# Usikkerhet med Monte Carlo-simulering

Navn: _____ Dato: _____

Koden på nett

Regnereglene for usikkerhet er lette å bruke, men hvor kommer de fra, og når slutter de å virke? I en Monte Carlo-simulering lar vi datamaskinen gjøre det samme forsøket 100 000 ganger med tilfeldige målefeil, og ser hvor mye resultatet sprer seg.

## Oppgaver

1. **Gjett** Hvilken av de to målingene i steg 1 bidrar mest til usikkerheten i $g$? Gir Monte Carlo-simuleringen omtrent samme svar som den enkle regelen eller som kvadratsummen?

2. **Kjør** Kjør steg 1 et par ganger. Hvor mye endrer svaret seg? Hva skjer med histogrammet hvis du setter $n = 100$?

3. **Undersøk** Eleven måler tiden for ti svingninger, og usikkerheten i $T$ blir 0,002 s. Endre dT og kjør igjen. Hvilken måling bør nå forbedres?

4. **Forklar** Kjør steg 2. Hver veiing har usikkerhet 0,3 %, men massen av vannet har over 20 %. Hvorfor? Hvorfor gir regelen for differanse et større tall enn simuleringen?

5. **Forklar** Kjør steg 3. Hvorfor er gjennomsnittet av rekkevidden mindre enn 10,19 m, og hvorfor går færre enn halvparten av kastene lenger? Sett usikkerheten i farten til 0 for å se bare virkningen av vinkelen.

6. **Vurder** Simuleringen trekker målefeilene fra en normalfordeling, uavhengig av hverandre. Når er ikke det en god modell? Tenk på systematiske feil.

7. Utfordring Lag en Monte Carlo-simulering for $e/m = 2U/(B^2r^2)$ i forsøket med fintrådrøret[1], med $U = (250 \pm 2)\,\text{V}$, $I = (1{,}40 \pm 0{,}02)\,\text{A}$ og $d = (10{,}0 \pm 0{,}1)\,\text{cm}$, der $B = 0{,}779\ mT/A \cdot I$. Hvor stor blir usikkerheten i $e/m$, og hvilken måling bidrar mest?

[1] `fysikklab.no/opplegg/e-over-m.html`