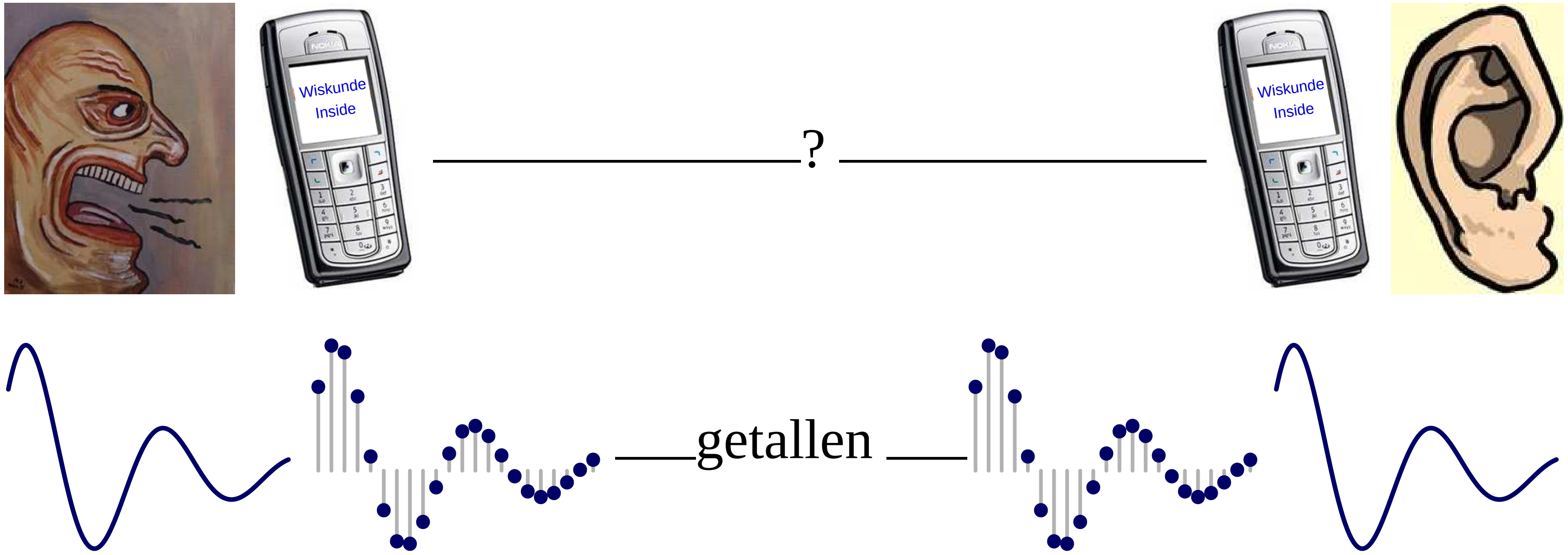
3G internet via je mobiel is veel sneller dan GPRS maar gebruikt dan ook een hogere frequentie

802.11n is veel sneller dan 802.11g maar gebruikt een hogere frequentie

Maar:

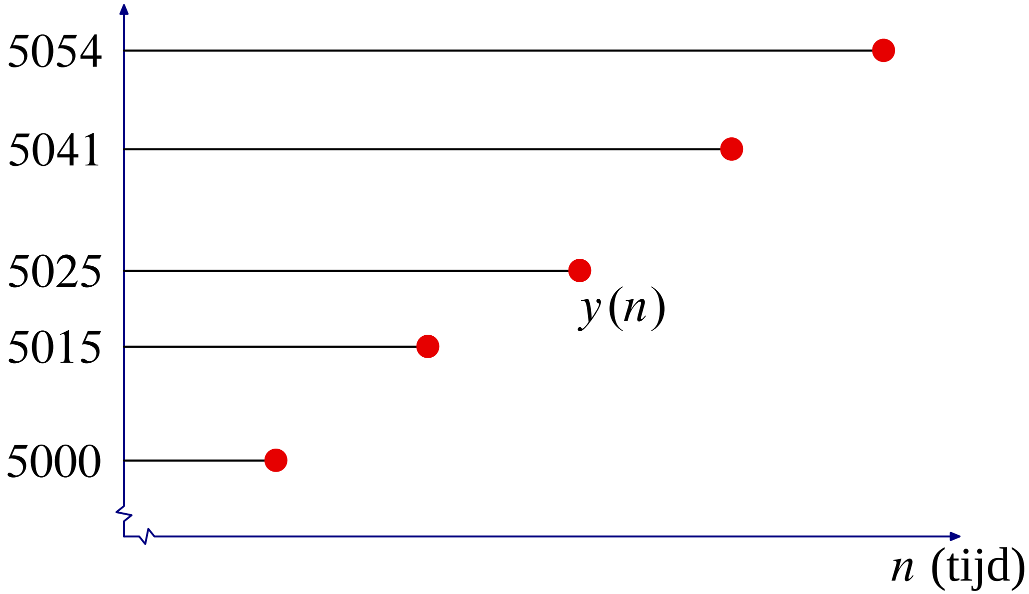
Hogere frequentie heeft een slechter bereik

Maar we moeten ook efficiënt omgaan met de bandbreedte …



Je GSM meet het geluid 8000 keer per seconde.

Stel je GSM meet dit:



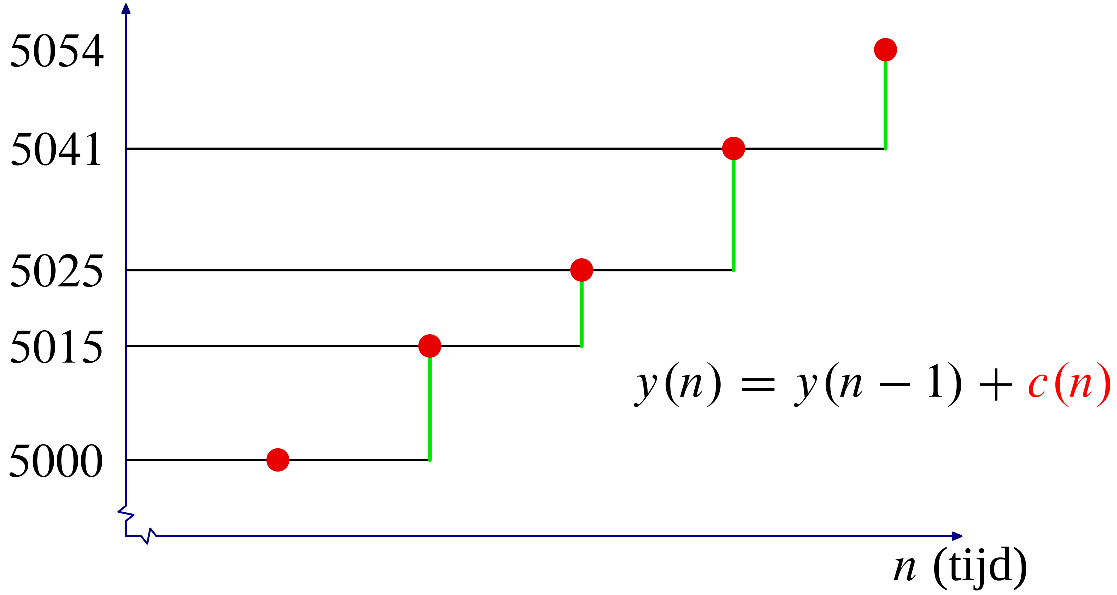
De niet zo handige methode: stuur de ruwe data over:

$$5000, 5015, 5025, 5041, 5054, \ldots$$

Deze methode zou betekenen dat voor GSM telefonie we een snelheid in de orde van 500Mb/sec zouden moeten halen.

In werkelijkheid gebruikt een GSM in de orde van 13.2 Kb/sec …

De verschilmethode.



Stuur de *correctiegetallen* $c(n)$ over:

$$5000, 15, 10, 16, 13, \ldots$$

We sturen digitale signalen (0 en 1). We kunnen maar een eindig aantal waarden oversturen. Bij kleine getallen kunnen we bijvoorbeeld, na afronding, oversturen:

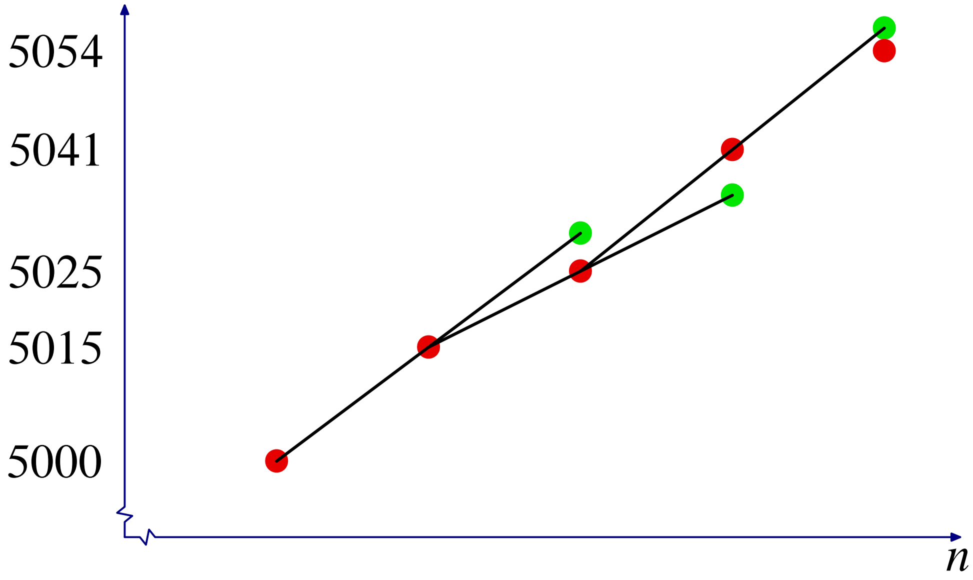
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0

maar voor grote getallen moeten we iets doen als oversturen, weer na afronding:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Hier maken we veel grotere fouten!

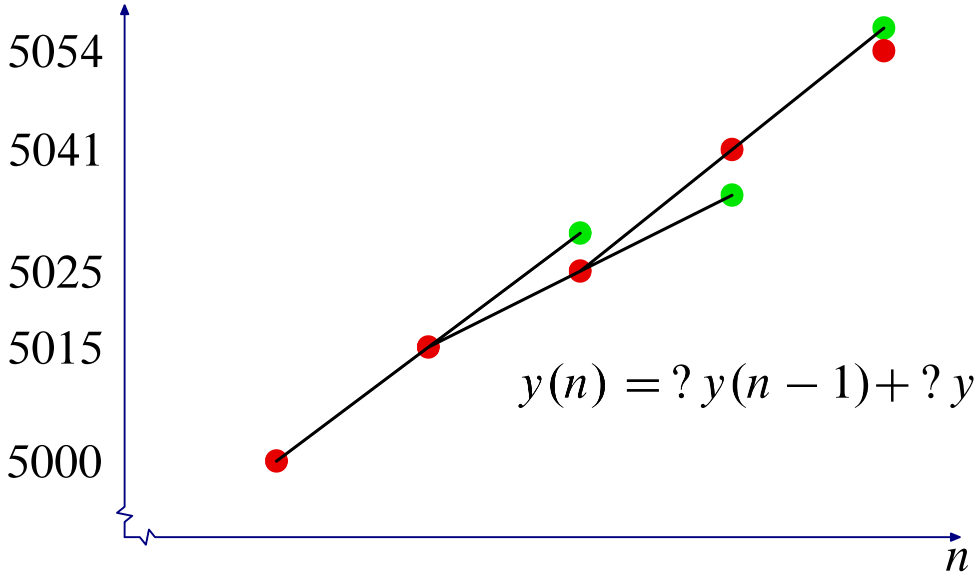
De rechtelijnmethode.



Stuur als correctiegetallen de “rood min groen” over:

$$5000, 5015, -5, 6, -3$$

De rechtelijnmethode.



$$y(n) = ?\,y(n-1) + ?\,y(n-2) + c(n)$$

Stuur als correctiegetallen de “rood min groen” over:

$$5000,\ 5015,\ -5,\ 6,\ -3$$

$$y(n-1) = y(n-2) + 1\,[y(n-1) - y(n-2)]$$

$$y(n) \approx y(n-2) + 2\,[y(n-1) - y(n-2)]$$

$$y(n) \approx -y(n-2) + 2y(n-1)$$


$a_k, c(n)$

$$y(n) = a_1 y(n-1) + a_2 y(n-2) + \cdots + a_8 y(n-8) + c(n)$$

Per 160 monsters bepaalt je gsm de getallen $a_1, \ldots, a_8$ z.d.d.

$$c^2(1) + c^2(2) + \cdots + c^2(160)$$

zo klein mogelijk is. Dat is oplosbaar (*kleinste kwadratenmethode*).

...... en dat doet hij dus $\frac{8000}{160} = 50$ keer per seconde!

Opgave 6. Per seconde worden 50 wiskundige modellen gemaakt en de lucht in gestuurd. Doe een ruwe schatting over het aantal wiskundige modellen dat op deze manier dagelijks in Nederland de lucht in gaat.

aantal personen in Nederland	16×10^6
aantal gsm's per persoon	0,7??
aantal belminuten per gsm per dag	5??
aantal seconden per minuut	60
aantal wisk. modellen per belseconde	50
aantal wiskundige modellen dat per dag in Nederland door de lucht gaat	$16 \times 10^6 \times 0,7 \times 5 \times 60 \times 50$ $\approx 1,7 \times 10^{11} > 100$ miljard