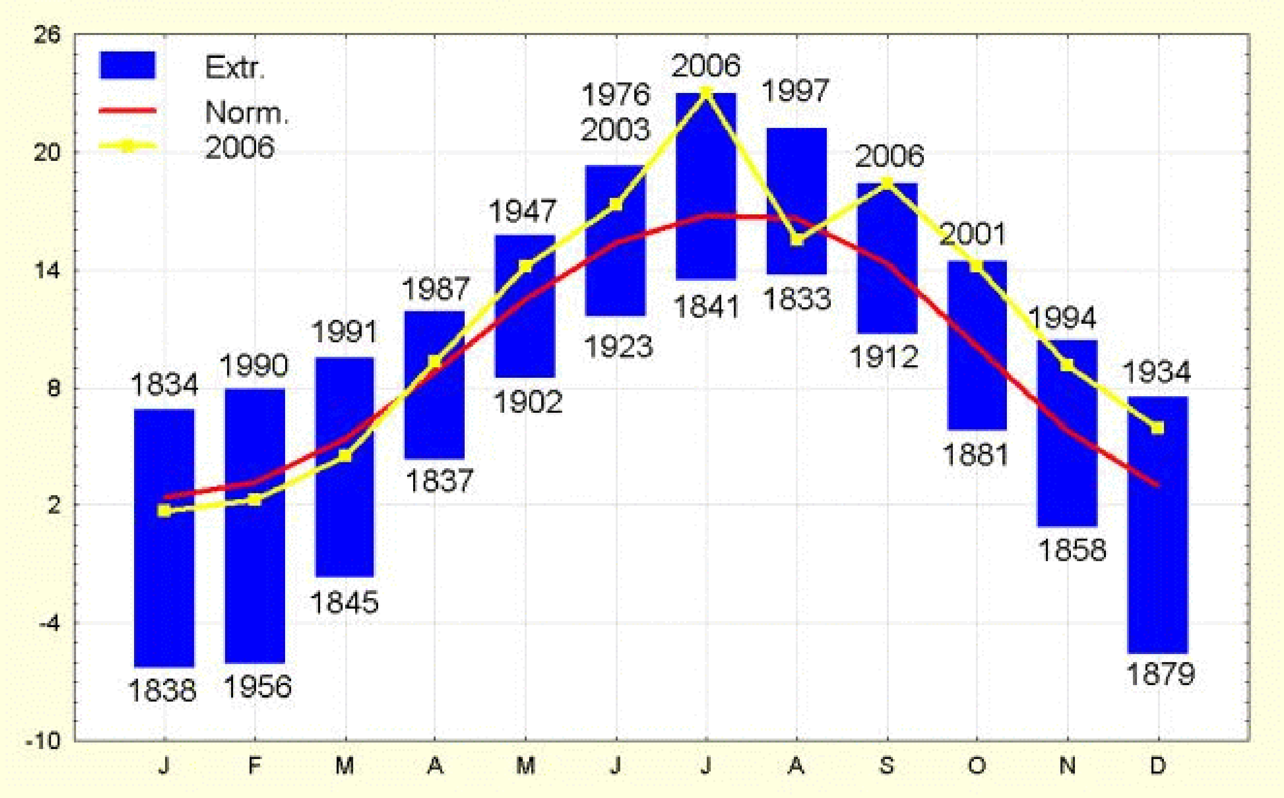
# Probleem: Als de aarde 2 graden opwarmt, hoeveel aangename zomerse dagen levert ons dat extra op?

Wat definiëren we als "aangenaam"? Laat ons aannemen: gemiddelde temperatuur over een etmaal 16°C (d.w.z. 's nachts 10°, 's middags 22°).

## Gegevens waarover we beschikken:

Temperatuur Ukkel (bron: www.kmi.be)
(max. gem. temp=17.1°C, min=2.6°C)




## Model nodig voor de schatting:

De gemiddelde temperatuur is bij benadering periodisch met één piek per jaar. Een algemene sinus kan dus als eerste benadering gebruikt worden:

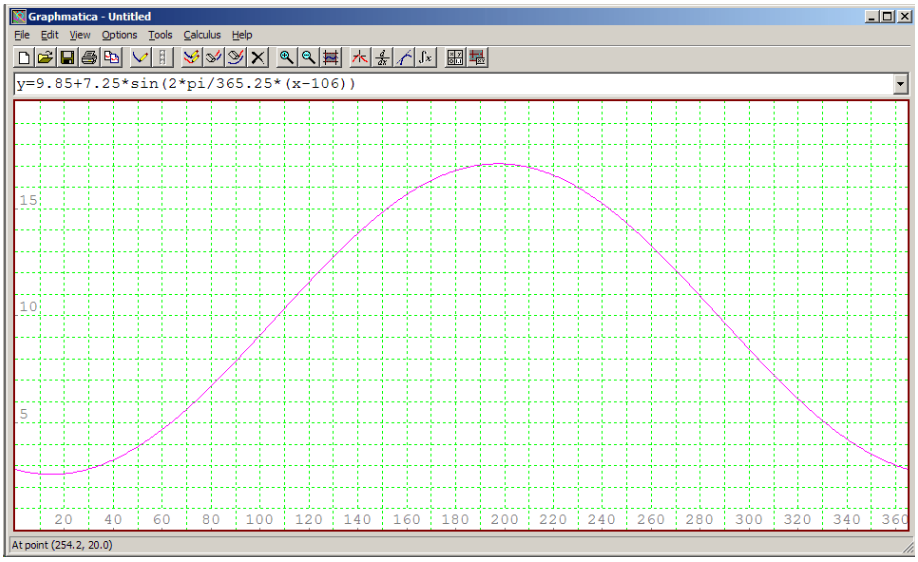
$$T = T_g + a\sin(b(t - t_0))$$

met:
T: temperatuur in °C, t: tijd in dagen vanaf nieuwjaar;
en aan te passen parameters:
$T_g$: gemiddelde jaartemperatuur, bij benadering gemiddelde van de uitersten, dus (17.1+2.6)/2=9.85°C;
$t_0$: opgaand buigpunt, halfweg tussen minimum en maximum, dus ongeveer 15 april, of dag 106; de juiste dag maakt eigenlijk voor ons probleem niet uit;
b: 2π/365.25 want de periode moet 1 jaar (= 365.25 dagen) zijn; de juistheid hiervan is wél belangrijk;
a: amplitude, helft van het verschil tussen de uitersten, dus (17.1-2.6)/2=7.25°C.

Onze benaderende formule wordt dus:

$$T = 9.85 + 7.25\sin\left(\frac{2\pi}{365.25}(t - 106)\right)$$

Zoals we op de grafiek zien, vertoont ons model alleszins veel gelijkenis met de metingen.




## Berekening gebruik makend van het model:

Hoeveel dagen per jaar hebben een gemiddelde temperatuur hoger dan de "aangename" drempelwaarde $T_a$=16˚C?
Dit komen we te weten door de twee snijpunten te zoeken van de sinus en de rechte $T=T_a$:

$$T = T_a \Leftrightarrow \frac{T_a - T_g}{a} = \sin(b(t - t_0))$$

Dus: $b(t - t_0) = Arc\sin(\frac{T_a - T_g}{a}) = \alpha$ of $b(t - t_0) = \pi - \alpha$

Het eerste snijpunt valt op dag $t_1 = t_0 + \frac{\alpha}{b} \approx 164.87$ (13 mei),

het tweede op dag $t_2 = t_0 + \frac{\pi - \alpha}{b} \approx 229.75$ (17 aug.).

De "mooie" periode duurt dus 229.75-164.87≈64.88 dagen.

Als we nu in de formule $T_g$ verhogen met 2°C, worden de snijpunten resp.141.43 en 253.20, wat het aantal mooie dagen op 111.77 brengt.

## Besluit:

**Door de luttele verhoging van 2˚ zullen we dus 111.77-64.99 = 46.89 extra zomerdagen krijgen, anderhalve maand langer zomer dus!**

Opmerking: een juistere benadering van de parameters kan desgewenst bekomen worden met kleinste kwadratenfitting, gebruik makend van alle maandgegevens. Voor ons probleem zou dat waarschijnlijk geen grote wijzigingen teweegbrengen; men zou op die manier wel juister de faseverschuiving (dus warmste tijdstip van het jaar) kunnen vinden.