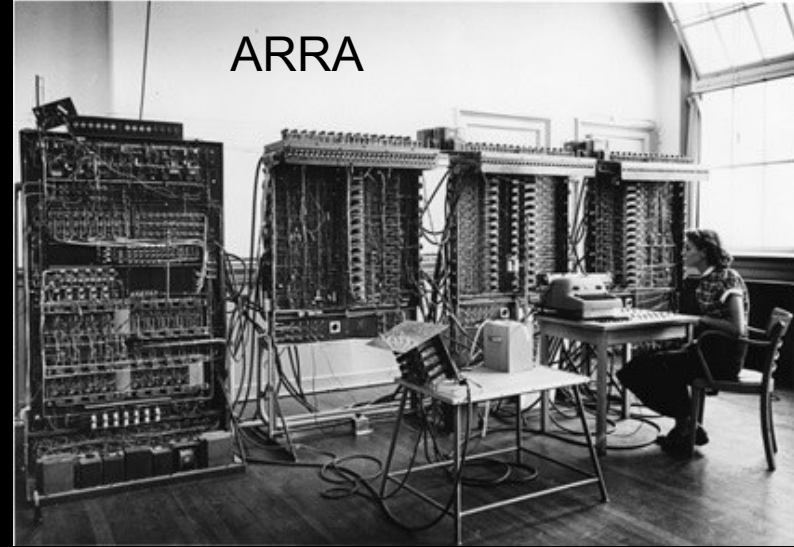




Elektrologica X8



ARRA

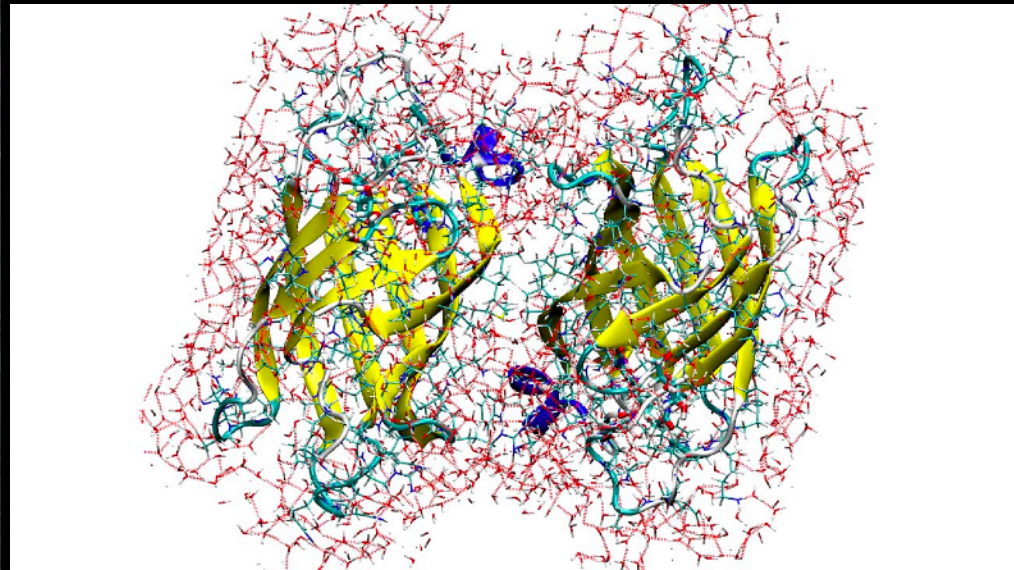
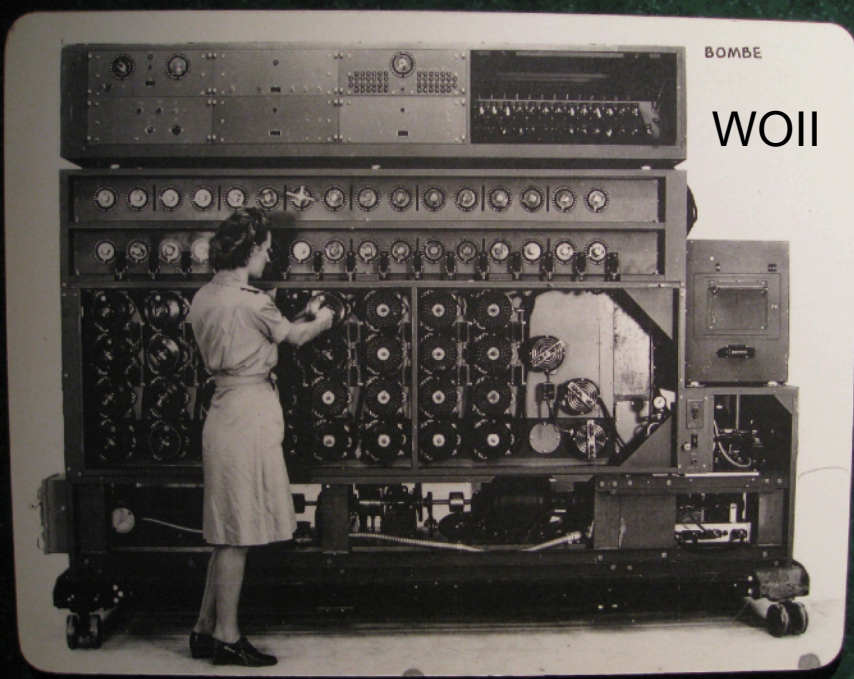
Rekenmachines



Cloud computer

Deltawerken

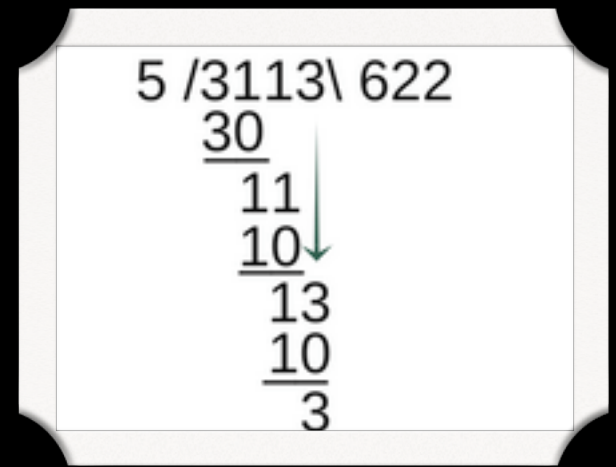
Rekenen = voorspellen



Modelleren/Simuleren Medicijnen

$$(1,0 + 2,0) / 2 = 1,5$$

$$5 \times 8,1 = 40,5$$



Véél Sneller Rekenen = Véél Meer Rekenen

1.8GHz =

1 800 000 000 Hertz


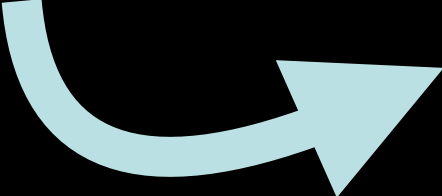
1.8 miljard berekeningen per seconde

518 400 miljard berekeningen/8 uur

Mens 0.1Hz: 2880 berekeningen/8 uur



| Naam | SJ | SL | EJ | EL |
|---------|------|-----|------|-----|
| Sjonnie | 1977 | 52 | 2000 | 178 |
| Anita | 1980 | 47 | 2000 | 192 |
| Henk | 1990 | 182 | 2010 | 179 |


$$\begin{aligned}2000 - 1977 &= 23 \\178 - 52 &= 126 \\126 / 23 &= 5.5\end{aligned}$$

*Sjonnie is 5.5cm
per jaar gegroeid*

Duur = EJ - SJ;
Verschil = EL - SL;
Gemiddelde = Verschil / Duur;

Naam is Gemiddelde cm
per jaar gegroeid

Computerprogramma

= * / + - 0 1 =

Computer receipt

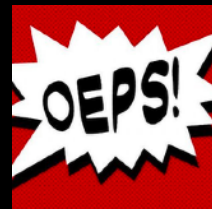
**Let op:
beelden kunnen als schokkend worden ervaren**



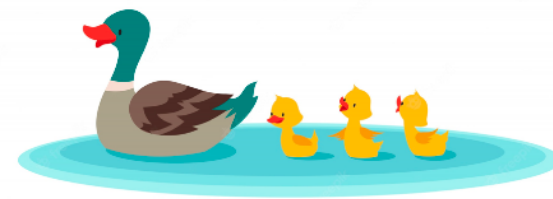
```
for (int i = 0; i < counter; i++) {  
    sum = sum + 1.0;  
}
```

Computers kunnen niet altijd netjes optellen

```
10000000000.0000000  
16777216.0000000
```



Minder dan 1% accuraat..



alle eendjes...

$$2 * (3 * 4) = (2 * 3) * 4$$

```
for (int i = 0; i < teller; i++) {  
    a = willekeurigGetal();  
    b = willekeurigGetal();  
    c = willekeurigGetal();  
  
    if ((a * b) * c == a * (b * c)) {  
        correct += 1;  
    }  
}
```

4 van de 10 keer fout

Oorzaak:

binaire floating point getallen

```
101010101010101110101.10101110101
```

```
1010101010.10111010110101110101
```

“correct” binair afronden

@&\$!@&^\$@!^@

Andere bron van
onzekerheid:
meetfouten



GIGO

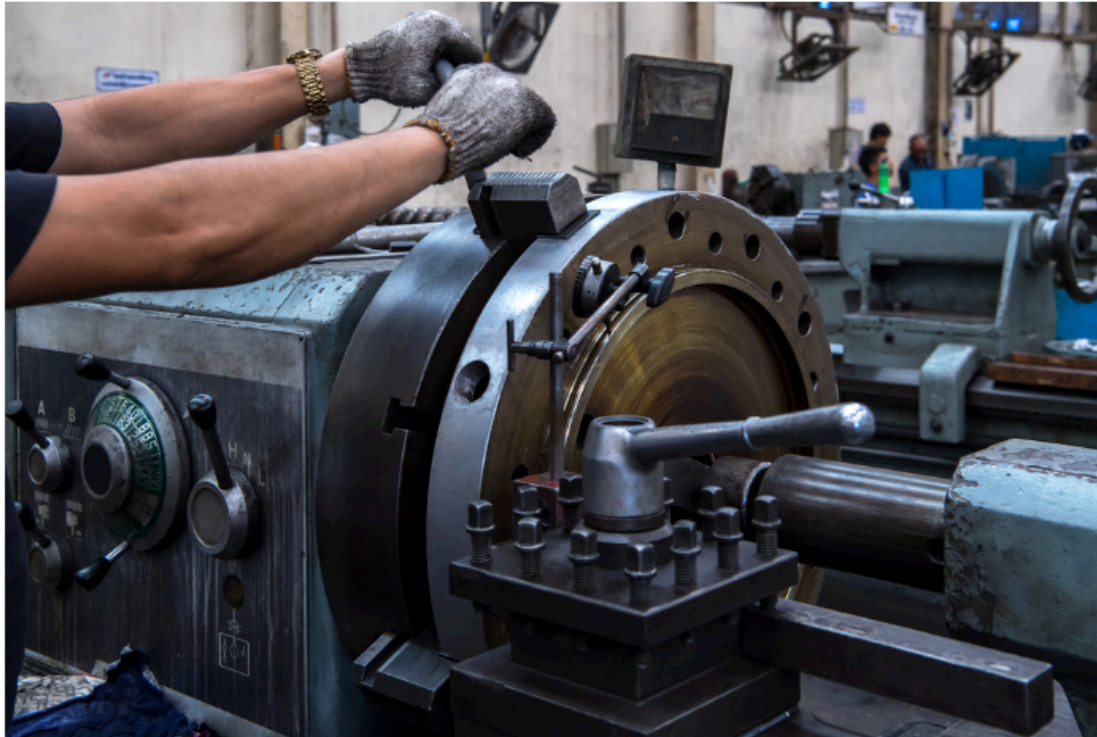
Wat gebeurt er
als fouten zich
(een beetje)
opstapelen?



Wat is onzekere onzekerheid?
Wil ik dat eigenlijk wel weten?

RIVM: 'Ernstige arbeidsongevallen met machines vaak door onveilige situatie die al lang bestaat'

21 mei 2019 DOOR REDACTIE SDU HSE - SANDRA BERGMAN



ONDERZOEK – Ieder jaar verliezen ongeveer 280 mensen vingers of andere ledematen door een ongeval met een machine op hun werk. Ze komen in contact met de bewegende onderdelen van machines zoals cirkelzagen, transportbanden, snij- en inpakmachines. Zo blijkt uit een verdiepend onderzoek van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) naar honderd ernstige machineongevallen.

Wat als computers...

... écht konden rekenen,
zoals wij maar dan sneller
(en zonder te zeuren)?

... ook even de foutmarges onthielden,
want ze hebben
toch zoveel geheugen?





Echt rekenen is...

$$1/3 = 0.(3) = 0.33333333333333333333..$$

Altijd met breuken!
onder de motorkap

$$745 / 2345 = 0.(317697228144989339019189765458422174840085287846481876332622601279)$$

Dus: nooit afronden

Echt rekenen is...

$$a + b = b + a$$

$$a * b = b * a$$

$$a * (b + c) = a * b + a * c$$

betrouwbare algebra

$$a + b - b = a$$

$$a / b * b = a$$

$$a + (b + c) = (a + b) + c$$

$$1 * a = a$$

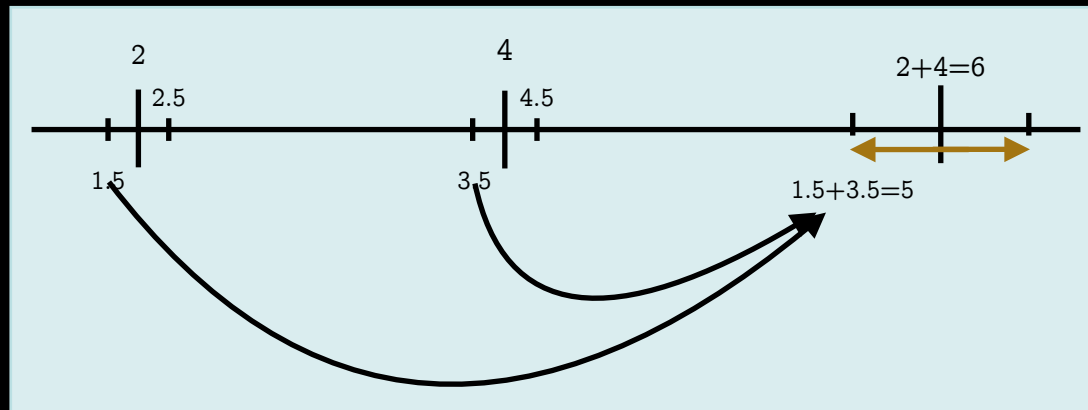
$$a + 0 = a$$

$$a * (b * c) = (a * b) * c$$

Veilig rekenen is...

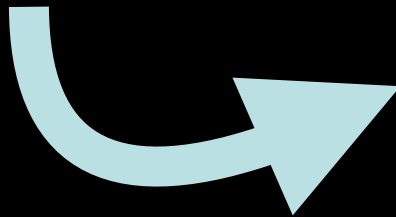
$$2 \pm 0.5 + 4 \pm 0.5 = 6 \pm 1$$

...met een marge (radius)



Veilig rekenen is...

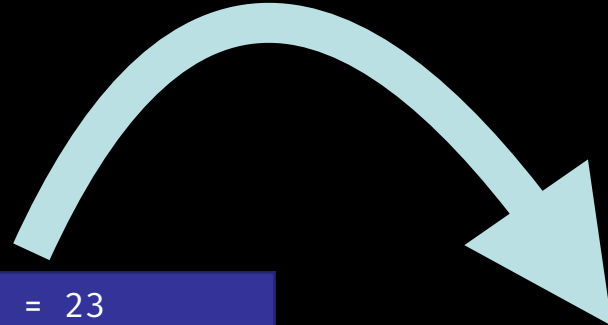
| Naam | SJ | SL | EJ | EL |
|---------|------|-------|------|--------|
| Sjonnie | 1977 | 52±1 | 2000 | 178±.5 |
| Anita | 1980 | 47±1 | 2000 | 192±1 |
| Henk | 1990 | 182±1 | 2010 | 179±.2 |



$$\begin{aligned}2000 - 1977 &= 23 \\178 \pm .5 - 52 \pm 1 &= 126 \pm 1.5 \\126 \pm 1.5 / 23 &= 5.5\end{aligned}$$

*Sjonnie is 5.5 ± 0.1 cm
per jaar gegroeid*

onzekerheid zien



$$\begin{aligned}\text{Duur} &= \text{EJ} - \text{SJ}; \\ \text{Verschil} &= \text{EL} - \text{SL}; \\ \text{Gemiddelde} &= \text{Verschil} / \text{Duur};\end{aligned}$$

*<Naam> is <Gemiddelde> cm
per jaar gegroeid*

geen verschil in de broncode

automatische marges

“RadCal” is

VEILIG rekenen
ZONDER afrondingsfouten
ZONDER meetfouten
MET breuken
MET foutmarges

VÓÓR een groot publiek



Toekomstmuziek

CWI

Centrum Wiskunde & Informatica

1. Rascal
2. Python
3.?

TU/e



swat.
engineering

control your software

Jurgen.Vinju@cwi.nl