

COACH-Modelleren

Opgave: *Binnenspiegel*

a) De rekenregels luiden dan:

$$x_{n+1} = x_n + v \cdot dt$$

$$v_{n+1} = v_n + a \cdot dt$$

en voor a geldt:

$$1) F_r = m \cdot a$$

$$2) F_r = C \cdot x - k \cdot v + F$$

$$\Rightarrow m \cdot a = C \cdot x - k \cdot v + A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\Rightarrow a = \frac{C \cdot x - k \cdot v + A \cdot \sin(\omega \cdot t)}{m}$$

b) Terug naar het oorspronkelijke fysische probleem.

$$1) F_r = m \cdot a$$

$$2) F_r = C \cdot x - k \cdot v + F$$

$$\Rightarrow m \cdot a = C \cdot x - k \cdot v + A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\Rightarrow m \cdot x'' = C \cdot x - k \cdot x' + A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Neem x' gelijk aan $\frac{x(t+dt)-x(t)}{dt}$ en neem x'' gelijk aan $\frac{x(t+dt)+x(t-dt)-2 \cdot x(t)}{dt^2}$.

$$\Rightarrow m \cdot \left(\frac{x(t+dt) + x(t-dt) - 2 \cdot x(t)}{dt^2} \right) = C \cdot x - k \cdot \left(\frac{x(t+dt) - x(t)}{dt} \right) + A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{dt^2} + \frac{k}{m \cdot dt} \right) \cdot x(t+dt) + \left(\frac{C}{m} - \frac{2}{dt^2} - \frac{k}{m \cdot dt} \right) \cdot x(t) + \left(\frac{1}{dt^2} \right) \cdot x(t-dt) = \frac{A \cdot \sin(\omega \cdot t)}{m}$$

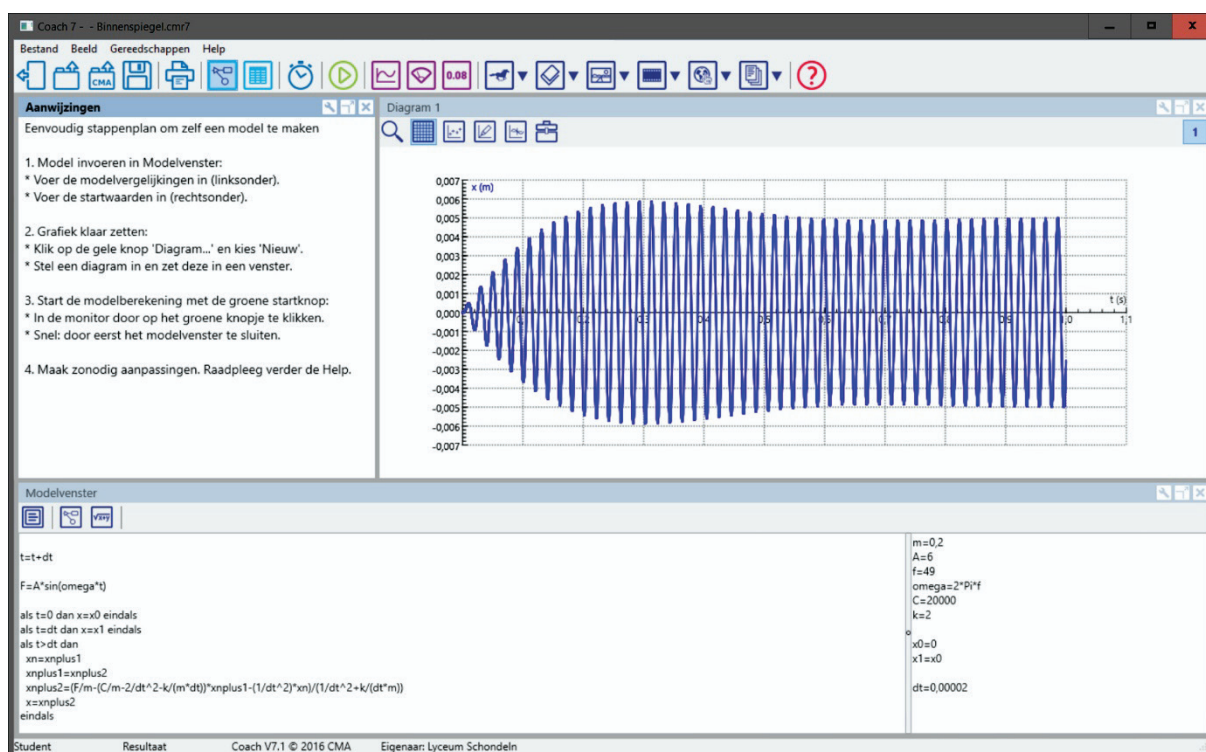
$$\Rightarrow \left(\frac{1}{dt^2} + \frac{k}{m \cdot dt} \right) \cdot x_{n+1} + \left(\frac{C}{m} - \frac{2}{dt^2} - \frac{k}{m \cdot dt} \right) \cdot x_n + \left(\frac{1}{dt^2} \right) \cdot x_{n-1} = \frac{A \cdot \sin(\omega \cdot t)}{m}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{dt^2} + \frac{k}{m \cdot dt} \right) \cdot x_{n+2} + \left(\frac{C}{m} - \frac{2}{dt^2} - \frac{k}{m \cdot dt} \right) \cdot x_{n+1} + \left(\frac{1}{dt^2} \right) \cdot x_n = \frac{A \cdot \sin(\omega \cdot t)}{m}$$

$$\Rightarrow x_{n+2} = \frac{\frac{A \cdot \sin(\omega \cdot t)}{m} - \left(\frac{C}{m} - \frac{2}{dt^2} - \frac{k}{m \cdot dt} \right) \cdot x_{n+1} - \left(\frac{1}{dt^2} \right) \cdot x_n}{\left(\frac{1}{dt^2} + \frac{k}{m \cdot dt} \right)}$$

Bovenstaande bewerking is vrijwel identiek aan die voor de autovering. Dit is de enige rekenregel die je nodig hebt.

- c) Het massaveersysteem vertoont het gedrag zoals je dat geleerd hebt. Hoe dichter de frequentie van de opgedwongen trilling in de buurt komt van de eigenfrequentie van het massaveersysteem hoe efficiënter de energieoverdracht van voorruit naar spiegel werkt en hoe heftiger de spiegel gaat trillen. Het duurt even voordat het geheel op gang gekomen is en een stabiele eindsituatie heeft bereikt. Dit is zoals reeds gezegd een inschakelverschijnsel. Dit treedt ook op bij elektrische apparatuur. Je ziet dat de amplitude van de trilling tijdens het inschakelverschijnsel groter kan zijn dan de uiteindelijke amplitude. Dit is een belangrijk aspect om rekening mee te houden bij het ontwerpen van elektrische apparatuur. De trillingen die we tot nu toe hebben bestudeerd kunnen namelijk ook elektrische trillingen zijn. Dat betekent dat de spanning tijdens het inschakelen van een apparaat groter kan zijn dan de uiteindelijke waarde waarop het apparaat werkt. Als het apparaat slecht ontworpen is kun je dus een zekering eruit blazen zodra je het apparaat inschakelt.
- d) Het model ziet er in COACH-Modelleren uit zoals weergegeven in onderstaande afbeelding.



De “als ... dan ...eindals”-constructie is nodig omdat je nu twee oude x -waarden nodig hebt in plaats van één. Bij de oude regel was het steeds zo dat de nieuwe x gelijk was aan de oude x plus $v \cdot dt$. Bij de nieuwe regel reken je x_{n+2} uit op basis van zowel x_{n+1} als x_n . Dus twee oude waarden. Als je geen bijzondere maatregelen neemt onthoudt COACH alleen de x van de vorige iteratie maar niet die van twee iteraties geleden.