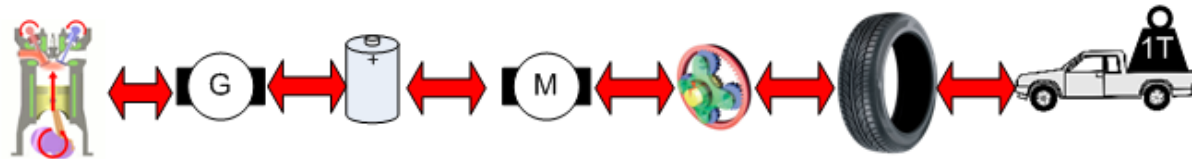


Fysieke modellering in hybride voertuigen

Fysieke modellering
Ideaal voor MDA/MDD?



Adriaan van den Brand

Bits&Chips Embedded Systems Nov-'10

Biografie

- **Adriaan van den Brand (41jr)**
- **Systeem architect bij Sogeti High Tech**
- **Ca. 18 jr ervaring embedded systemen**
 - Embedded Software
 - Software architectuur
 - Systeem architectuur
 - Ca. 7 jaar automotive ervaring (Ford, BMW, Visteon, NXP)
 - Opleiding: Electrotechniek/TCK
- **Huidige rol:**
 - Systeem architect bij Philips Applied Technologies
 - Hybride aandrijvingen voor commerciële voertuigen
 - Contact: Adriaan.vanden.Brand@sogeti.nl

Agenda

- **Titel & Biografie**
- • **Agenda**
- **Achtergrond**
 - Mijn droom
- **Project**
- **Model**
 - Gangbare vs. fysieke modellering
 - van abstract naar realiteit
 - fysieke modellering
 - Wat, hoe en waarom?
- **Ervaringen & Conclusies**
- **Vragen**

Achtergrond : Mijn droom

- **Model als basis voor ontwikkeling**

- Van mechatronische systemen
- Gedurende hele project
- Van Feasibility tot aan prototype
- Executeerbaar

- **Natte dromen?**

- Zelfde model groeit mee met project
 - Component-gebaseerd (re-usable, uitbreidbaar)
 - Interfaces zijn zo duidelijk dat er geen discussie is
- 1 model voor (bijna) alle disciplines

Achtergrond : Model

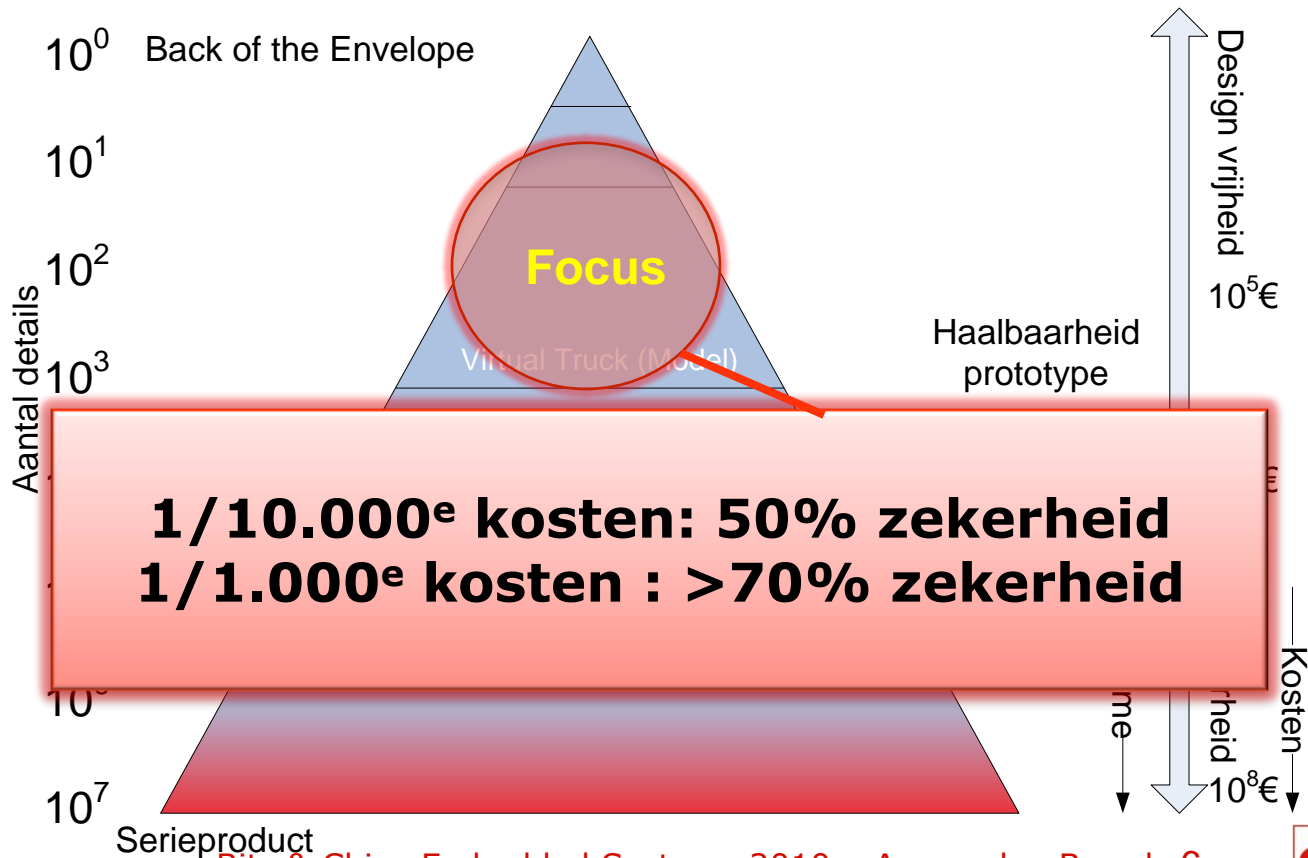
- **Wat is een model?**

- Mooi meisje
- Excel spreadsheet berekening parameters & relaties
- Simulink .MDL bestand
- Prototype
- Maquette
- Abstracte, executeerbare beschrijving van een geheel

Achtergrond : Model 2

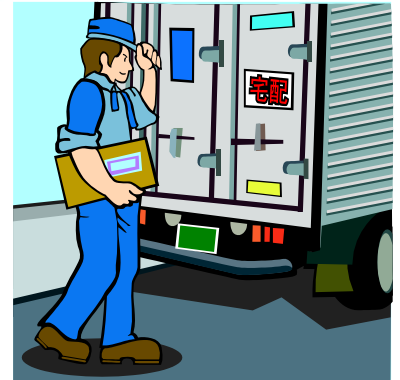
• Wat is een model?

- Abstracte, executeerbare beschrijving van een geheel





Project



Doelstellingen

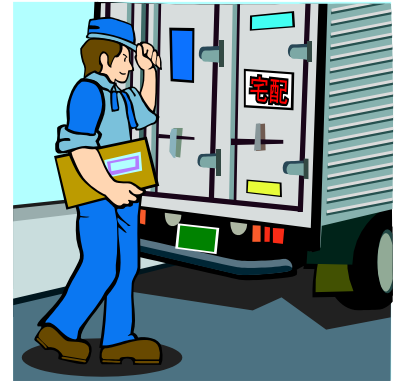
Uitdagingen

Rol model in project

●	Titel & Biografie
●	Agenda
●	Achtergrond
→	Project
●	Model
●	Conclusies
●	Vragen

Project-achtergrond

- **Hybride aandrijving commerciële voertuigen**
- **Doelstellingen:**
 - **Maximale** CO2 reductie
 - **Maximale** brandstofbesparing
 - **Realistische** schattingen energieverbruik



Uitdaging 1

- **Wat is maximaal?**
- **Welke 'knoppen' zijn er om aan te draaien?**
- **Wat moet er gemodelleerd worden?**

- **→ Modelleren van energie-stromen**
 - Chemisch (Verbrandingsmotor)
 - Elektrisch (Accu)
 - Mechanisch (Rotatie)
 - Mechanisch (Translatie)

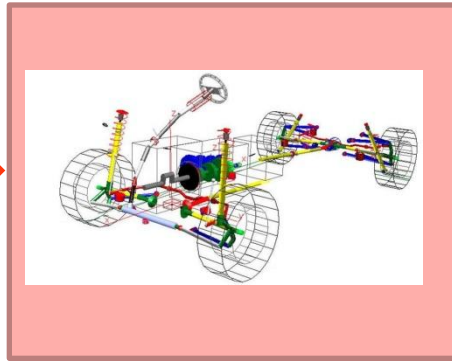
Uitdaging 2 : Multidisciplinair model

- **Multidisciplinair model**
 - Electro, Mechanica, Pneumatica, Hydraulica, Software
- **Wat zijn de inputs en outputs?**
- **Welke omgeving?**
- **Wat is er al beschikbaar?**
- **Missende schakels: hoe oplossen?**

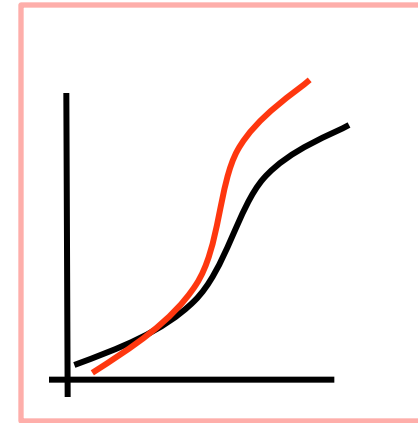
Doel



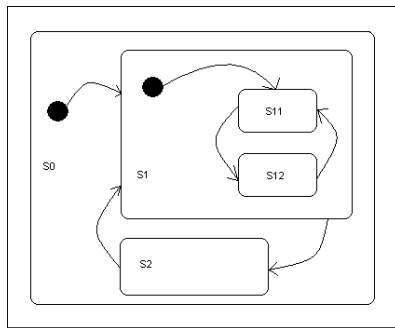
Real world data



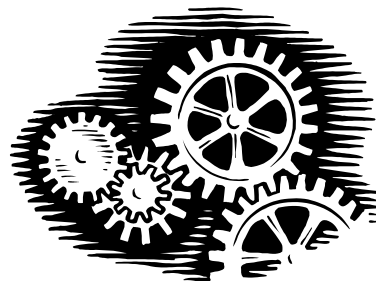
System model



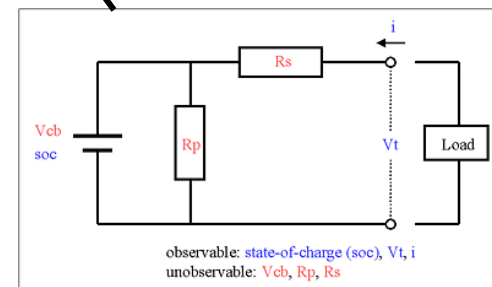
Key Performance Indicators



Gedrag (control & software)



Mechanica



Electro

Design Space Exploration (project)

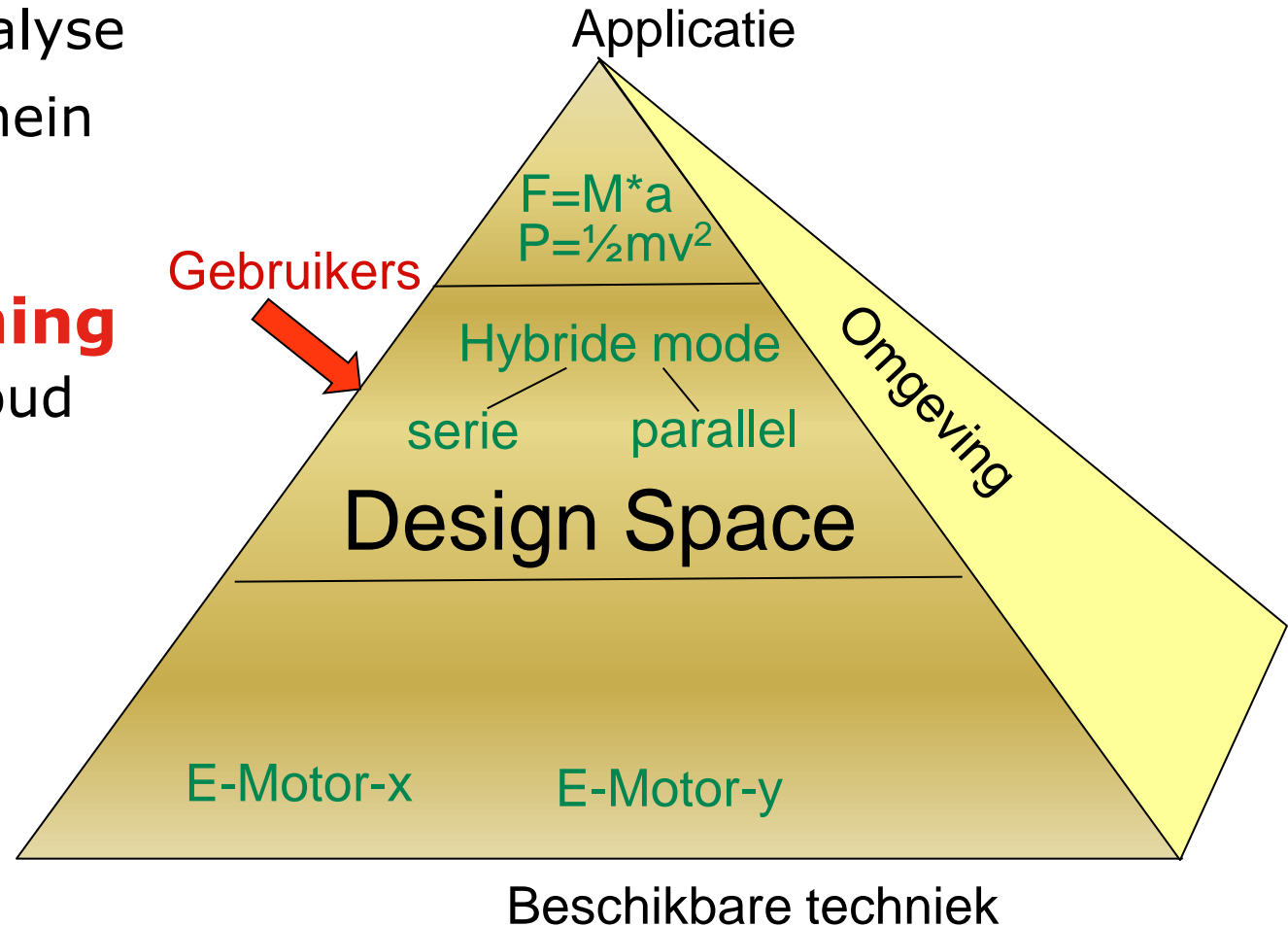
- **Analyse van het maximaal haalbare:**

- Top-down analyse
- Applicatiedomein

- **Modelverfijning**

- Wet van behoud van energie

- **Component-keuzes**



Model in het project

- **Eerste model: eenvoudig "baksteen op wielen"**



Eenvoudig, goedkoop

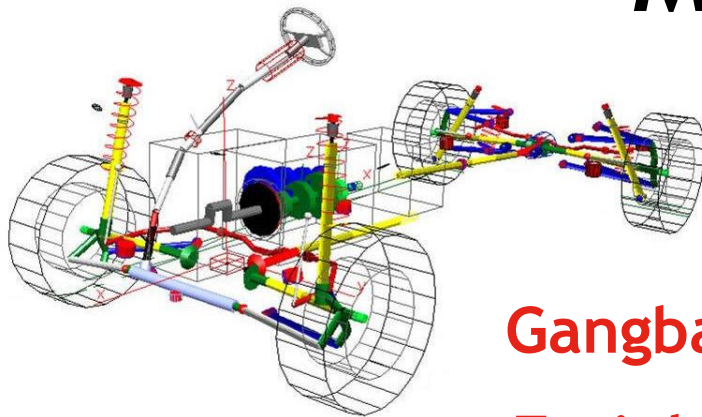
→ Bepalen ideale resultaat
→ "**Maximaal** haalbare"

- **N**
 - Model met gedetailleerde subsystemen
 - Motor-gedrag, versnellingsbak, batterij-gedrag etc.

- **Uiteindelijk**

- Virtueel prototype met zelfde interfaces als fysiek product

Modellen

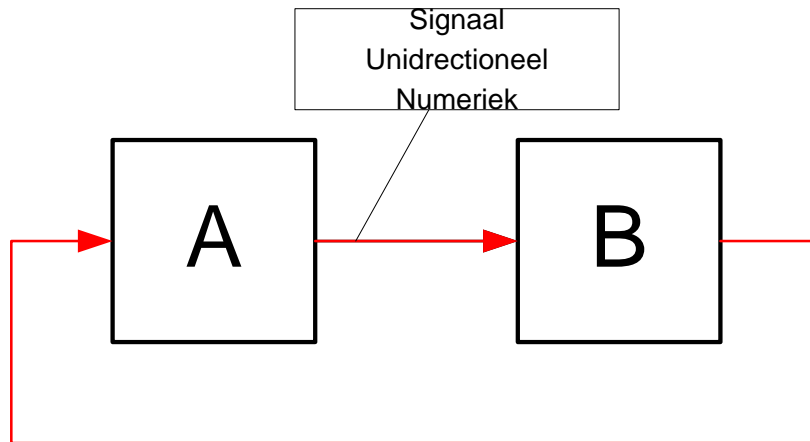


Gangbare werkwijze
Fysieke modellering

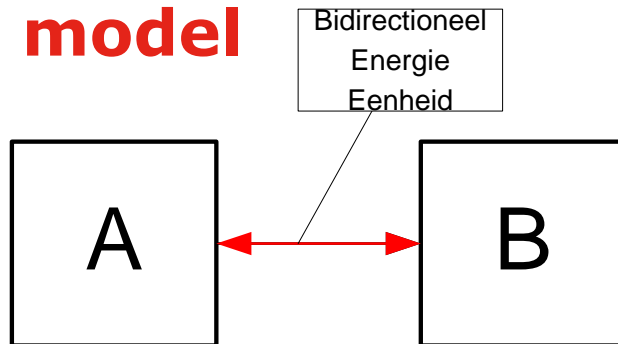
●	Titel & Biografie
●	Agenda
●	Achtergrond
●	Project
➔	Model
●	Conclusies
●	Vragen

Modellen in Simulink

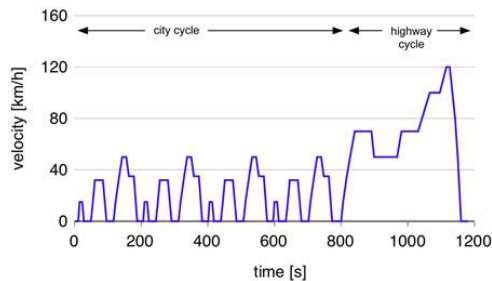
- **Normaal Simulink model:**



- **Fysiek model**



Modellen : Backward facing (gangbaar)



Backward
facing model

Resultaat

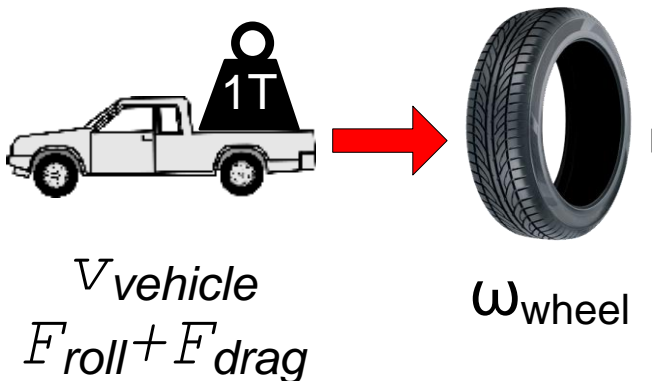
Standaard drive cycle
snelheid = $f(t)$

Modellen:

Backward facing (gangbaar) (2)

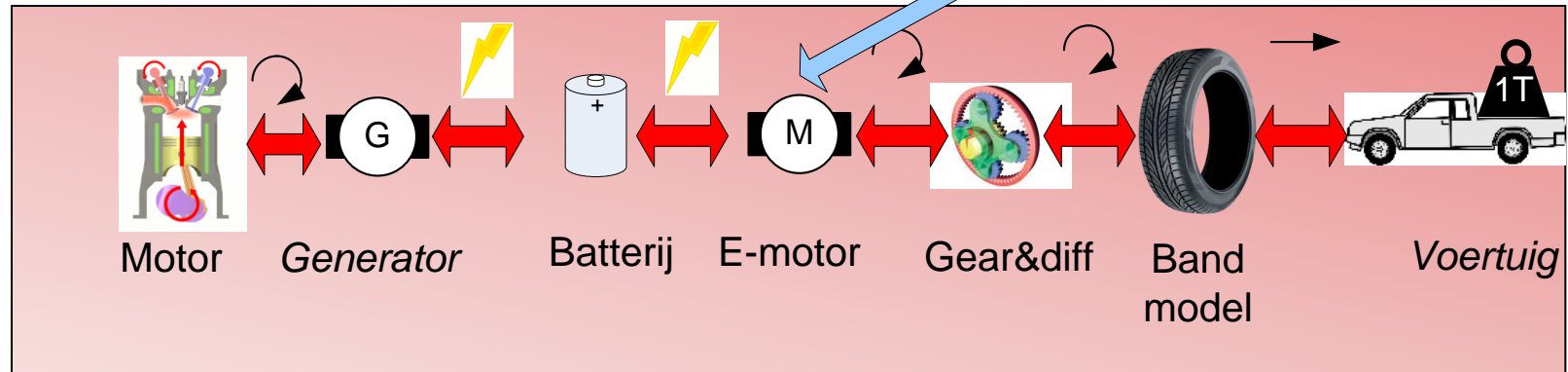
- Het voertuig 'trekt' aan de wielen
- De wielen 'trekken (draaiend) aan de versnelling
- De versnelling 'trekt' aan de motor
- Hieruit vermogen berekenen vanuit de batterij
- → omgekeerde wereld.... Model != realiteit

→ Voldoet niet aan doelstellingen
 \bar{P}_{mech} / η_{wheel}



Realistisch model (fysiek)

- **Actie = - Reactie.**



- **Model weerspiegelt realiteit**

Fysieke Modelling (o.a. Bondgraaf-methode)

- **Wet van behoud van energie**
- **Newton**
 - $A_k = -r_k$
- **Electriciteit**
 - Kirchhoff:
 - Som van de stromen in een kring = 0
 - Spanning over parallelle componenten = identiek
- **Hydraulica**
- **Pneumatica**
- ...



Fysieke Modelling: energie centraal

Energie is belangrijk : in alle domeinen

- Concepten vergelijkbaar

- (weerstand, lading, buffer)

- Koppeling van domeinen middels converters

- Motor = omzetter (electrische \leftrightarrow roterend mechanische) E

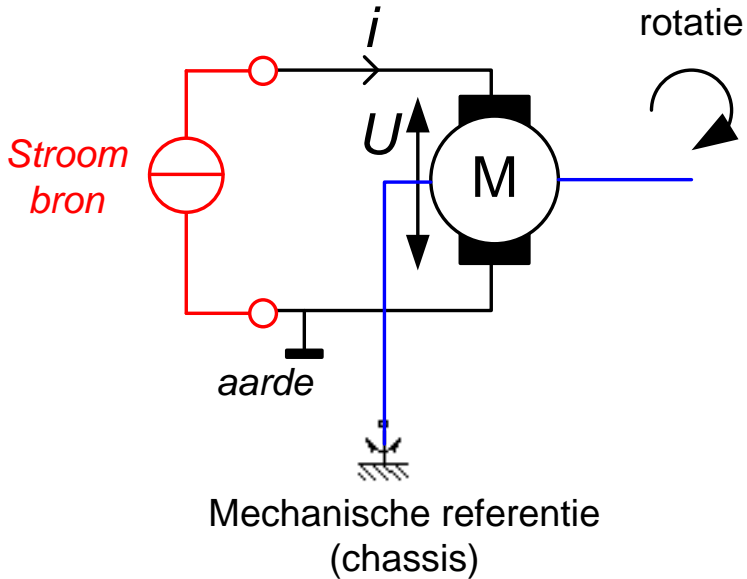
- Verlies (warmte) = thermische energie

- Zuiger (Pneumatisch/hydraulisch)

- Pomp

Fysieke Modelling : Elektromotor

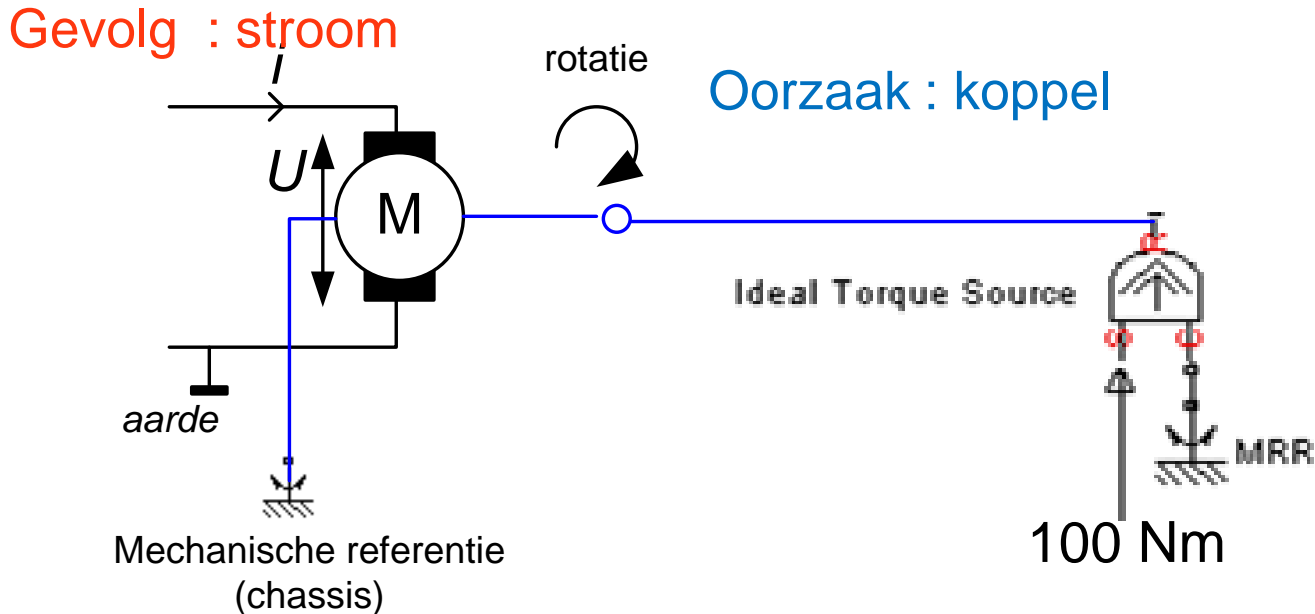
Oorzaak: stroom



Gevolg : koppel

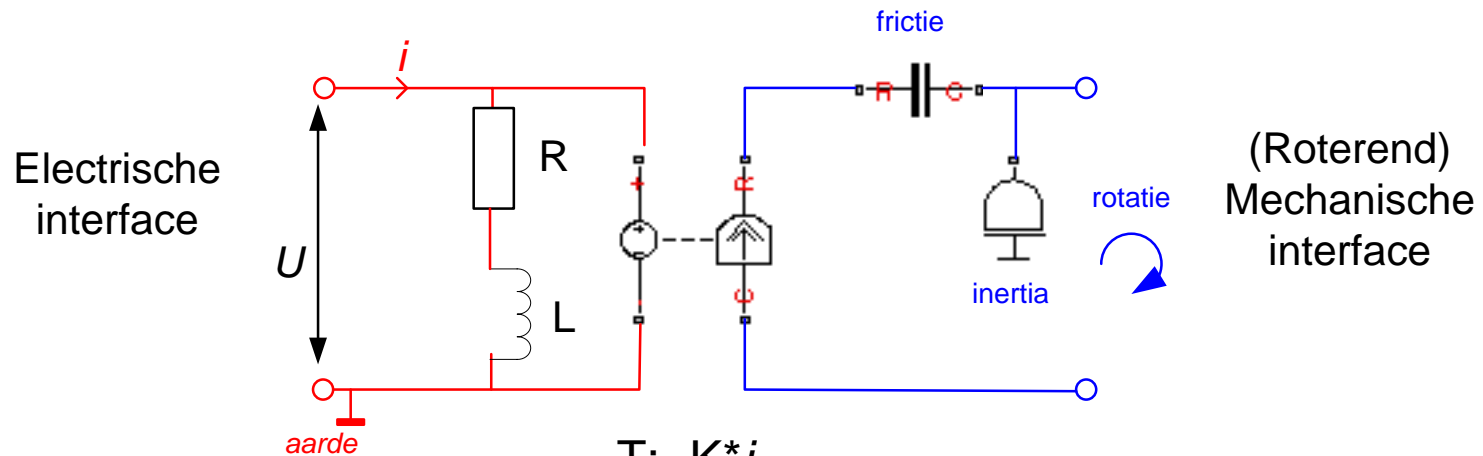
- **Electromotor : stroom → beweging**

Fysieke Modelling : Elektromotor (2)



- **Regenerative braking**
- **Voertuig-energie wordt omgezet in electriciteit**
- **Motor als generator**

Fysieke Modelling : binnen in de motor

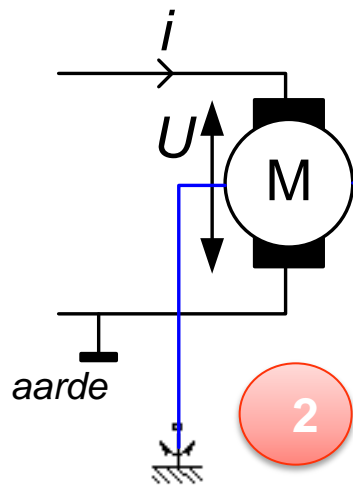
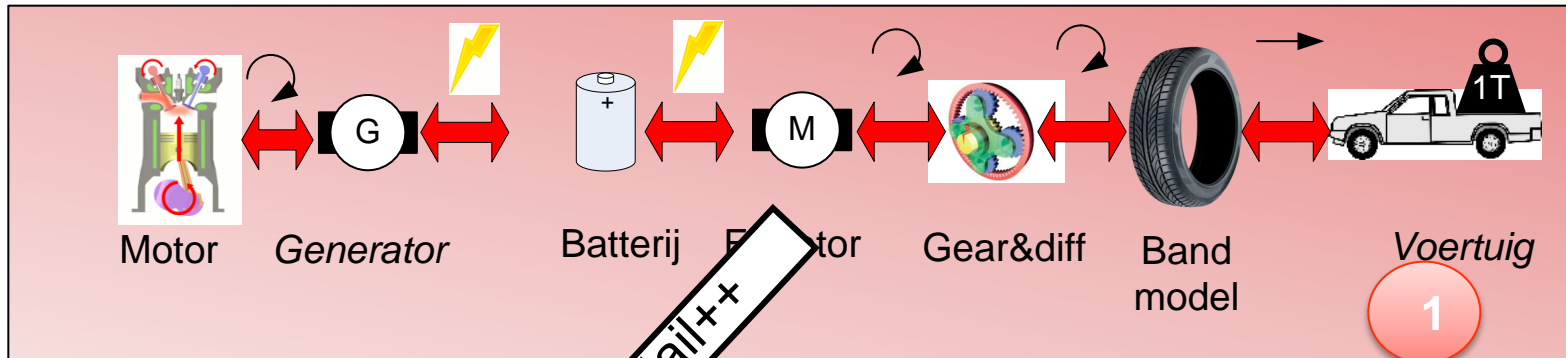


$$T := K * i$$
$$U := K * \omega$$

(K=constant of proportionality V/ (rad/s))

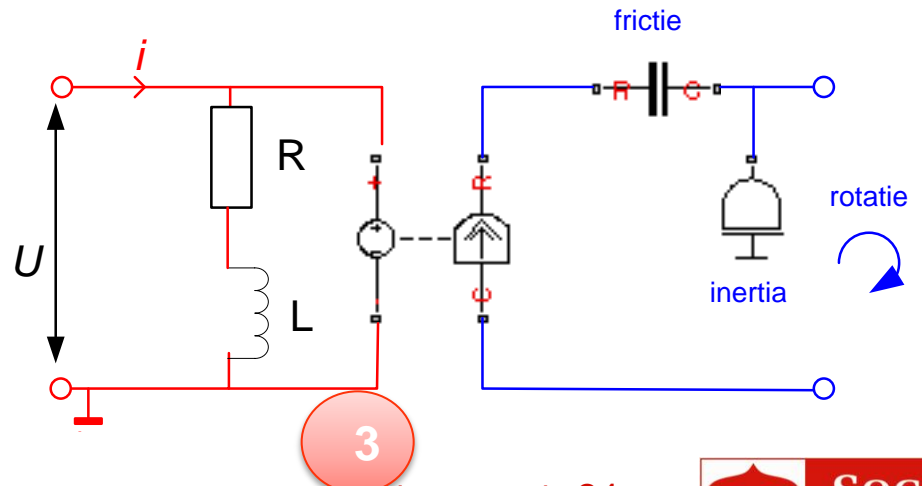
- **Motor is ook een model**
- **Parameters**
- **Vervangingschema**
- **Niet ideale eigenschappen**

Fysieke Modelling : Top Down



Detail++

Detail++



Conclusies

Ervaringen

Conclusies Project

Conclusies Methode

●	Titel & Biografie
	Agenda
	Achtergrond
	Project
	Model
→	Conclusies
	Vragen
●	

Project: schaalbaar model

- **Model meegegroeid met project**

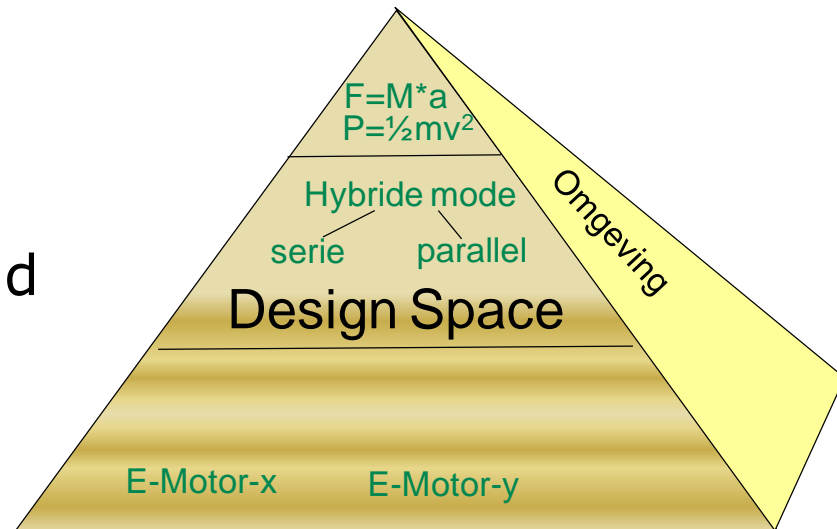
- Topdown
 - Van 'baksteen op wielen' tot detailniveau
 - Verdere verfijning mogelijk
 - Haalbaarheid vroeg aangetoond, zekerheid groeit.
 - Energiebesparing: **maximaal**
- Multidisciplinair
 - Energie centraal

- **Interfaces zijn stabiel**

- Fysieke interfaces = werkelijkheid

- **Tooling**

- Matlab/Simulink
- Extra SimScape/SimDriveline (fysieke modellering)



Evaringen

• Inleertijd

- Modellen moeten heel anders opgezet worden
- Ge-idealiseerde modelletjes werken vaak niet (fysiek onmogelijk)
 - Interne weerstanden, inertia etc. direct toevoegen
- Kennis nog niet in industrie
 - Geen boeken e.d. beschikbaar, artikelen alleen vanuit Mathworks
 - Wel algemeen bekend in academische wereld (bondgraaf-methode, 20-Sim)

• Tool

- Bijna alle systemen maakbaar met SimScape foundation classes
- SimDriveline: biedt krachtige interfaces, doch simpele componenten
- SimElectronics, SimMechanics: interessante standaard bibliotheek

Conclusies

- **“Fysieke modellering”**

- ✓ Uitstekend voor mechatronische modellen
- ✓ Modelleerder wordt gedwongen realistisch te ontwerpen
- ✓ Schaalbaar model realiseerbaar

- ✓ Beter onderhoudbaar & schaalbaar model
 - Minder interfaces (door fysieke koppelingen)
 - Interfaces met types zijn sterker (km/h \leftrightarrow m/s)
 - Standaard interfaces met terugkoppelingen!
 - Herbruikbare componenten

- Nadelen
 - Anders leren denken (Simulink) \rightarrow inleertijd
 - Nog niet geheel mature (Solver issues e.d.)

Eindoordeel

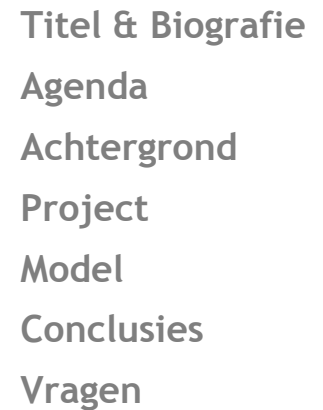
Fysieke modellering
Ideaal voor MDA/MDD?

Absoluut de moeite waard
En het wordt nog iedere dag beter!

Fysieke modellering in hybride voertuigen

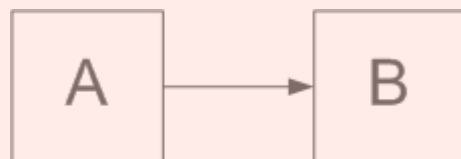
Vragen?

Adriaan.vanden.Brand@sogeti.nl

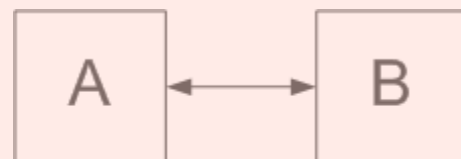


Titel & Biografie
Agenda
Achtergrond
Project
Model
Conclusies
Vragen

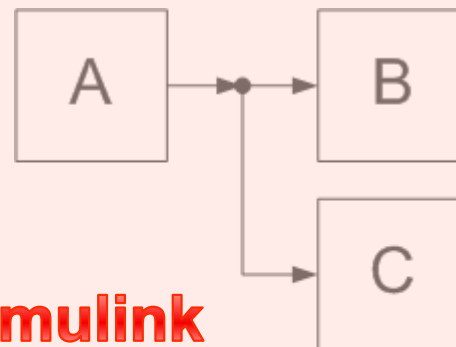
Soorten interfaces



Direct Input/output

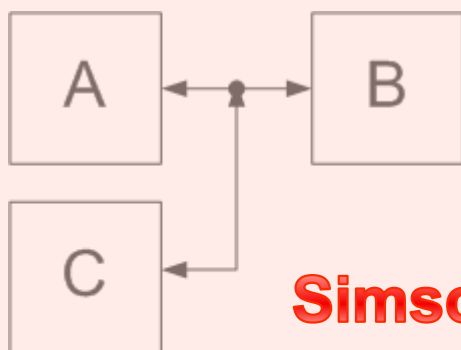


Bi-directional



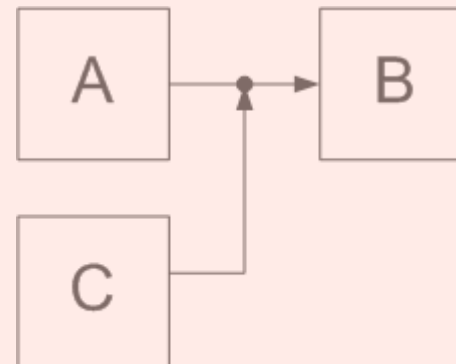
Simulink

Single output, multiple inputs



Simscape

Multi-drop



Multiple outputs, single input