

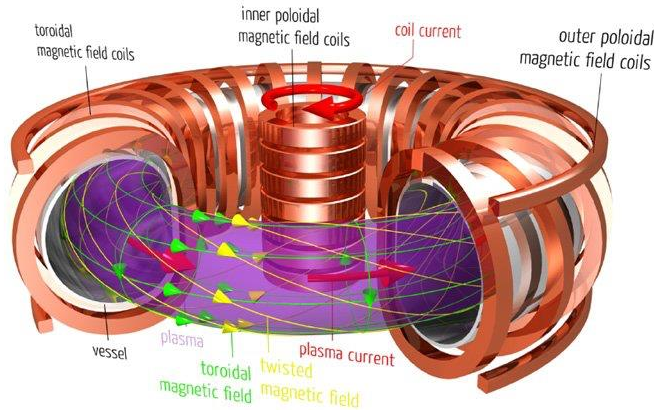
The invisible power of mathematics

From stories for a broad audience to
educational innovation

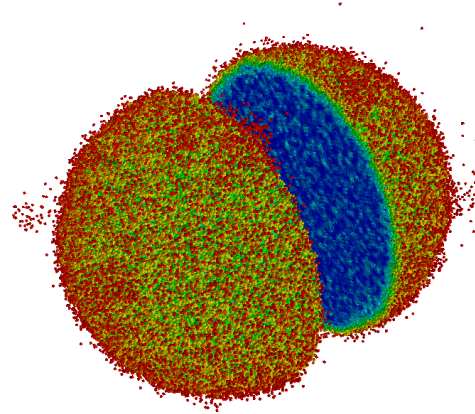
Giovanni Samaey, KU Leuven

Who am I

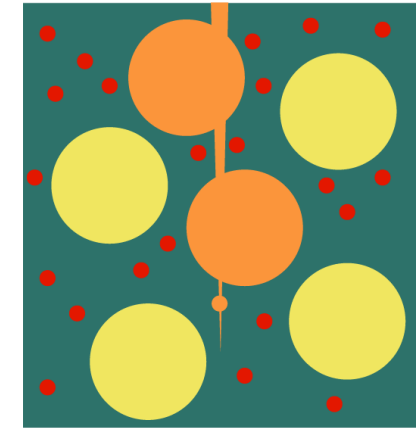
- Research Professor Mathematical Engineering
- Department of Computer Science, KU Leuven
- NUMA (Numerical analysis and applied mathematics)
- Simulation of differential equations and stochastic processes



Fusion energy



Tumor growth



Polymer deformation

- **Strong interest in education & outreach**

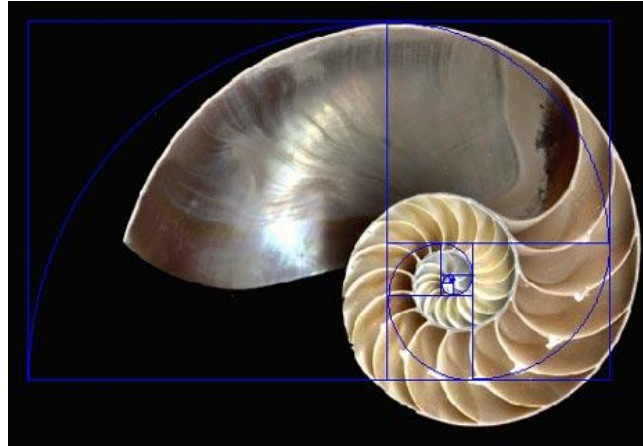


Platform Wiskunde Vlaanderen – stay tuned!



Why go into a maths profession?

- Beauty, elegance
- Riddles, brain exercise
- Challenging
- Developing generic skills



64	2	3	61	60	6	7	57
9	55	54	12	13	51	50	16
17	47	46	20	21	43	42	24
40	26	27	37	36	30	31	33
32	34	35	29	28	38	39	25
41	23	22	44	45	19	18	48
49	15	14	52	53	11	10	56
8	58	59	5	4	62	63	1

- Become rich!

Google

facebook

- Improve the world!



Everything is mathematics: you just need to look!

VIER VRAAGSTUKKEN VOOR NIET-LIEFHEBBERS

Wiskunde heeft zijn imago niet echt mee, en dat lijkt het ook aan den lijve te ondervinden: leraars die zich verdiepen in de wereld van integralen en vierkantswortels worden schaarser. Zonde, vindt **GIOVANNI SAMAËY**, op een moment dat de wiskunde bij steeds meer wereldproblemen ingezet wordt.

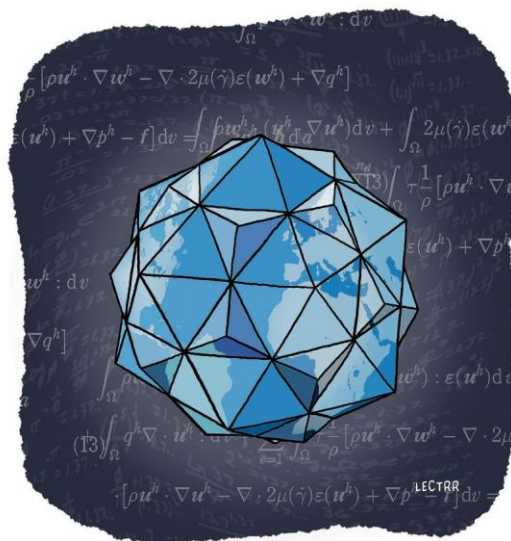
De wereld zal wiskundig zijn of niet zijn

Er is een groeiend tekort aan wiskundeleraars, zei Mieke Van Hecke onlangs. Volgens Raymond Verdyck van het gemeenschapsonderwijs is de wiskundeleraar zelfs 'een uitstervend ras' (*DS 8 september*). Dat is jammer, want zoals verderop in dezezelfde krant stond, is wiskunde alomtegenwoordig in de wereld van vandaag. Wiskunde is cruciaal bij de oplossing van haast elk probleem waar onze maatschappij mee kampt. Voor de non-believers illustreer ik met vier voorbeelden, die dan nog beperkt zijn tot één deeldiscipline van de toegepaste wiskunde, met name de wiskundige ingenieurstechnieken.

1. Scheurtjes in de kernreactoren van Doel en Tihange

Niemand zal het belang van de veiligheid van onze kerncentrales betwisten, en de aanwezigheid van vele kleine scheurtjes in een betonnen structuur rond de reactor baart dan ook grote zorgen. Maar hoe weten we dat die scheurtjes bestaan? We kunnen toch dat beton niet openzagen om even te kijken? Het antwoord is wiskundig: we meten hoe een ultrasone golf zich voortplant doorheen de betonnen structuur. Omdat we een wiskundig model kennen dat de voortplanting van golven door structuren in kaart brengt, kunnen we via computersimulatie achterhalen welke betonstructuur de meest waarschijnlijke is om de meting te verklaren. Zitten er in die structuur scheurtjes, dan kunnen we dat zien aan het gedrag van die ultrasone golf.

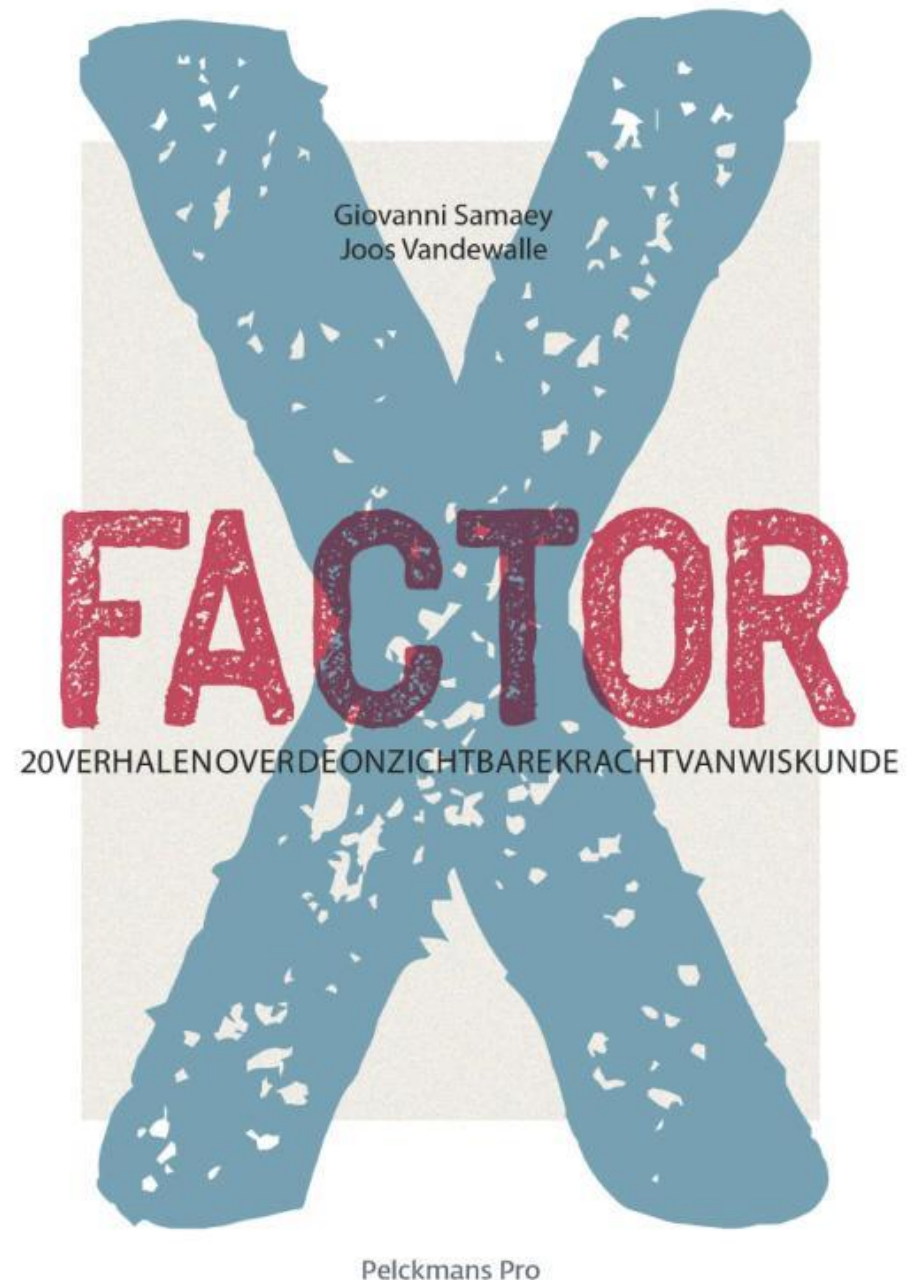
2. Kankeronderzoek
Ondanks vele tientallen jaren we-



Vergeet het cliché van de wiskundige als genie met bovenmenselijk intellect

dividu probeert zijn risico te minimaliseren, hoe hij reageert op informatie, en hoe hij zich laat beïnvloeden door zijn omgeving. Via een wiskundige analyse (ondersteund door computersimulatie) kan men duidelijk aantonen dat, onder bepaalde omstandigheden, het risico stijgt dat het hele financiële systeem faalt, net omdat iedereen tegelijk zijn eigen risico minimaliseert. Een beter inzicht in de mechanismen die tot onstabieliteit van het financiële systeem leiden, kan dan gebruikt worden door de wetgever om de regelgeving doordacht aan te passen.

Deze vier voorbeelden komen uit vier totaal verschillende wetenschappelijke disciplines. Wat ze met elkaar gemeen hebben, is dat een virtueel experiment (een computersimulatie) op basis van een wiskundig model een werkelijk experiment vervangt. Geen enkele expert in toegepaste wiskunde heeft voldoende kennis en expertise in huis om zich tegelijk in zoveel verschillende vakgebieden thuis te voelen. Vergoet dus het cliché van de wiskundige als eenzame zonderling, die zich afsluit van de buitenwereld met een probleem en slechts terug buitenkomt met een oplossing. Een wiskundige werkt vooral samen met experts in elk van de vakgebieden waar hij zijn wiskunde wil toepassen. Vergoet ook het cliché van het genie met bovenmenselijk intellect. In de toegepaste wiskunde overleef je alleen door alle problemen schaafteloos te vereenvoudigen, ze te reduceren tot hun essentie, en dan deze essentie te proberen te doorgronden. Van daaruit voeg je detail na detail toe. Wiskundigen zijn gewone mensen die, door

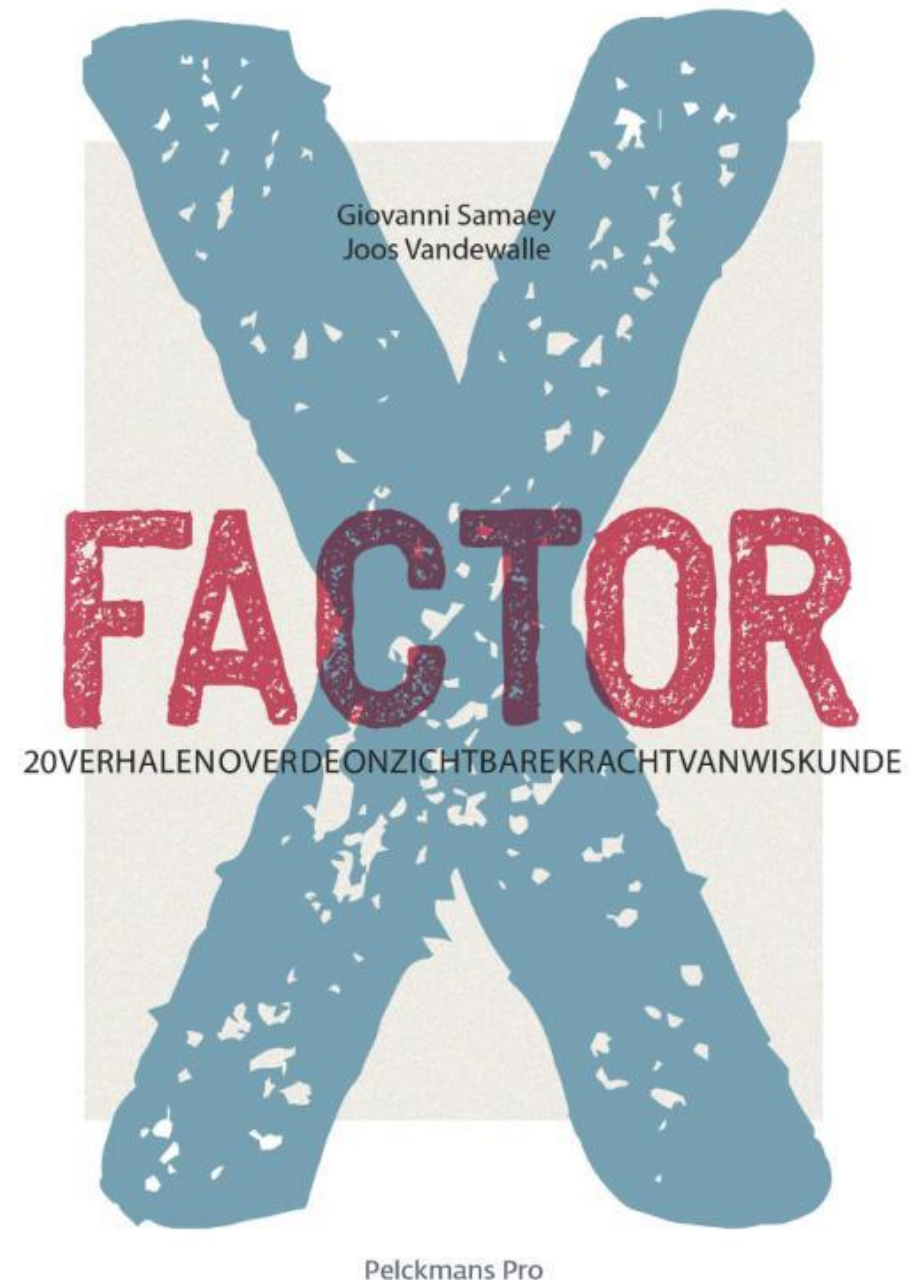


X-Factor: target audience

- Teachers
 - Convince students of the importance of maths
 - Motivate students to put in an effort to learn
- Active engineers
 - Show importance of maths for fundamental innovation
 - Illustrate economic potential of maths R&D
- Pupils and students
 - Highlight the role of maths in engineering studies
 - Show mathematical engineering as a new specialization
- Others
 - Illustrate the role of mathematics in helping society
 - Illuminating the role of mathematician/math engineers

The book itself: content

- Three parts
 - Home-, garden- and kitchen mathematics
 - Mathematics for professional use
 - Maths for the grand societal challenges
- Each part
 - 6 or 7 stories, 10 pages each
 - To be read separately
 - Interspersed with funny anecdotes



Home-, garden- and kitchen maths

- 1) What does a DigiPass do?
- 2) Why do my friends have more friends than me?

Tea pots and pony tails

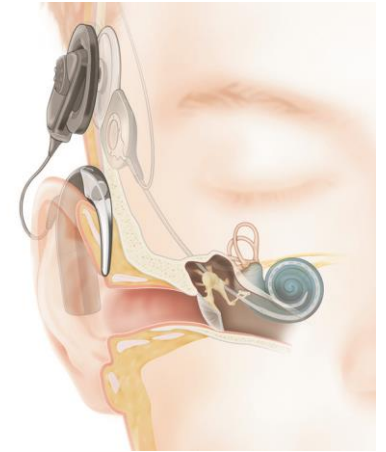
- 3) Are the polls right?

- 4) Hearing aids

Relative perception

- 5) Google PageRank

- 6) From game of goose to Machiavelli





Mathematics for professionals

7) Wind energy

8) Noise reduction in factories

The sound of the perfect engine

9) Virtual design of new products

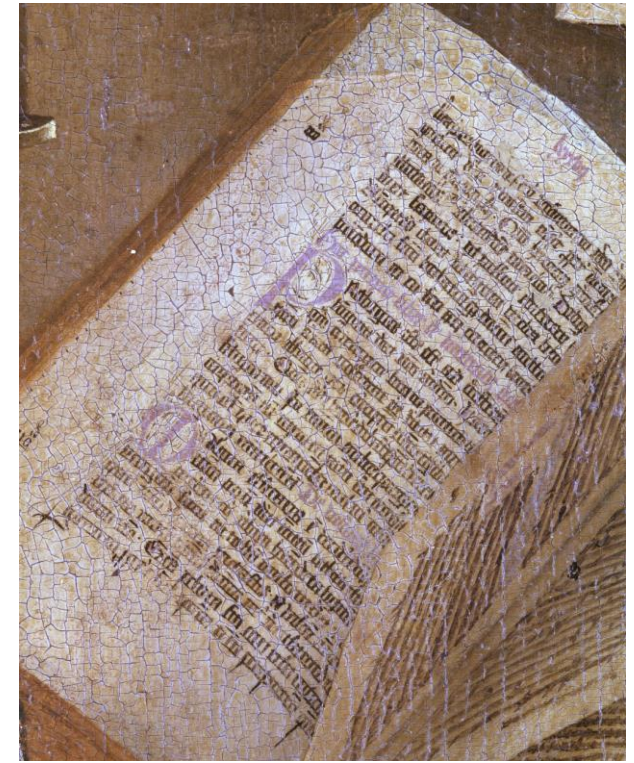
10) Art history

11) Bike sharing

R. Bridson, mathematician and Oscar winner

12) Mind-reading computers

13) Computer predictions





Mathematics for great societal challenges

14) Will smart girls stay single?

15) Where to store all our data?

Stelarc, the man with a third arm

16) Self-driving cars

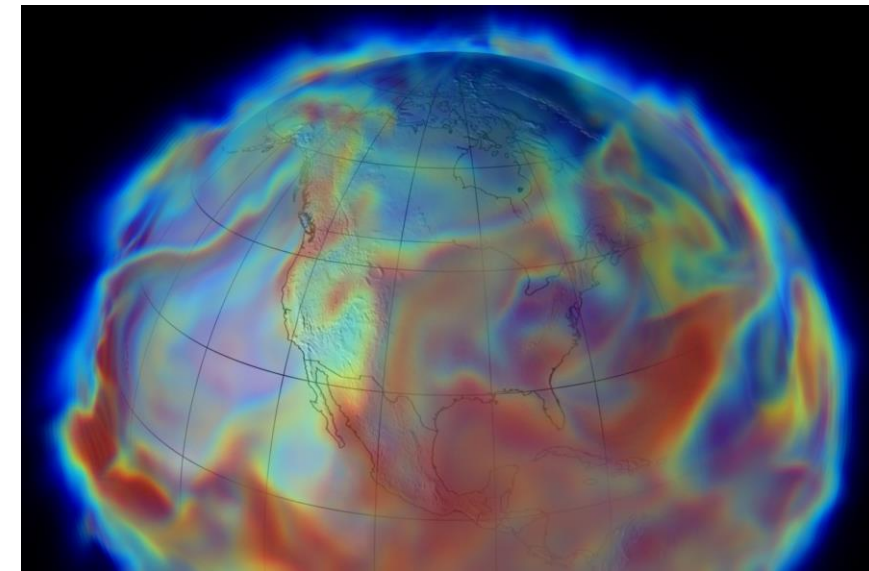
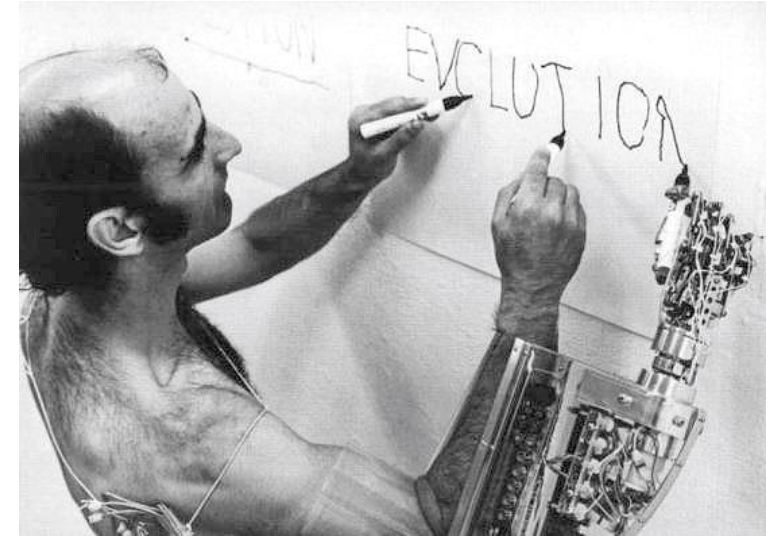
17) Stability of banking systems

18) Climate changes

Rubber ducks floating in the ocean

19) War and peace

20) Disease spreading and bioterrorism



Where are we in this talk?

- General public
 - Illustrate the role of mathematics in helping society
 - Illuminating the role of mathematician/math engineers
- Active engineers
 - Show importance of maths for fundamental innovation
 - Illustrate economic potential of maths R&D
- Pupils and students
 - Highlight the role of maths in engineering studies
 - Show mathematical engineering as a new specialization
- Teachers
 - Convince students of the importance of maths
 - Motivate students to put in an effort to learn

Teaching context needs something extra

**WHY
THIS
TOPIC?**



Math anxiety and aversion

Misconceptions and hurdles for maths teachers

- **Math is there to test our intelligence. We will never need it.**
- **All mathematics has been invented already.**
- **You are a maths person, or you are not.**
- **Math is about memorizing rules.**
- **Math is about recipes for arithmetic and computations.**
- **Errors are horrible and need to be avoided.**
- **There is no creativity in maths. No collaboration either.**

JO BOALER

FOREWORD BY CAROL DWECK

MATHEMATICAL MINDSETS



Unleashing Students' **POTENTIAL** Through
Creative Math, Inspiring Messages and
INNOVATIVE TEACHING

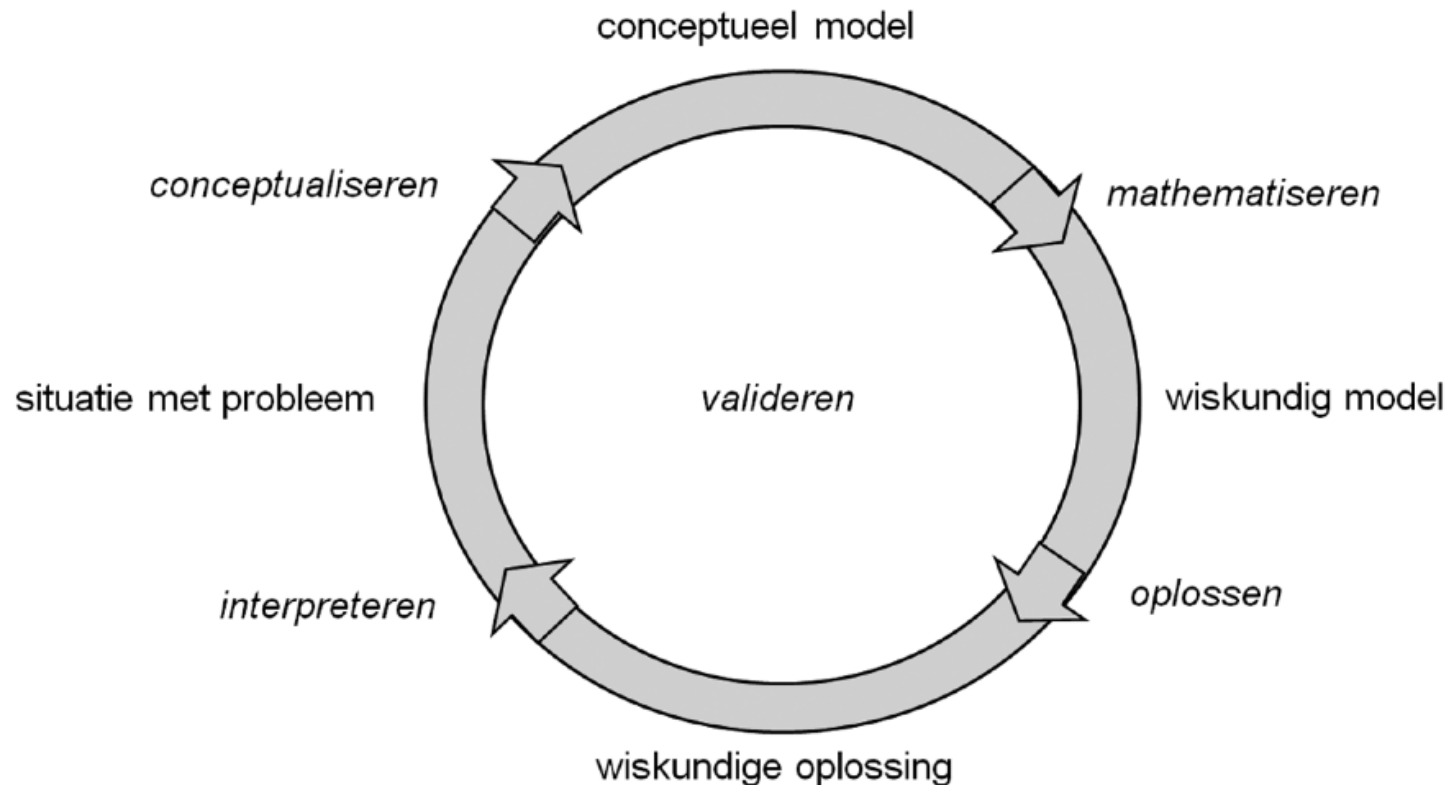


JOSSEY-BASS
A Wiley Brand

- Low-entry/high-ceiling tasks
 - Discovering patterns and structure
 - Collaboration/reflective attitude
 - Focus on insight and connections
 - Many roads lead to a solution
-
- Growth mindset
 - Errors stimulate brain growth
 - Process evaluation

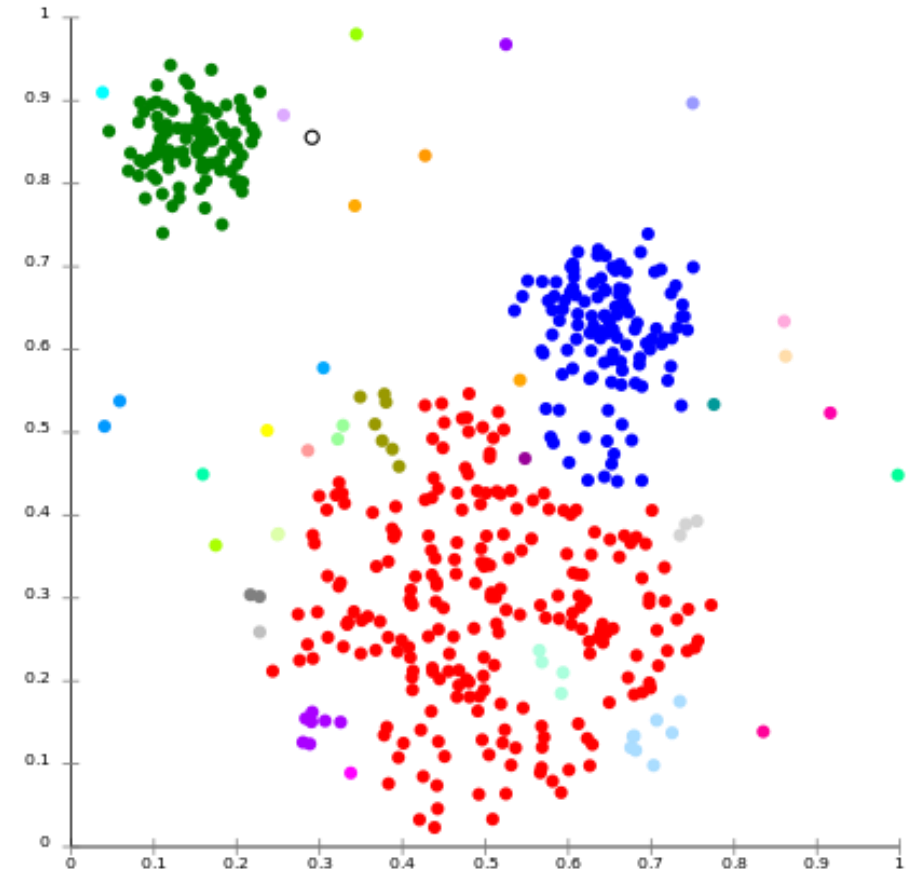
Proposal: mathematical modelling as core!

- Translation of problem into formulas: mathematical modelling
- Needs a continuous effort, across subjects and time



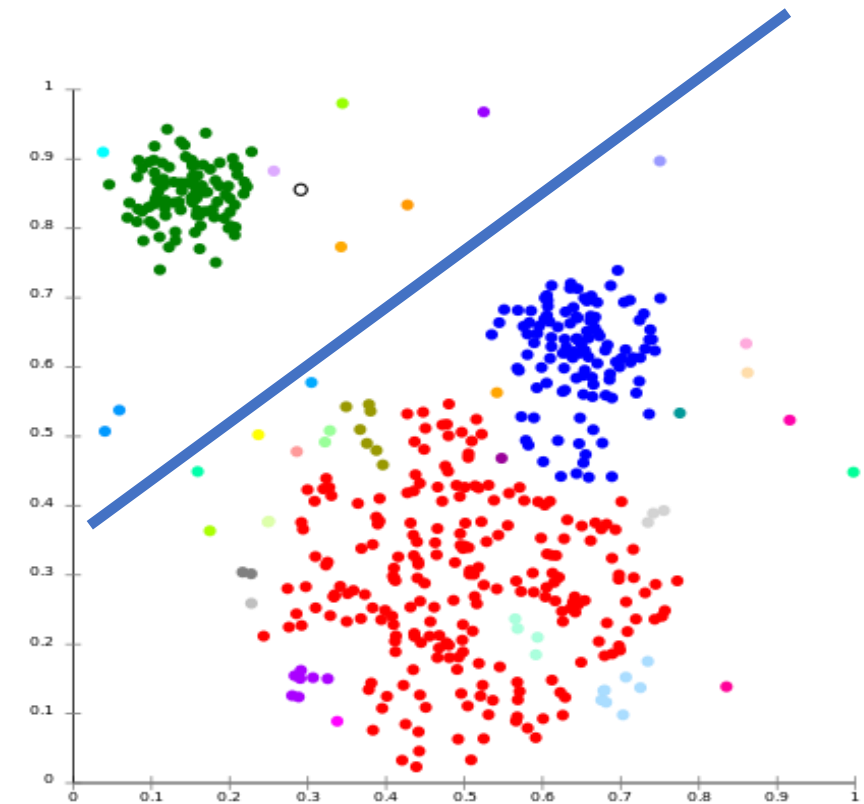
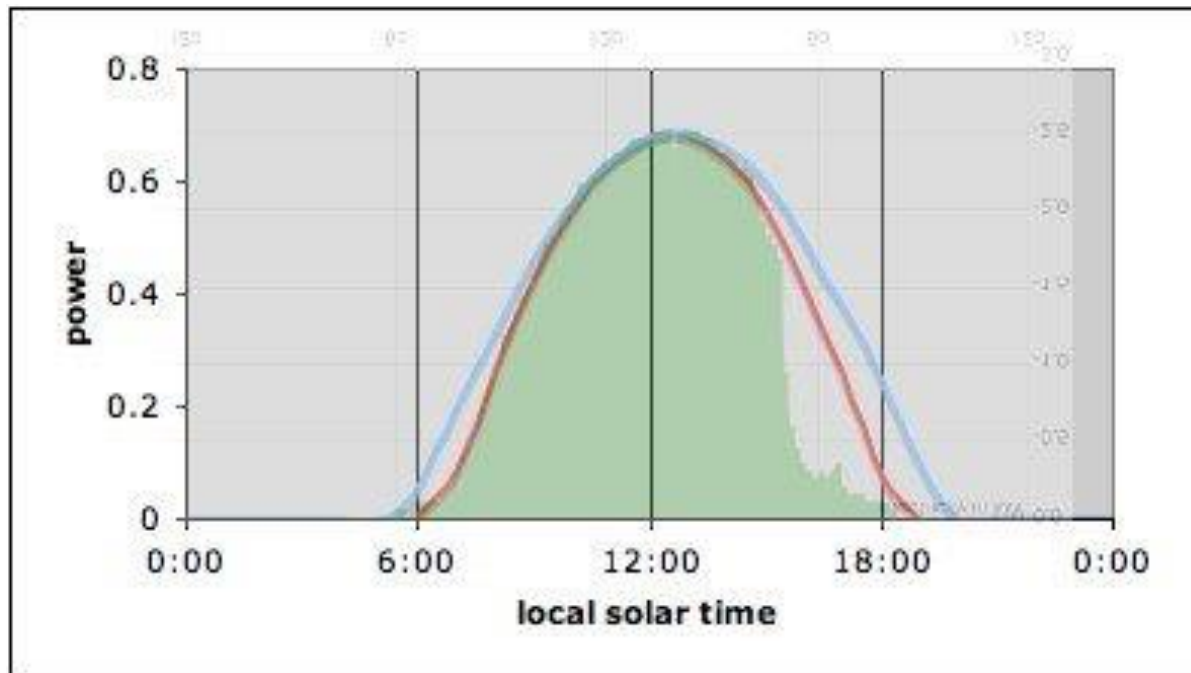
Start a new math subject via real-life experience

- 17-18yo remote vacation house // 15-16yo Blocking fraudulent bank cards



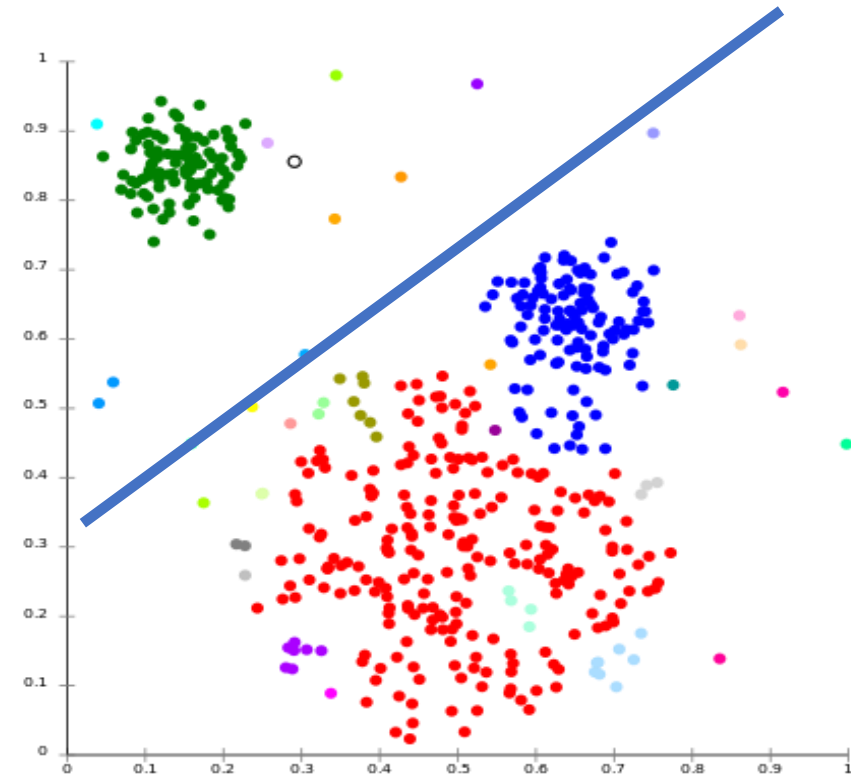
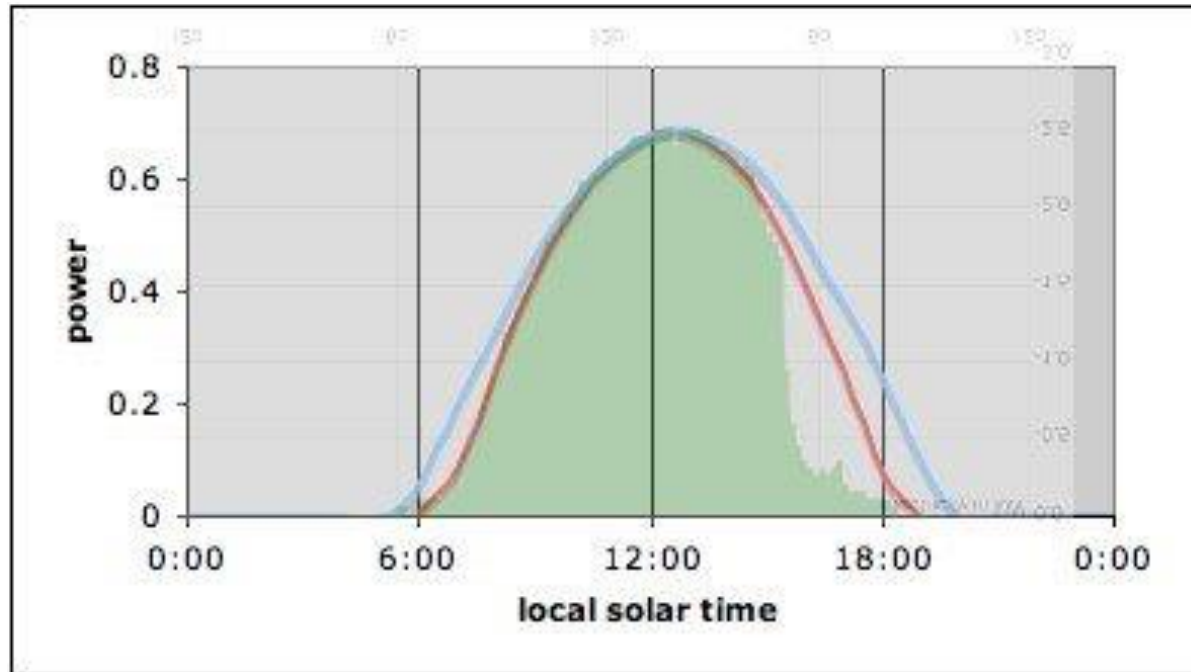
Moderated discussion: pupils discuss the problem

- Figure out what needs to be computed
- Examples: power generated by solar panel // separate fraud from normal use



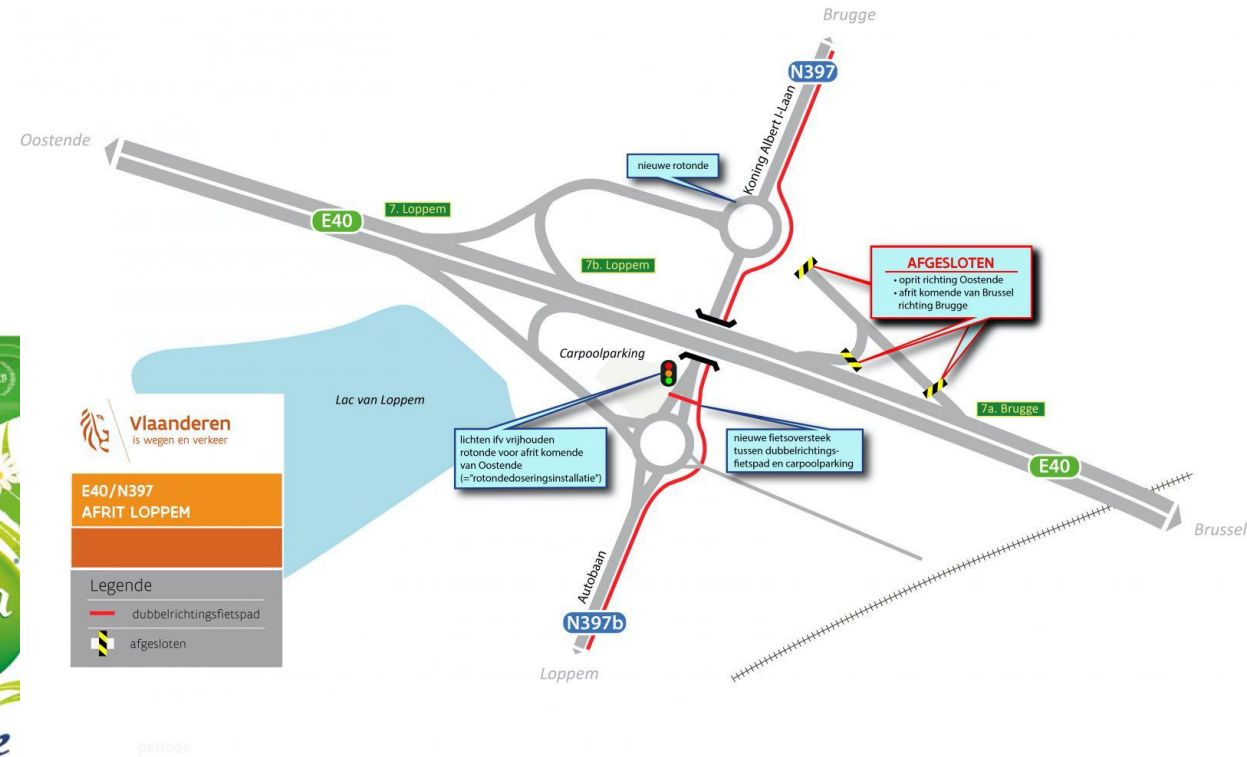
Reduce to a mathematical problem

- Examples: compute area under a curve // determine a separating line



- Students realise they need new mathematics

Voorbeelden voor de eerste graad



Four fours problem

Mathematical dice



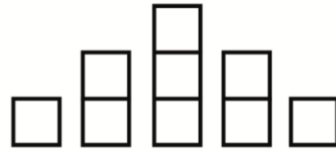
Execute task -> generate an idea

Growing patterns

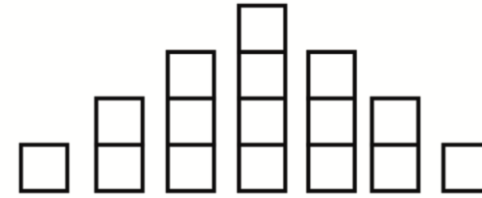
How do you see the shapes growing?



Case 1

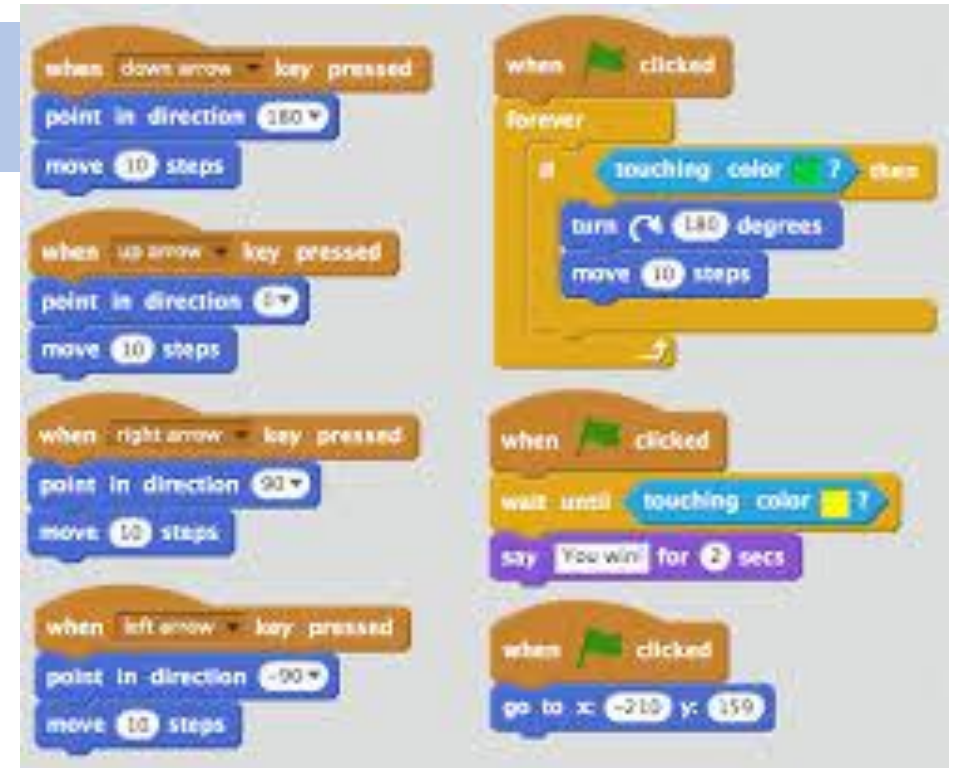


Case 2



Case 3

Programming in Scratch



Expected outcome and result

- Students can (partially) solve the problem
- Students learn that the acquired math is useful and crucial.
- Maths is taught in usual generic/abstract way; can be applied elsewhere
- This last point can be trained explicitly.

Observations from practical tests

- Teachers find mathematical modeling a big bonus, but pupils did not acquire a deep insight in the broad potential of mathematical modelling
 - This desired effect can only be achieved by modelling on a regular basis
- The approach combines nicely with existing lecture material. Still some preparation for the teacher.
- Most pupils indicated that the approach strengthened their belief that mathematics is useful for society.
- Pupils understood connection between maths and the specific problem, but did not feel they were learning specifically for the problem at hand.
 - The general and abstract nature of mathematics is conserved!

Conclusions from practical tests: caveats

- Preparation via group assignments crucial to stimulate individual thinking
- Difficulties for the teacher to be a “coach” instead of “expert”
 - Few experience with this approach (loss of control)
 - Fear with teachers that pupils will not appreciate the approach
 - Time pressure and extremely full calendar of topics
- There is room to use this approach multiple times, but not always with the intensive group discussions.
- Yet, the group discussions the greatest strength of the approach.

General conclusions

- Stories about mathematics can
 - Illustrate the role of mathematics in helping society
 - Illuminating the role of mathematician/math engineers
 - Convince students of the importance of maths
 - Motivate students to put in an effort to learn
- To use applications in math lectures in high school, focus should be on
 - Mathematical modeling to make connection with reality
 - Moderated discussion to stimulate creativity and critical thinking
 - Interaction between abstraction and application
 - Growth mindset – reducing anxiety and aversion



Thank you!

Time for questions ?