



Hanzehogeschool
Groningen
University of Applied Sciences

Validation of AI: Towards a Driving Exam for OpenPilot

Jeroen Lammersma (BSc) & Rix Groenboom (PhD)

Hanzehogeschool Groningen



What is this?





What is this? Sibrandus Stratingh (1835) !





What is this?





What is this?





What is this? Comma three with openpilot !



openpilot

on the comma three

What is openpilot?

- Advanced Driver Assistance System
- SAE level 2





SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: sae.org/standards/content/j3016_202104



Hanzehogeschool Groningen
University of Applied Sciences

Copyright © 2021 SAE International. The summary table is provided AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	

Copyright © 2021 SAE International.

	These are driver support features			These are automated driving features		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions



Hanzehogeschool Groningen
University of Applied Sciences

What is openpilot?

- Advanced Driver Assistance System
- SAE level 2
- Open source
- Better than Tesla's Autopilot!
 - At least better dan most ADAS



comma ✓
@comma_ai · Follow



iOS isn't going to be open sourced any time soon. But Android is. If Autopilot is the iOS, openpilot is the Android. github.com/commaai/openpi...



abhishek @abhi1thakur

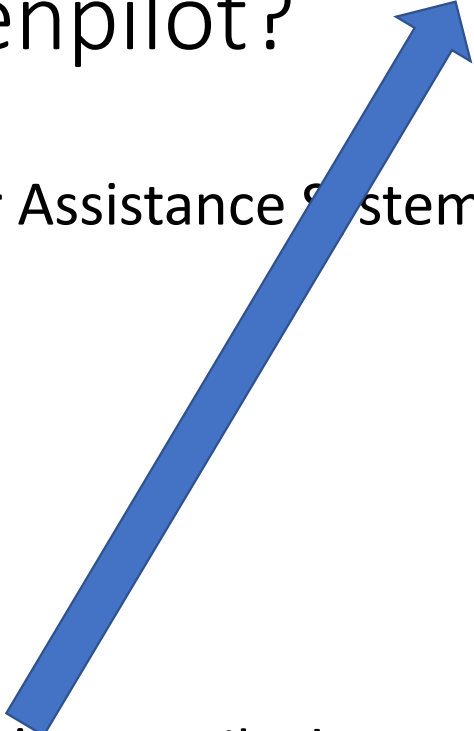
Tesla's self driving models should be open source

2:30 AM · Mar 25, 2022



What is openpilot?

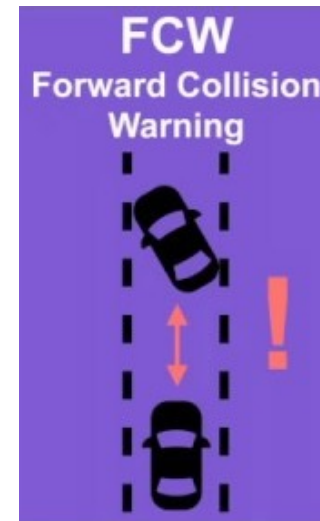
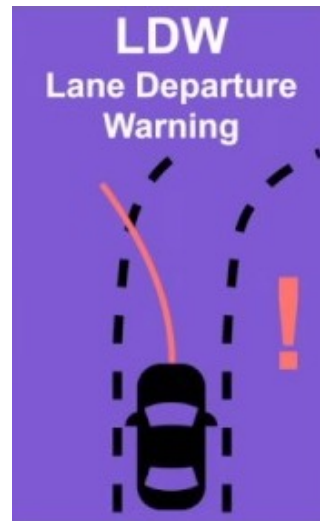
- Advanced Driver Assistance System
- SAE level 2
- Open source
- Better than Tesla's Autopilot!
 - At least better dan most ADAS



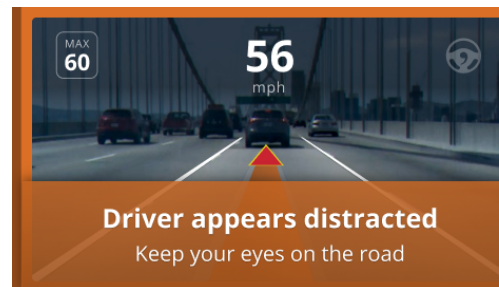
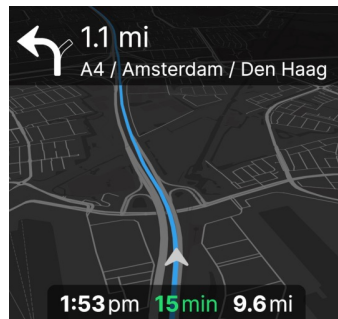
SYSTEM NAME	SCORE	CAPAB. & PERF.	KEEPING DRIVER ENGAGED	EASE OF USE	CLEAR WHEN SAFE TO USE	UNRE-SPONSIVE DRIVER
Comma Two Open Pilot	78	8	9	8	6	8
Cadillac Super Cruise	69	8	7	3	8	9
Tesla Autopilot	57	9	3	7	2	6
Ford/Lincoln Co-Pilot 360	52	8	4	3	4	5
Audi Driver Assistance Plus	48	8	3	3	2	6
Mercedes-Benz Driver Assistance	46	6	4	4	2	5
Subaru Eyesight	46	7	4	3	4	5
Hyundai Smart Sense, Kia Drive Wise	46	5	4	5	4	4
BMW Active Driving Assistance Pro	44	7	3	3	2	6
Porsche Active Safe	41	4	3	6	2	5
Volvo Pilot Assist	41	6	3	3	2	5
Toyota/Lexus Safety Sense 2.0	40	5	4	2	4	5
Honda/Acura Sensing	40	6	4	2	4	4
Nissan/Infiniti ProPILOT Assist	40	5	3	3	4	7
Volkswagen Driver Assistance	39	4	3	6	2	5
Land Rover Driver Assist	38	4	3	6	2	4
Buick/Chevy Driver Confidence	36	3	3	5	2	6
Mazda i-ACTIVSENSE	27	3	2	5	2	1



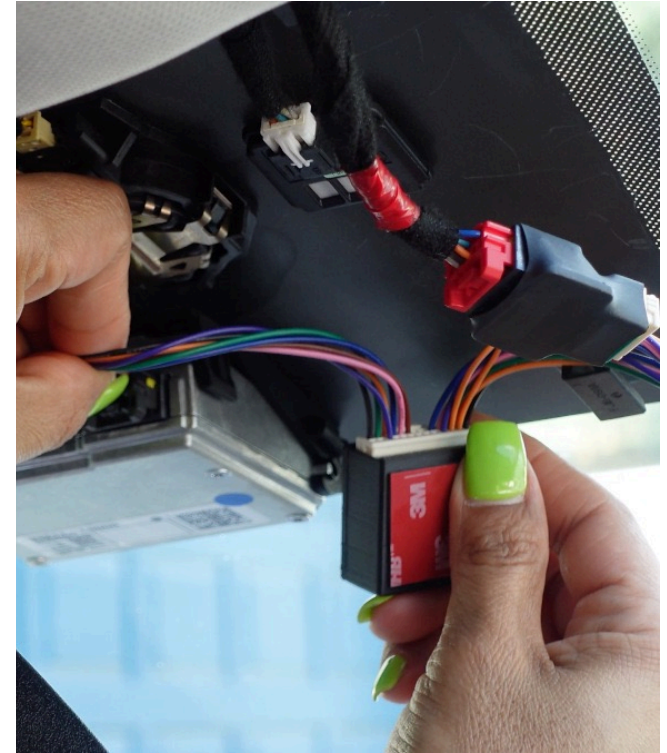
What does openpilot offer?



Lane Change Assist



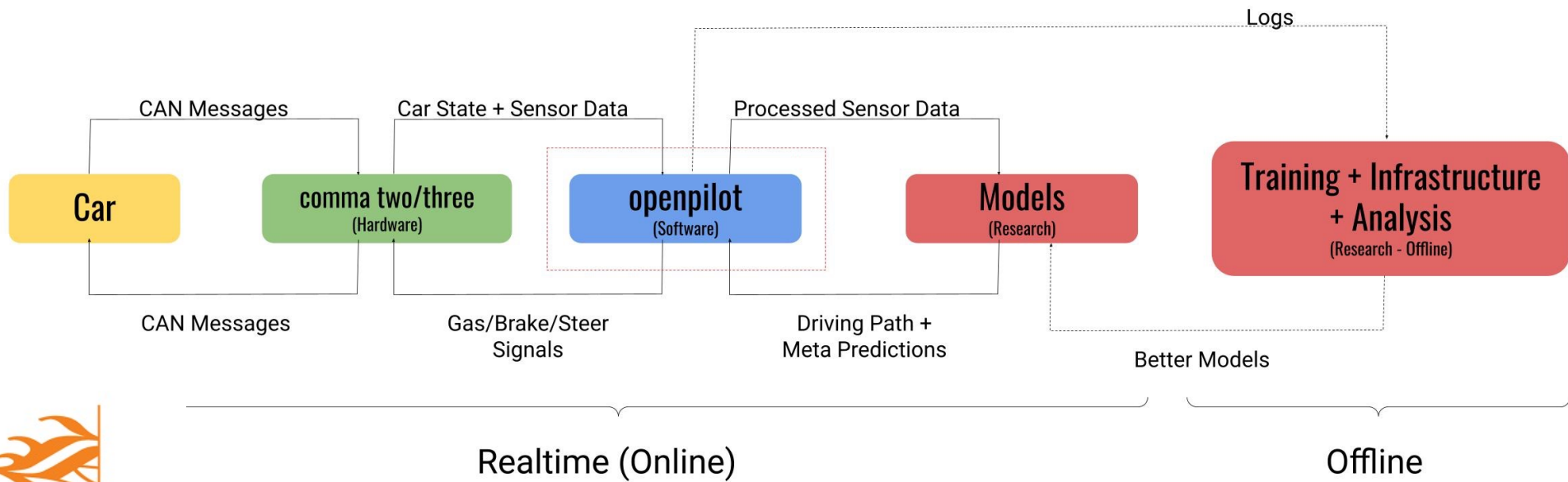
How to install openpilot?







How does openpilot work?



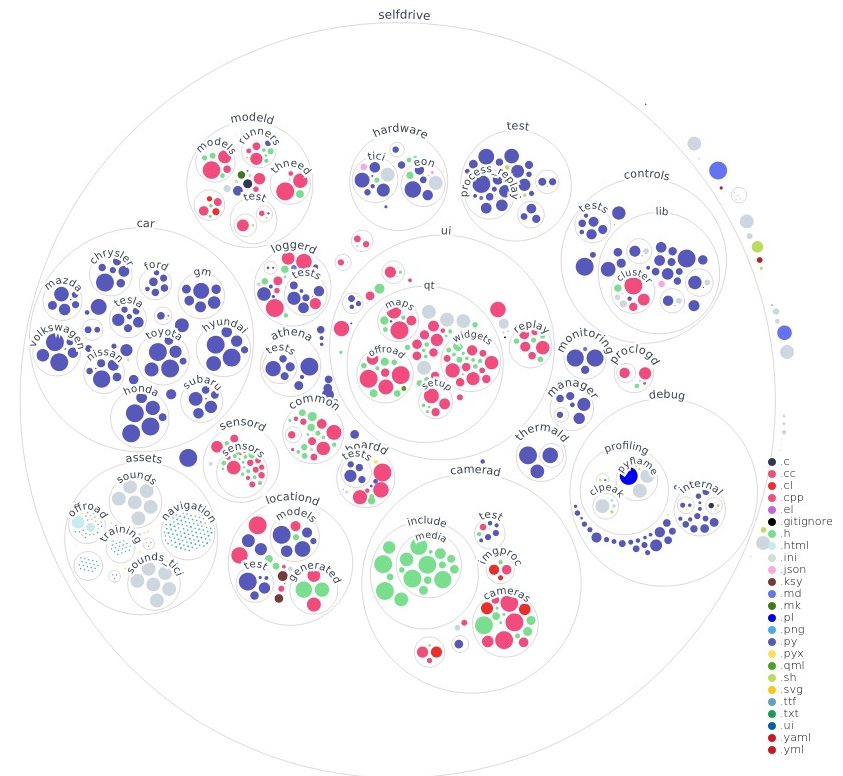


How does openpilot work?

- Open source implementation
 - <https://github.com/commaai/openpilot>
 - Over 1 MLOC
- Reverse engineering on documentation
 - Martijn Eisses
 - Hein Douwe Havik
- SBOM analysis for SW security
 - Presentation of **Jesse Lourens** !



commaai/openpilot



BUMMER: openpilot is illegal

- In Netherlands... openpilot is not approved
- Escape... use comma *smart dashcam*
 - And install openpilot on own risk
- Or use it in a simulator

FREE 2-DAY SHIPPING!

comma three devkit

Starting at \$181/mo with [affirm](#). [Prequalify now](#)

Choose your storage size.

<input type="radio"/>	32GB	\$1999
<input type="radio"/>	250GB SSD	\$2199
<input type="radio"/>	<i>CROSSCOUNTRY</i> 1TB SSD	\$2499





VAR: *Virtuele Automobiel Rijcoach*

- Improve driving behaviour
 - *Realtime warnings*
 - *Positive coaching*

- openpilot is active, but disengaged
 - *(and cannot be engaged)*
 - *(still registers all data sensors & camera's)*

- Repurposing Comma Three / openpilot
 - *As a base for development*
 - *Accessible (easy to implement own features)*



VAR: *Virtuele Automobiel Rijcoach*

- How to add new capabilities / features ?
 - Tailgating (*bumperkleven*)
 - Switch lane without indicator ("*bmw rijder*")
 - Overtake without looking over your shoulder
- Simulated environment (CARLA)
- Goal is a full "end-to end" validation platform



Tailgating warning feature

- Goal: experimenting with openpilot development
 - *Easy to implement*
- Warn driver of tailgating behaviour
 - *Realtime*
 - *Based on Time HeadWay (THW)*
- Criteria:
 - *THW < 1s*
 - *Duration > 5s*
- *Next version:*
 - *Dynamically based on THW vs duration*
 - *Coaching afterwards*



MAX
N/A

63
km/h



Time: 5.20

THW: 0.38

TTC: 3.73



NAV
N/A

59
km/h



Time: 1.75

THW: 0.45

ETC: > 6





VAR: *Virtuele Automobiel Rijcoach*

- Next features: Lane departure warning
 - For positive coaching and feedback sessions
 - Work of [Arjan Verwer](#)

- Towards:
 - Looking over shoulder while overtaking / switch lanes
 - Use the of driver camera
 - [Vacancy](#)



Validation platform

- How to test ADAS systems before type approval... (e.g. by RDW)
- Thousands of KMs are needed to validate autonomous features, and it has to be redone for every (software/model) update
- It is impossible to do this in an acceptable time-frame and cover required scenario's.

Aspecten

DATA

AUTONOMOUS VEHICLES
4.000 GB PER DAY... EACH DAY

RADAR ~10-100 KB PER SECOND
SONAR ~10-100 KB PER SECOND
GPS ~50KB PER SECOND
CAMERAS ~20-40 MB PER SECOND
LIDAR ~10-70 MB PER SECOND

intel

KAARTEN



WET & REGELGEVING

COMMUNICATIE

V2C
V2V
V2I
V2P
ASb

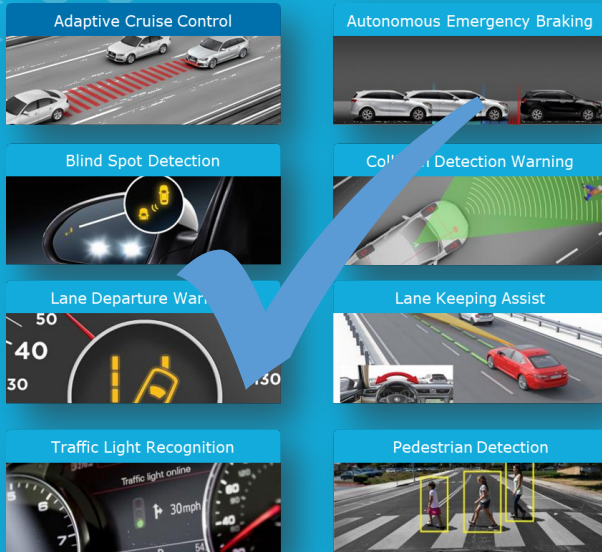
LANDEN

DEELNEMERS & CULTUUR

INFRASTRUCTUUR

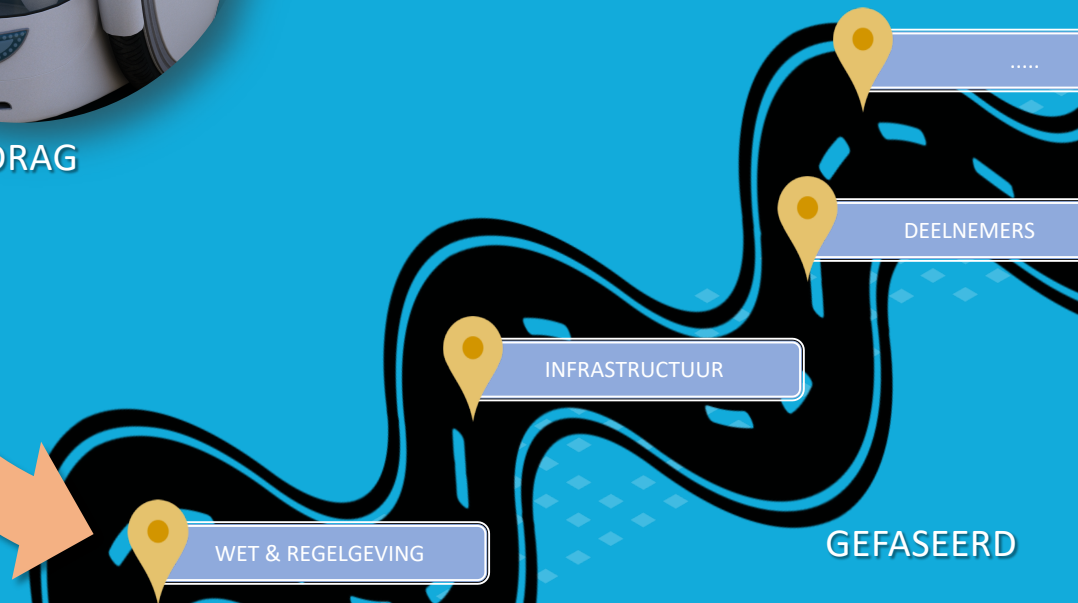
Validatieplatform

VOERTUIG ALS BESTUURDER



GEDRAG

VIRTUALISATIE



Oversteken kruispunt

Artikel 15.1

Op kruispunten verlenen bestuurders voorrang aan voor hen van rechts komende bestuurders.

Artikel 15.2a

Bestuurders op een onverharde weg verlenen voorrang aan bestuurders op een verharde weg

Artikel 15.2b

Bestuurders verlenen voorrang aan bestuurders van een tram.

Artikel 80.

Haaietanden hebben de volgende betekenis: de bestuurders moeten voorrang verlenen aan bestuurders op de kruisende weg

Artikel 63.

Verkeerstekens gaan boven verkeersregels, voor zover deze regels onverenigbaar zijn met deze tekens

Artikel 63a.

Tijdelijke geplaatste of toegepaste verkeerstekens op het wegdek gaan boven ter plekke aangebrachte andere verkeerstekens op het wegdek, voor zover deze verkeerstekens onverenigbaar zijn

Artikel 64.

Verkeerslichten gaan boven verkeerstekens die de voorrang regelen.

Artikel 50.

Weggebruikers moeten bestuurders van een voorrangvoertuig voor laten gaan.

Artikel 84

Aanwijzingen gaan boven verkeerstekens en verkeersregels.

Artikel 68.1a

Bij driekleurige verkeerslichten betekent: groen licht: doorgaan

Artikel 68.1b

Bij driekleurige verkeerslichten betekent: geel licht: stop; voor bestuurders die het teken zo dicht genaderd zijn dat stoppen redelijkerwijs niet meer mogelijk is: doorgaan.

Artikel 68.1c

Bij driekleurige verkeerslichten betekent: rood licht: stoppen

Artikel 79.

Bestuurders moeten voor een voor hen bestemde stopstreep stoppen, indien stoppen op grond van dit besluit is verplicht.

Artikel 23-1a

De bestuurder mag zijn voertuig niet laten stilstaan:
a. op een kruispunt of een overweg;

Artikel 14

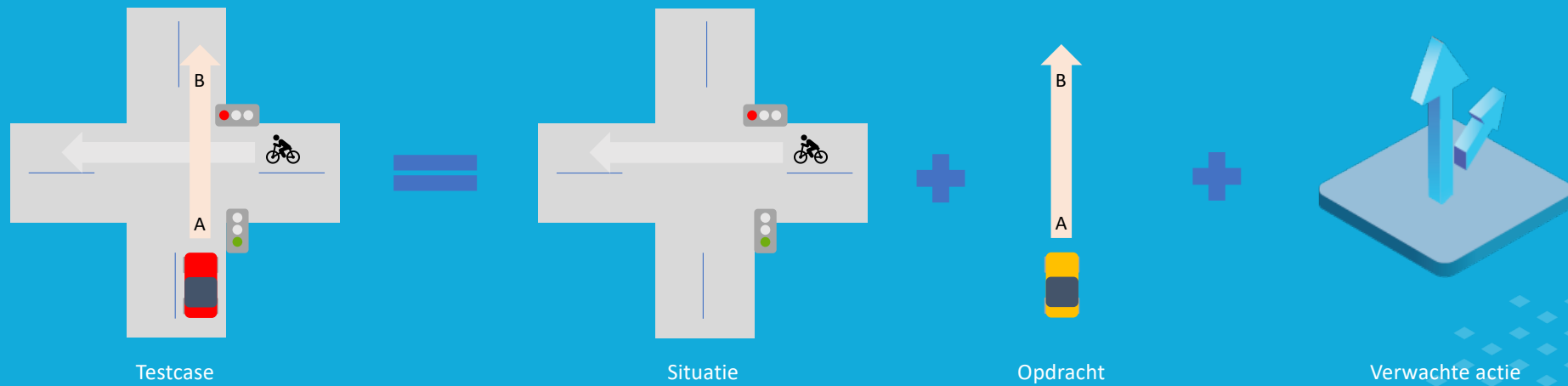
Bestuurders mogen een kruispunt niet blokkeren.

Maar dan...

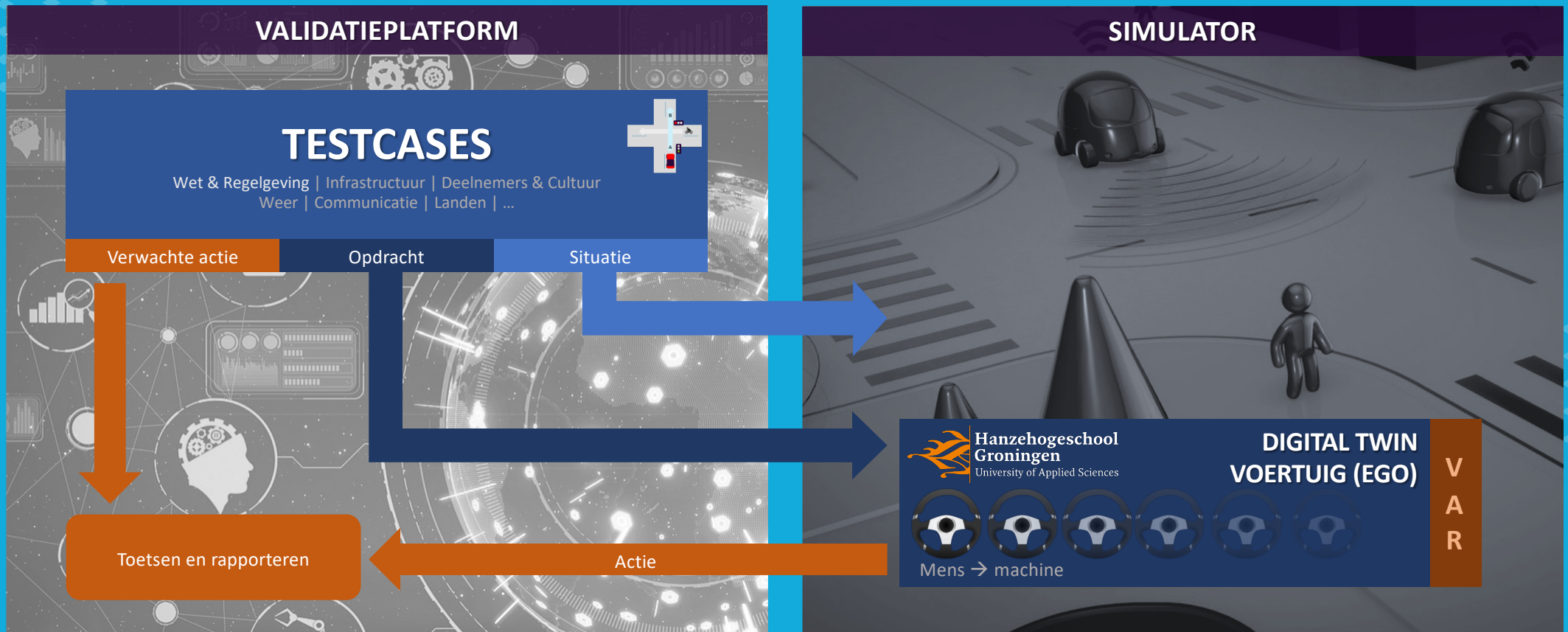


Wie mag als eerste?

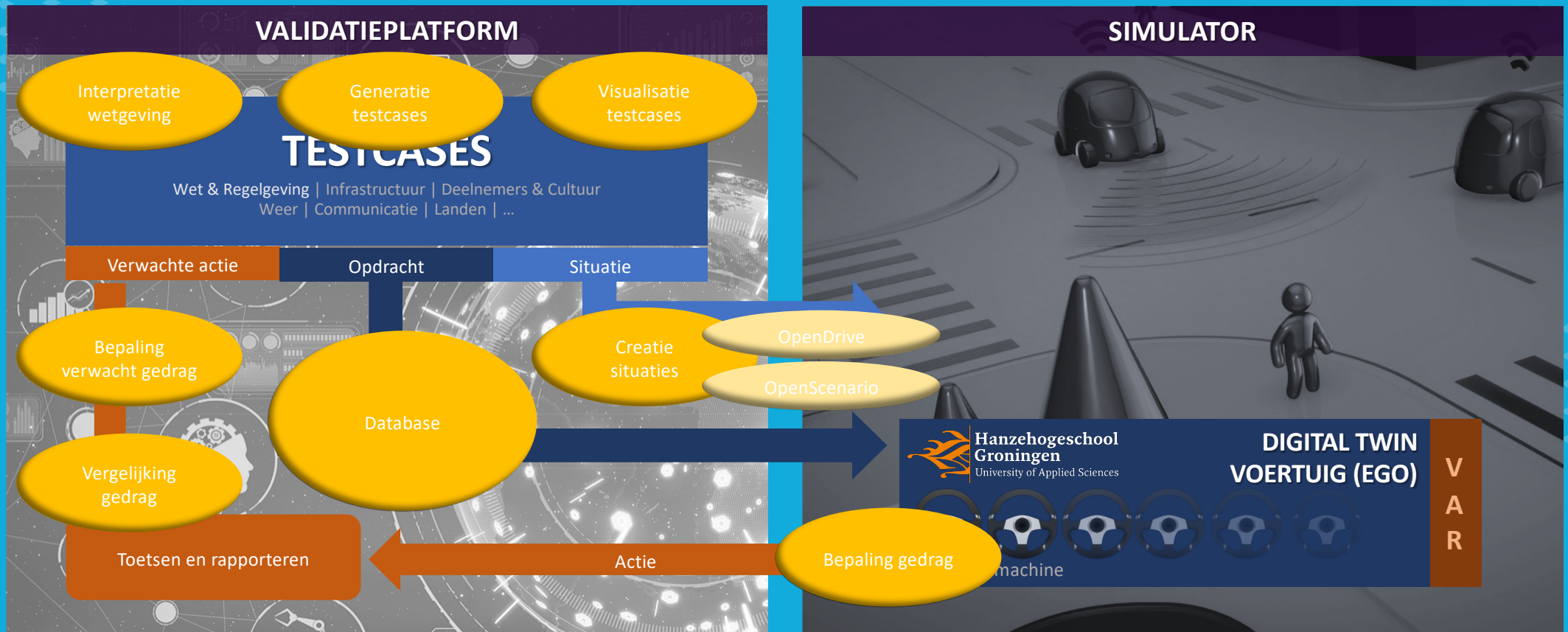
Testcase = Situatie + Opdracht + Verwachte actie



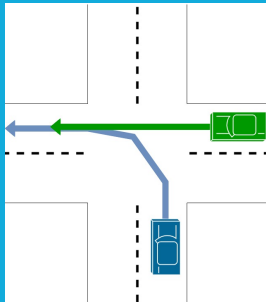
VALIDATIEPLATFORM AUTONOOM TRANSPORT



VALIDATIEPLATFORM AUTONOOM TRANSPORT

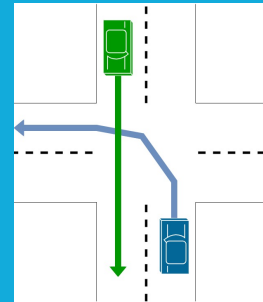


Voorbeeld testcase



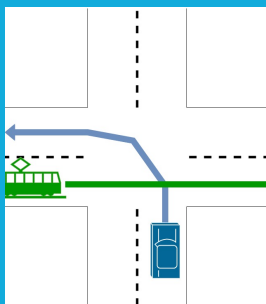
Artikel 15.1

- Op kruispunten verlenen bestuurders voorrang aan voor hen van rechts komende bestuurders.



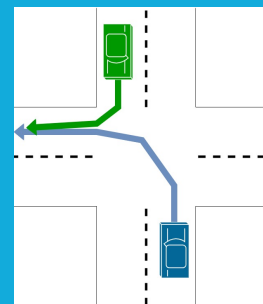
Artikel 18.1

- Bestuurders die afslaan, moeten het verkeer dat hen op dezelfde weg tegemoet komt of dat op dezelfde weg zich naast dan wel links of rechts dicht achter hen bevindt, voor laten gaan.



Artikel 15.2a/b

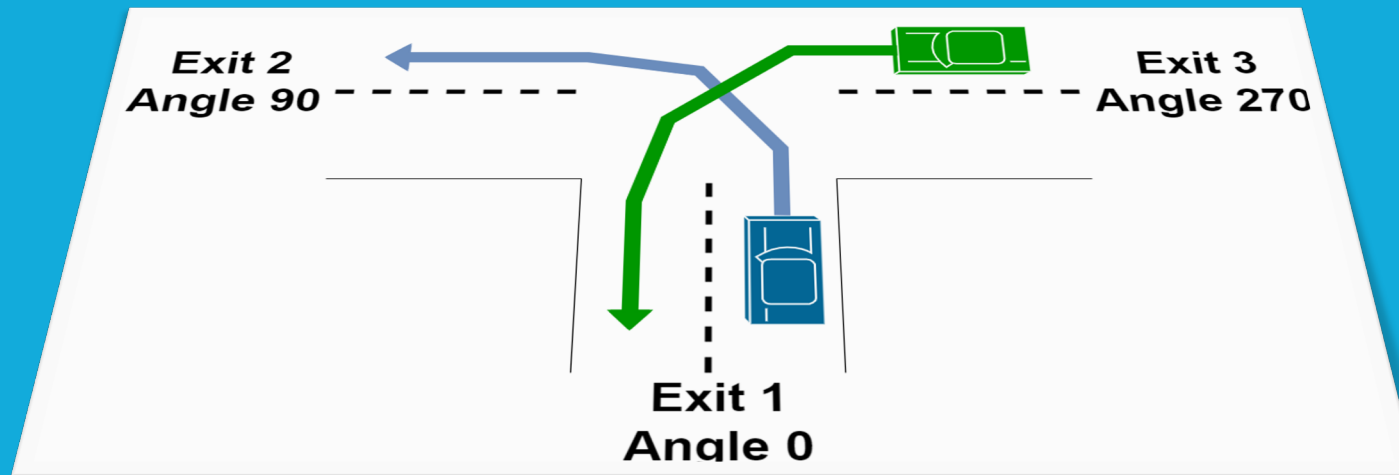
- Bestuurders op een onverharde weg verlenen voorrang aan bestuurders op een verharde weg.
- Bestuurders verlenen voorrang aan bestuurders van een tram.



Artikel 18.2

- Bestuurders die naar links afslaan, moeten tegemoetkomende bestuurders die op hetzelfde kruispunt naar rechts afslaan voor laten gaan.

Voorbeeld testcase



```
{'id': 7740, 'roadsituation': 'Junction', 'exit 1': {'angle': 0, 'roadtype': 'Paved road', 'objects': [], 'entities': [{'type': 'Ego', 'dest': 2, 'order': 1}]}, 'exit 2': {'angle': 90, 'roadtype': 'Paved road', 'objects': [], 'entities': []}, 'exit 3': {'angle': 270, 'roadtype': 'Paved road', 'objects': [], 'entities': [{'type': 'Car', 'dest': 1, 'order': 1}]}}
```


BehaviourObserver.py - autonoomtransport - Visual Studio Code

EXPLORER

- AUTONOOMTRANSPORT
 - vscode
 - behaviour_observator
 - __pycache__
 - example_behaviour
 - __pycache__
 - ExampleBehavi... 9+, M
 - macro_behaviour_detection
 - __pycache__
 - macro_behaviours
 - __pycache__
 - GrantPriorityStrategy.py
 - MacroBehaviourRecogn...
- OUTLINE
- TIMELINE

behaviour_observator > BehaviourObserver.py > BehaviourObserver > init > scenario number


45 Attribute elapsed seconds: an indicator of the amount of seconds which elap

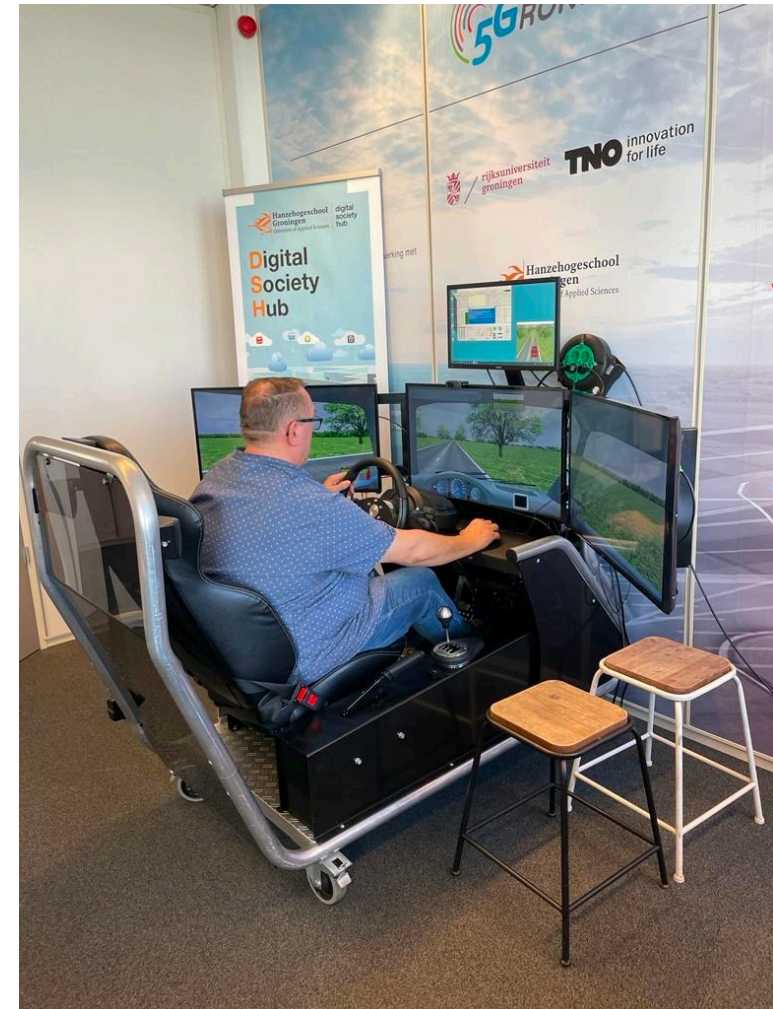
TERMINAL COMMENTS PROBLEMS (123) OUTPUT DEBUG CONSOLE Python + - - - -

```
PS C:\Code\autonoomtransport> & C:/Users/VPAT/AppData/Local/Programs/Python/Python38/python.exe c:/Code/autonoomtransport/behaviour_observator/BehaviourObserver.py
```



Next steps

- Use generated scenario's to create CARLA world
 - Work by: [Sjoerd Jr Helmhout](#)
- Let *HUMAN* drive through CARLA world
- Let *HUMAN + VAR* to drive through CARLA world
- Let *openpilot* drive through CARLA world
- CARLA to work on this setup 

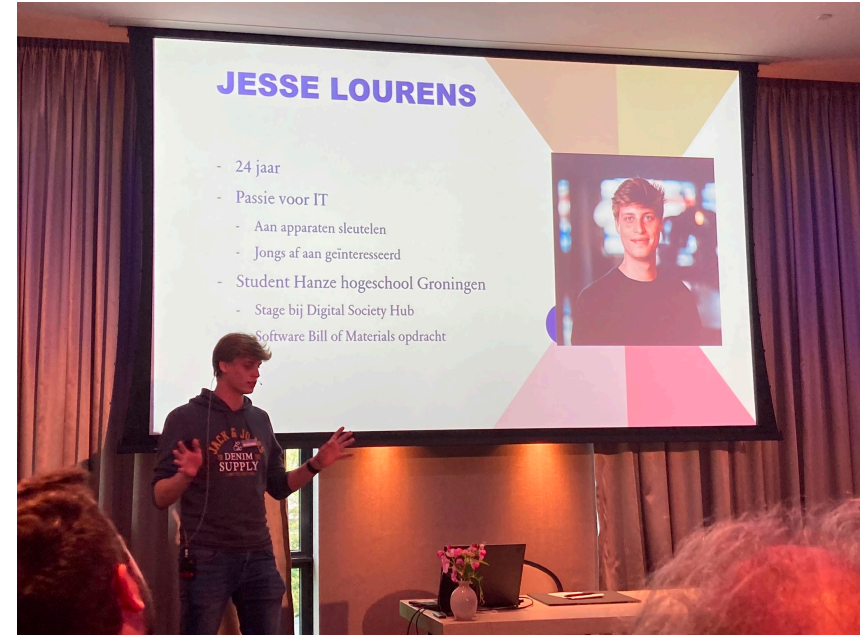




RDW

Next steps

- Goal: Provide usable framework for RDW and other regulators
- Ambition: Towards validation of systems with AI



11 MEI 2023 - VAN DER VALK HOTEL - UTRECHT

NLUUG [@nluug](https://twitter.com/nluug)
[@nluug](https://twitter.com/nluug) [@nluug.social](https://twitter.com/nluug)

tracks:	Zaal 1	Zaal 2	Zaal 3
8:30	Inschrijving, ontvangst, koffie		
9:15	Openingswoord		
9:30	Keynote: Metaverse: The Art and Science & Conflict & Reality Distortion in the Metaverse Winn Schwartzau		
10:30	Koffiepaauze		
11:00	Introduction to public code Jan Ainal	What's open about data protection? About privacy and data protection from a legal perspective Tatiana Brandt	Wat hebben IPv6 en broccoli gemeenschappelijk? Nicole Weyer
11:45	Zaalswissel		
11:50	The EU regulating (open source) software: the proposed Cyber Resilience Act Maarten Aertsen	Operation Rubicon (How CIA and NSA took over CryptAG) Paul Reusers & Marc Simons	Cloud is here to stay Peter van Eijk
12:30	Lunch		
13:15	NLUUG Algemeen Ledenvergadering (ALV)		
14:00	Bulbarrn: a distributed build client Ed Schoonen	Validation of AI: Towards a Driving Exam for Open-Plot Bil Goerboom	Kom voor de Herenpoeling en help in de Digitale Speltoeken Björn Weyer
14:45	Zaalswissel		
14:50	SOCM: an overview Jesse Lourens	Connectivity Standards Alliance - Zigbee Direct and Matter Sander Ralston & Les Rozendal	Arabic: it's a fact Jan Piet Mees
15:15	Koffiepaauze		
16:00	Increasing Internet security: from "misaligned" basic research Cristian Hrisanescu	Mijn avonturen met het Anker Walter Belgers	PubHubs, a community network based on public values Harm van Steenberg
16:45	Zaalswissel		
16:50	Dissect: The open source framework for large-scale tool forensics Paul Müller & Jan Willem Brakenburg	Deep learning, totally from scratch Berth Hubers	Inspecting TLS Frans Schippers
17:35	Zaalswissel		
17:40	Closing ceremony		
17:45	Bijeenkomst door AT Computing		

