

datum 01-07-2025
referentie Cooock+ ROBUST, HBC.2023.0463
© copyright Sirris

RAPPORT

Cooock+ ROBUST: Reconfigurable cOBotic prodUction AsSistanT

Verslag begeleidingsgroepmeeting 01-07-2025

INHOUD

Cook+ ROBUST: Reconfigurable cOBotic prodUction AsSistanT	1
Verslag begeleidingsgroepmeeting 01-07-2025	1
1 Agenda	3
2 Projectupdate Sirris (voorbije & komende periode, slides 11 - 22)	3
3 Update KUL-ACRO (Activiteiten bedrijfscases, thesissen, slides 24 - 60)	3
4 Status en update kennisverspreiding (slides 62 – 63)	4
5 Q & A, interactief overleg	4
Bijlage1: aanwezigheidslijst	5
Bijlage2: presentatieslides	5

1 Agenda

- 10u00 Ontvangst & Welkom
- 10u15 Projectupdate Sirris (voorbij & komende periode)
 - Acties gebaseerd op feedback begeleidingsgroepmeeting 2
 - Plan & status Sirris demonstrator 2
- 10u45 Update KUL-ACRO (Activiteiten bedrijfscases, relevante thesissen)
 - Resultaten bedrijfscases, relevante thesissen
- 11u10 Status en plan kennisverspreiding
- 11u20 Q & A
- 11u30 Netwerking en broodjeslunch

2 Projectupdate Sirris (voorbij & komende periode, slides 11 - 22)

De voorbij periode heeft Sirris onder andere gewerkt aan aspecten gebaseerd op de feedback van de begeleidingsgroep, met name:

- Bij de ontwikkeling van een tweede demonstrator werd voorzien in fysieke docking rechtstreeks aan de machine, en veiligheidsvoorzieningen aan een pers.
- Het organiseren van een diepgaande sessie over machineveiligheid in combinatie met robotautomatisering, in het bijzonder met betrekking tot legacy machines en personen.

Daarnaast bereidt Sirris de keuzewijzer voor door de opgedane kennis te documenteren in ongeveer 10 publicaties die later gebundeld zullen worden in een whitepaper. De documentatie van deze kennis, de 'lessons learned' en de gemaakte keuzeoverwegingen zullen als basis dienen voor de keuzewijzer. Momenteel wordt overwogen om de kennis in de keuzewijzer beschikbaar te maken voor bedrijven via een AI-tool. De haalbaarheid om de kennis via een AI-tool ter beschikking te stellen moet finaal nog worden afgecheckt.

Deze zaken werden in de presentatie getoond en aan de hand van de slides toegelicht.

3 Update KUL-ACRO (Activiteiten bedrijfscases, thesissen, slides 24 - 60)

De resultaten van de afgelopen thesissen werden gepresenteerd, meer bepaald:

- Het ontwerp van een semi-autonome mobiele manipulator, met aandacht voor mechanisch ontwerp, stabiliteit, aangedreven wielen (Kelo, batterij, netwerk), elektrisch ontwerp en veiligheid door middel van veiligheidsscanners.
- Op kracht gebaseerde aansturing van elektrisch aangedreven Kelo wielen.
- De intentie van de operator om het mobiele platform te verplaatsen door ertegen te drukken, omzetten in aansturing van de Kelo wielen. De doelstelling is dat één enkele

operator het relatief zware platform gebruiksvriendelijk van de ene naar de andere locatie kan verplaatsen. Hiervoor werden aansturingsalgoritmen ontwikkeld die getest en gevalideerd werden op een voorlopig voorhanden platform van KUL-ACRO.

- IMU-only pose tracking. Bij mobiele robotplatformen waarbij de operator beslist aan welk werkstation de robot wordt ingezet, is het voor opvolgingsdoeleinden interessant te weten waar en hoe lang de cel actief is. Bij uitgebreidere werkplaatsen kunnen op deze manier zowel de actieve als de niet actieve cellen gemonitord worden. Dit geeft een beeld van de taken die de operator liever aan de robot overlaat, welke toepassingen goed werken met de robot en welke minder goed.
- Use-case “automation of handheld laser welding process”. In deze use-case (Bosal) werd gekeken hoe een laserlastoestel met een cobot kan worden geïntegreerd. Aspecten die hierin werden toegelicht zijn onder andere:
 - o De communicatie tussen cobot en het laserlastoestel;
 - o Kwaliteitsvergelijking van automatische laserlas versus handmatige TIG-las. Deze case heeft geleid tot het gebruik van de geautomatiseerde laserlasinstallatie ter vervanging van het handmatige TIG-lasproces.
- 3D-visiegestuurde machinebelading met een mobiele cobotassistent. Het doel van deze thesis omvatte het onderzoeken van de mogelijkheid om op basis van visie een machine-interface te ontwikkelen voor legacy machines, waarbij de machine niet hoeft te worden aangepast. Na eenmalige kalibratie van camera's en robohand lokaliseren de 3D-visiesystemen de producten in de 'input zone', waarna ze de producten grijpen en op de machine plaatsen. De visiesystemen bewaken de status van de machine en het aflopen van de persbeweging. Vervolgens worden de producten teruggenomen en in de 'output zone' afgelegd. Een 'proof-of-concept' werd gebouwd en gedemonstreerd.

4 Status en update kennisverspreiding (slides 62 – 63)

Een overzicht van de in de afgelopen periode gepubliceerde en de geplande artikels voor de komende periode werd gepresenteerd.

Een hardcopy van de eerder ontwikkelde toolkit werd aan de leden van de begeleidingsgroep uitgedeeld.

5 Q & A, interactief overleg

Vraag: Hoe kan het geautomatiseerde laserlasproces beveiligd worden tegen onbedoelde weerkaatsingen van de laserstraal naar de omgeving? Hoe gaat men hiermee om bij manueel laserlassen?

Antwoord: De installatie in een afgesloten cabine plaatsen met veiligheidsschakelaars die de installatie stilleggen bij onverwacht openen van de deur(en), is noodzakelijk bij klasse 4 lasers. Dit is zowel het geval voor geautomatiseerd laserlassen als voor manueel laserlassen.

Vraag: Bij 3D-visiegestuurde machinebelading kwam de vraag of het niet eenvoudiger zou zijn om met de machine te interfaceren om de start- en eindperscyclus op te vragen. Daar werd aan toegevoegd dat interfacing wellicht sowieso vereist zal zijn om het proces robuust en betrouwbaar te maken.

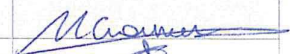
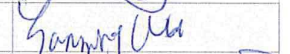
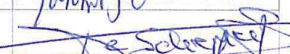
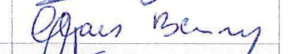
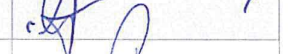
Antwoord: De 'proof-of-concept' kan gezien worden als een onderzoek om na te gaan of men zonder enige machineaanpassing via observatie de machinecyclus kan bewaken zoals een operator dat typisch doet. Heden ten dage is directe interfacing via IO's wellicht nog steeds de meest voor de hand liggende optie.

Antwoord: Of hardware-interfacing versus niet-hardware-interfacing veiligheidstechnisch een verschil maakt, moet per geval bekeken worden. Het komt er dan onder andere op neer te beoordelen vanaf wanneer een machineaanpassing substantieel of niet-substantieel is. Een van de te stellen vragen om dit te beoordelen is of de bedieningswijze van de machine verandert, en dit is wellicht in beide gevallen het geval aangezien de bedieningswijze van de machine in beide gevallen wijzigt.

Bijlage1: aanwezigheidslijst

Bijlage2: presentatieslides

Cock+ ROBUST
Begeleidingsgroepmeeting 01 juli 2025

Bedrijf / organisatie	Naam	Aanwezig
Harol	Marc Ceuleers	
Komotion	Kim Aerts	
KULeuven - ACRO	Martijn Cramer	
KULeuven - ACRO	Eric Demeester	
KULeuven - ACRO	Yanming Wu	
KULeuven - ACRO	David De Schepper	
POM Limburg	Noemi Casas	
Provan	Geert Stockmans	
Provan	Ugur Donmaz	
Robberechts	Jef Van Gael	
Sick	Kris Zemblaku	
Sirris	Peter Paulissen	
Sirris	Jan Kempeneers	
Sirris	Paul Peeters	
VDL Klima Belgium	Lambert Lenaerts	
GRADA	TOM LAUREYS	
POM Limburg	NOEMI CASAS	
BEWEL	BENNY CLAES	
BEWEL	Arne Ghys	
ENVO-PROJECTS	Jef Van Gael	

ROBBERECHTS
Flanders Make
Harol

Bronckhorst
SOMMEN
Wouter Favoreel
Breno Dewit

WELKOM!

ROBUST gebruikersgroepvergadering 3

1 juli 2025, Technologiecentrum (ACRO)

Agenda

- 10:00 Aankomst en verwelkoming
- 10:15 Projectupdate Sirris (voorbije & komende periode)**
- Acties obv. feedback begeleidingsgroepmeeting 2
 - Plan & status Sirris demonstrator 2
- 10:45 Update KUL-ACRO**
- Resultaten bedrijfscases, relevante thesissen
- 11:10 Status en plan kennisverspreiding**
- 11:20 Q&A**
- 11:30 Netwerking + broodjeslunch



Cock+ ROBUST workshop

- 12u30 Ontvangst
- 13u00 Introductie Cock+ ROBUST
- 13u15 Verplaatsbaar maken van cobotcellen
- 14u00 Uitlijningsmethodieken mobiele cobotcel
- 14u45 Rondleiding met hands-on demo's
- 15u45 Pauze + netwerking
- 16u15 Veiligheid in complexe productie-omgeving
- 17u00 Q&A, netwerkdrink met taart



Workshop "Cobotautomatisering verplaatsbaar en reconfigureerbaar maken" in de praktijk

Wat kan u verwachten?
Deze workshop is een uitgelezen kans om uw kennis over flexibele cobotautomatisering te verdiepen, praktische oplossingen te zien en te netwerken met experts en collega-bedrijven die met gelijkaardige uitdagingen kampen.

Wat staat er op het programma?

- 12:30 - Ontvangst met koffie
- 13:00 - Introductie tot de ideeën en doelstellingen van het COCK+ ROBUST project
- 13:15 - Presentaties en demonstratiewerkshops van relevant onderzoek over het **verplaatsbaar maken van cobots**:
 - Het mobiel maken van cobotopstellingen, inclusief de vergelijking tussen passieve en (semi-)actieve wielen, stabiliteitsoverdrachten en gewenste oplossingen zoals MELD-wielen en hun aansturing
- 14:00 - Presentaties en demonstratiewerkshops van relevant onderzoek over **uitlijning tussen cobot en productiemachine**:
 - Verschuivende methoden voor de uitlijning (tracking) van de cobotopstelling ten opzichte van machines of werkstukken
 - Extrinsieke kalibratie van camera en cobot (hand-eye kalibratie)
 - Camera gebaseerd lokaliseren van producten, toegespit op het beladen en ontladen van een hydraulische pers
- 14:45 - **Rondleiding bij ACRO** om demonstratoren en labo-opstellingen te bezichtigen
- 15:45 - Pauze met **Limburger vlaai**
- 16:15 - Toelichting en diepgaande bespreking van cruciale **veiligheidsaspecten** bij cobotintegratie, met specifieke aandacht voor situaties zoals: aan machines aangebouwde robots, het omgaan met oudere machines, en het gebruik van sensoren (zoals Lidar) in complexe productieomgevingen (bv. bij persen)
- 17:00 - Q&A

Praktisch

- Wanneer?** dinsdag 1 juli 2025 (namiddag)
- Waar?** KU Leuven campus Diepenbeek - ACRO, Wetenschapspark 27, 3590 Diepenbeek
- Inschrijven?** de workshop is gratis, maar inschrijven is verplicht.

[Schrijf hier in](#)

Over COCK+ ROBUST

De COCK+ (Collectief O&O en Collectieve Kennisverspreiding) project "ROBUST" is gesubsidieerd door VLAIO. Het project is een initiatief van Sirris en KU Leuven. ACRO, en richt zich op het verlagen van de drempel voor maakbedrijven, met name toeleveranciers in de plaatbewerking, om cobots flexibel en reconfigureerbaar in te zetten. In omgevingen met kleine series, grote variatie en onvoorspelbare onderdelenkwaliteit schiet vaste automatisering vaak tekort. ROBUST kijkt naar oplossingen die cobotautomatiseringen kunnen creëren die in een handomdraai van de ene naar de andere machine verplaatst kunnen worden. Omkijk tijdens deze praktijkrijke workshop de concrete mogelijkheden en technologische bouwstenen voor een mobiele, reconfigureerbare cobot als productie-assistent.

©SIRIRIS • CONFIDENTIAL • 9/07/2025

SIRIRIS

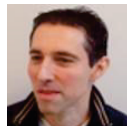
Jan Kempeneers

Manufacturing Systems & Technologies
jan.kempeneers@sirris.be
+32 498 91 94 85



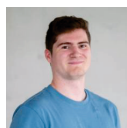
Peter Paulissen

Manufacturing Systems & Technologies
peter.paulissen@sirris.be
+32 496 12 86 85



Ward Vanongeval

Manufacturing Systems & Technologies
ward.vanongeval@sirris.be
+32 471 710404



KUL-ACRO

Eric Demeester

ACRO coordinator & professor in vision-based robotics
eric.demeester@kuleuven.be
+32 474 96 57 98



Martijn Cramer

PhD researcher in human-robot collaboration
martijn.cramer@kuleuven.be
+32 487 46 32 64



Yanming Wu

PhD researcher in vision-based object tracking
yanming.wu@kuleuven.be
+31 614 83 12 73



David De Schepper

PhD researcher in mobile robotics
david.deschepper@kuleuven.be
+32 479 69 51 56



Begeleidingsgroep

Cock+ ROBUST

Organisatie	Contactpersoon	BGM3
Analex (Smart Metal Work)	Walter Dumarey	verontschuldigd
B&L	Marc Bienstman	verontschuldigd
Coek	Michaël Dreesen	verontschuldigd
ESMA	John Spronck	verontschuldigd
Flanders Make	Paul Van Medegael	verontschuldigd
Gibas	Steven Mulier	verontschuldigd
Grada International	Tom Laureys	verontschuldigd
Harol	Bruno Dewit	verontschuldigd
Harol	Guy Duchateau	verontschuldigd
Harol	Marc Ceuleers	aanvaard
Komotion	Kim Aerts	aanvaard
LVD Robotic Solutions	David Cleeren	verontschuldigd
LVD Robotic Solutions	Maarten Daemen	verontschuldigd
Pilz	Nico Declercq	verontschuldigd
Promation	Stijn Provoost	verontschuldigd
Provan	Geert Stockmans	aanvaard
Provan	Ugur Donmaz	aanvaard
Robberechts	Jef Van Gael	aanvaard
Sick	Kris Zemblaku	aanvaard
Sick	Mikaël Degent	verontschuldigd
VDL Klima Belgium	Lambert Lenaerts	aanvaard

Organisatie	Contactpersoon	BGM2
KULeuven - ACRO	Martijn Cramer	Aanvaard
KULeuven - ACRO	Eric Demeester	Aanvaard
KULeuven - ACRO	Yanming Wu	Aanvaard
KULeuven - ACRO	David De Schepper	Aanvaard
Sirris	Peter Paulissen	Aanvaard
Sirris	Jan Kempeneers	Aanvaard
Sirris	Paul Peeters	Aanvaard
VLAIO	Ann Monté	Verontschuldigd
POM Limburg	Noemi Casas	Aanvaard
POM Limburg	Celien Froeyen	Verontschuldigd

COCK+ ROBUST

KADER

Collectief Onderzoek & Ontwikkeling en Collectieve Kennisverspreiding

Financiering via VLAIO

ROBUST: "Reconfigurable cOBotic prodUction asSistanT"

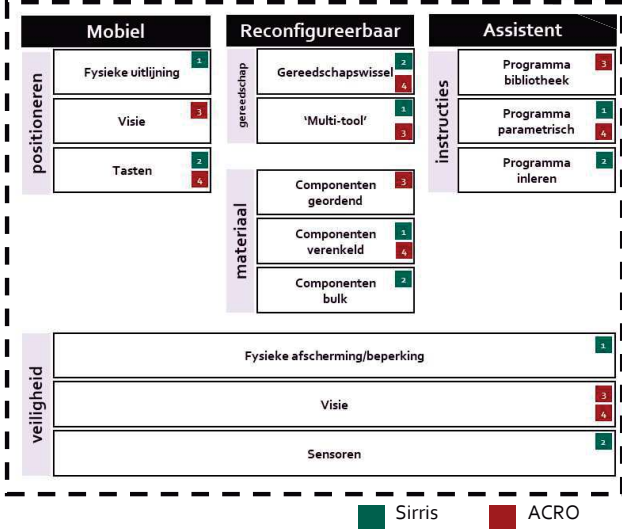
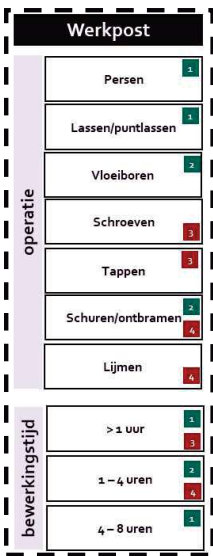
Er is heel wat beschikbaar ...

... maar vaak te taakspecifiek of taakloos, niet geschikt voor een plaatverwerkende shop job omgeving



COOCK+ ROBUST

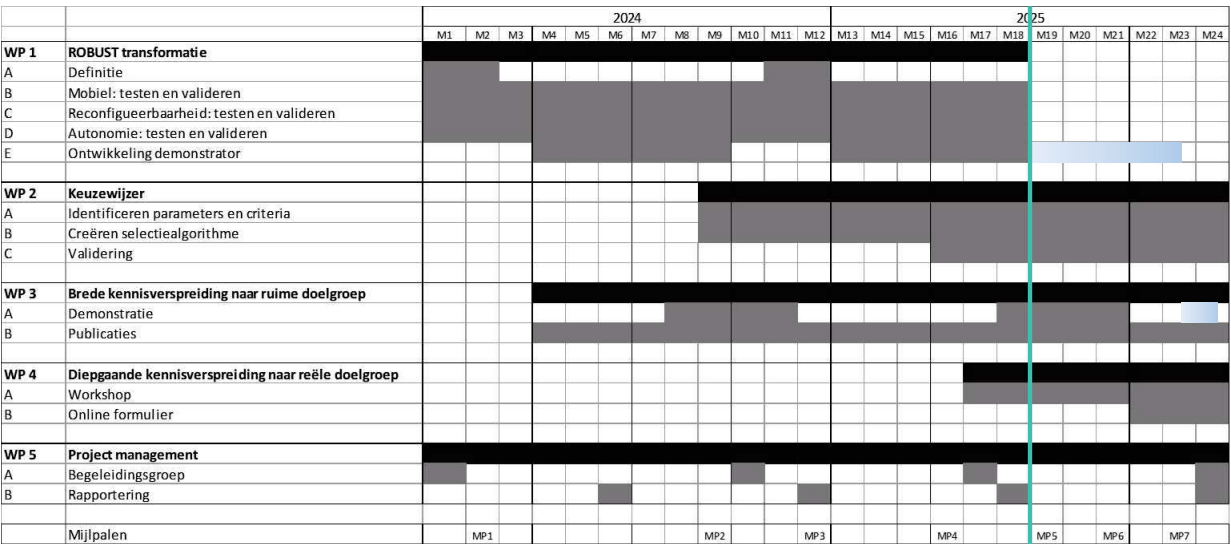
UITDAGINGEN



RECAP

Cock+ ROBUST

PLANNING



Agenda

- 10:00 Aankomst en verwelkoming
- 10:15 Projectupdate Sirris (voorbij & komende periode)**
- Acties obv. feedback begeleidingsgroepmeeting 2
 - Plan & status Sirris demonstrator 2
- 10:45 Update KUL-ACRO**
- Resultaten bedrijfscases, relevante thesissen
- 11:10 Status en plan kennisverspreiding**
- 11:20 Q&A**
- 11:30 Netwerking + broodjeslunch



Agenda

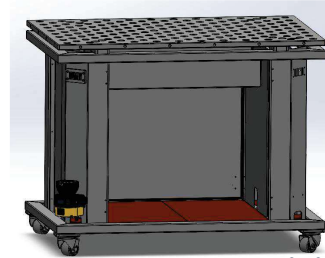
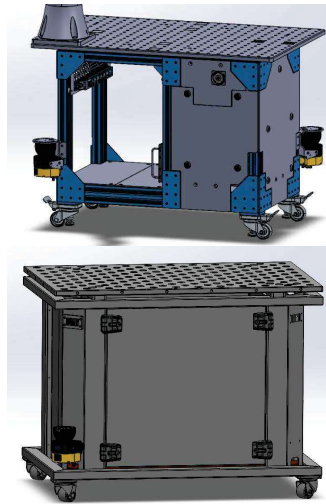
- 10:00 Aankomst en verwelkoming
- 10:15 Projectupdate Sirris (voorbij & komende periode)**
- Acties obv. feedback begeleidingsgroepmeeting 2
 - Plan & status Sirris demonstrator 2
-
- 10:45 Update KUL-ACRO**
- Resultaten bedrijfscases, relevante thesissen
- 11:10 Status en digitale kennisverspreiding**
- 11:20 Q&A**
- 11:30 Netwerking + broodjeslunch



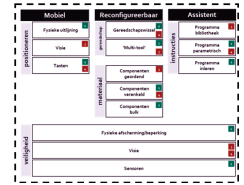
Demonstrator

PLATFORM

VENTION

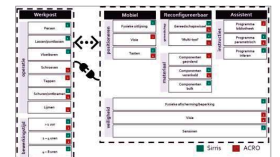
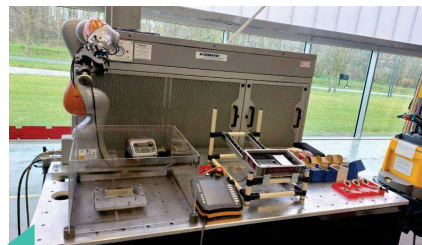
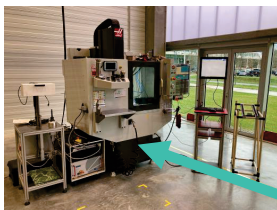


custom build



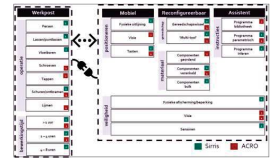
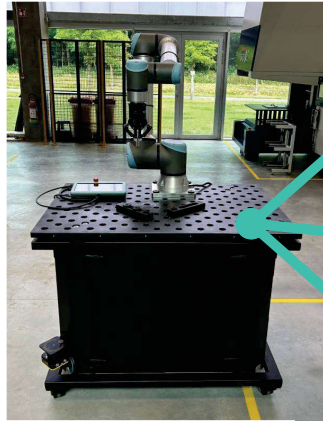
Demonstrator Sirris 1

SETUP



Demonstrator Sirris 2

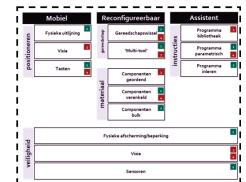
SETUP



Demonstrator Sirris 2

WHY

- Custom-built platform ⇔ vention platform
 - Heavier => more stable?
 - Longer order
 - Less flexible during assembly
 - Cost: similar
- Test and compare repeat accuracy
 - Physical alignment
 - Tactile measurement
 - Vision
- Business cases : Press, control & insert plugs



Demonstrator Sirris 2

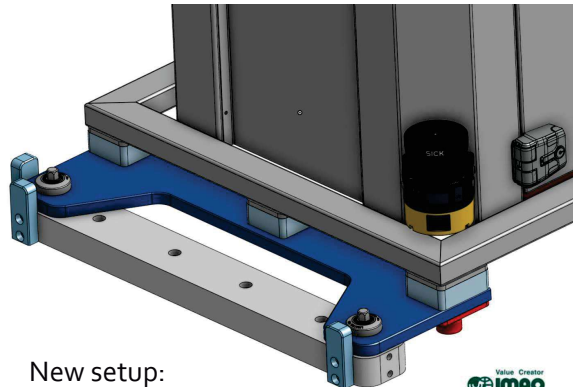
PHYSICAL ALIGNMENT



Previous (Trinity-project):

- Pneumatic zero-point clamping system

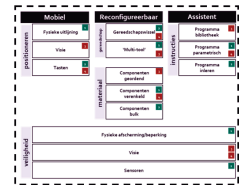
Schunk clamping system – Vero S



New setup:

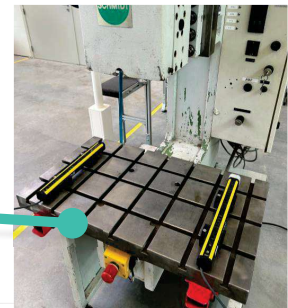
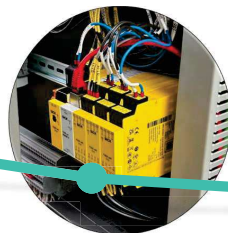
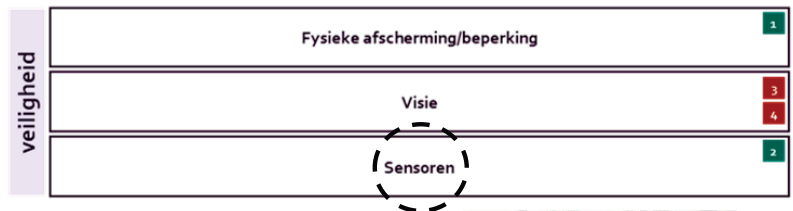
- Mechanical zero-point clamping system
- Clamping force: 4500N

Imao clamping system



Demonstrator Sirris 2

SAFETY



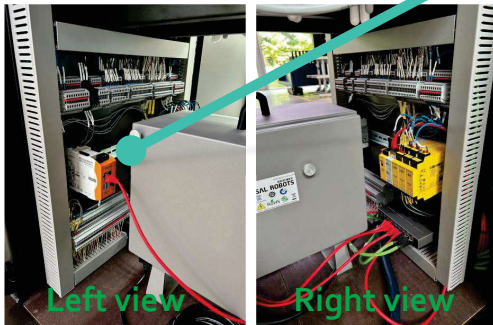
Demonstrator Sirris 2

INTERFACE

Verbinding (perslucht, voeding, communicatie, veiligheid)



Control voltage



Wireless IO (via mqtt broker)

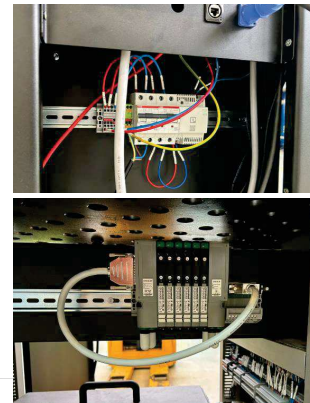
- IO exchange with machine
- Feedback to MES-system

Wired

- Socket with local robot

RevPi (industrial raspberry pi)

Power voltage + air



innovation forward

ACRO
KU LEUVEN

VLAIO

37

©SIRIS • CONFIDENTIAL • 9/07/2025

Demonstrator Sirris 2

INTERFACE



Werkpost	
operatie	Persen
	Lassen/puntlassen
	Vloerboren
	Schroeven
	Tappen
	Schuren/ontbramen
bewerkingstijd	Lijmen
	> 3 uur
	3 - 4 uren
	4 - 8 uren



Safety switches

- coding for machine identification

(Sick safety switch)

innovation forward

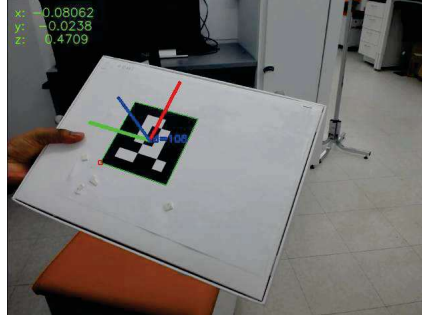
ACRO
KU LEUVEN

VLAIO

18

©SIRIS • CONFIDENTIAL • 9/07/2025

Verlijking uitlijnmethodes



CRITERIA	PHYSICAL COUPLING	VISION SYSTEM	TACTILE ALIGNMENT
REPEATABILITY	★★★★★	★★★★☆	★★★★☆
EXECUTION SPEED	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆
NR. AXES COMPENSATED	All	All	All
ROBUSTNESS	★★★★★	★★★★☆	★★★★☆
FLEXIBILITY	★★★★☆ (lim. # posities per machine)	★★★★☆	★★★★☆ (herprogrammeren)
EASE OF USE (OPERATOR)	★★★★☆ (actie uitvoeren)	★★★★★ (robot UI gebruiken)	★★★★☆ (robot UI gebruiken)
MAINTENANCE	★★★★☆	★★★☆☆ (lens, marker schoon houden)	★★★☆☆ (taster, oppervlak schoon houden)
SAFETY	★★★★☆ (klem-, struikelgevaar)	★★★★★	★★★★☆
EASE OF ENGINEERING	★★★☆☆ (mechanisch ontwerp)	★★★☆☆ (programmatie)	★★★☆☆ (programmatie)
EASE OF INTEGRATION	★★★☆☆ (bevestigen machine, vloer)	★★★★☆ (bevestigen marker)	★★★★☆ (programmatie punten)
COST	\$\$	\$\$\$	\$

Varianten

Fysiek

- Docken met vloer
- Docken met machine

Visie

- Camera op cobot
- Camera op kar
- Camera op machine

Tactiel

- Taster en krachtsturing cobot
- Afstand sensor/schakelaar op cobot
- Machine aftasten
- Referentie object op machine inmeten

Welke methode kiezen?

Fysiek

- “vaste” productieomgeving

Visie

- Flexibele productieomgeving
- Hoog aantal locaties per cobot platform

Tactiel

- Testen, tijdelijke opstelling

Agenda

- 10:00 Aankomst en verwelkoming
- 10:15 Projectupdate Sirris (voorbije & komende periode)**
- Acties obv. feedback begeleidingsgroepmeeting 2
 - Plan & status Sirris demonstrator 2
- 10:45 Update KUL-ACRO**
- Resultaten bedrijfscases, relevante thesissen
-
- 11:10 Status en plan kennisverspreiding**
- 11:20 Q&A**
- 11:30 Netwerking + broodjeslunch



 KU LEUVEN

COOCK+ ROBUST

Ontwerp van een semi-autonome mobiele manipulator

David De Schepper

KU Leuven, Departement Werktuigkunde, ACRO onderzoeksgroep

Semi-autonome mobiele manipulator

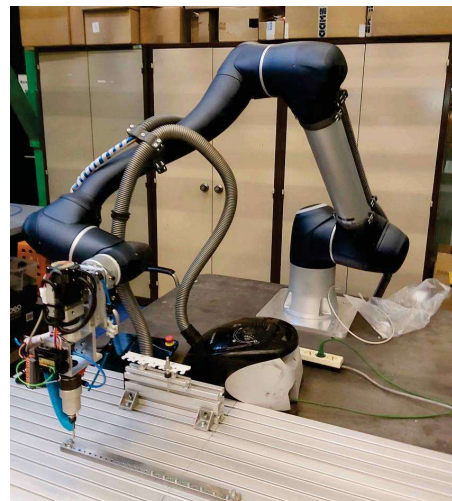
Ontwerp – Update

- Ontwerp van een mobiele cobotische assistent
- Bouwblokken:
 - Doosan H2017 cobot (20kg payload, 1700mm bereik)
 - Mobiel onderstel via Vention hardware
 - KELO 100 drives voor omnidirectionaliteit in manoeuvreren
 - Batterij voor semi-autonome verplaatsing van platform
 - Veiligheidscomponenten

Semi-autonome mobiele manipulator

Doosan

- Doosan H2017 cobot
 - Payload: 20kg
 - Bereik: 1700mm
 - Eigen gewicht: 74kg
 - Combinatie van payload en bereik
 - Enige ervaring @ACRO



Semi-autonome mobiele manipulator

Vention ontwerp en stabiliteitsanalyse

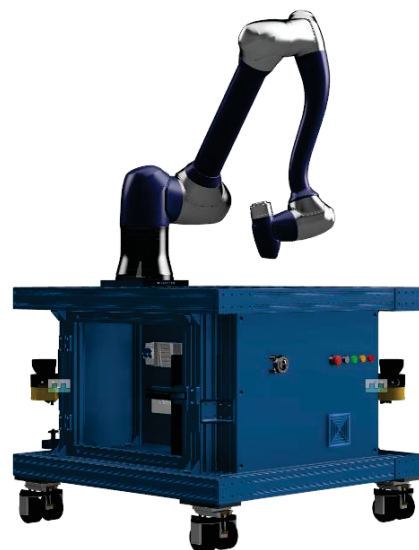
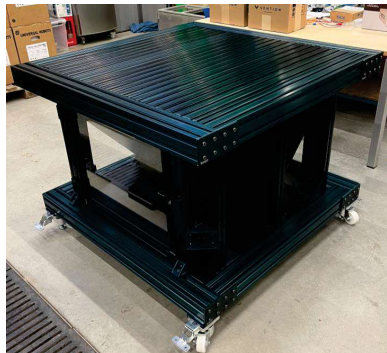
- Vention onderstel
 - Modulariteit (45x45 mm)
 - Gewicht (leeg): 181.3 kg
 - Afmetingen: 1170 x 1170 x 920mm
 - Transporteerbaar
 - Standaard met zwenkwielen
- Stabiliteitsanalyse
 - Berekend met maximale versnelling van cobot rond schoudergewricht
 - Uitkomst: Minimaal gewicht: $\pm 210\text{kg}$



Semi-autonome mobiele manipulator

Finaal ontwerp

- Totaal gewicht platform: $\pm 265\text{kg}$
- Inclusief: cobotcontroller, batterij, ...
- Exclusief: sensoren, CPU, ...



Semi-autonome mobiele manipulator

Batterijvereisten

- Batterij
 - Gebruik tijdens semi-autonoom transport
 - Gekoppeld aan machine → batterij via lader (opstart van cobotcontroller vermijden)
- Berekening batterijcapaciteit
 - Doosan (inactief en tijdens jogging)
 - Inactief: 8A; Actief: 12A
 - Kelo drive (rijden van AMR met belasting $\pm 75\text{kg}$)
 - Inactief : 5A/module; Actief : 20A/module
- Landport batterij
 - Spanning: 24V
 - Capaciteit: 100Ah

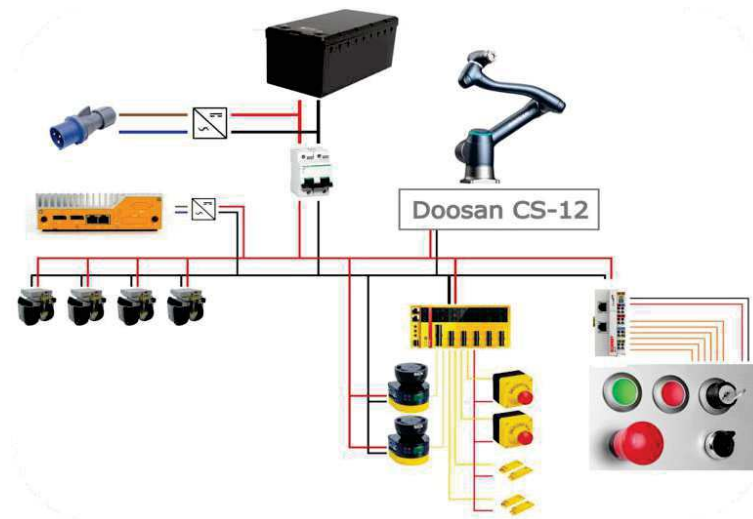


Semi-autonome mobiele manipulator

- Veiligheidscomponenten:
 - 2x Sick MicroScan (360° FOV)
 - Beckhoff Safety controller
- Algemene controlearchitectuur
 - 2 EtherCAT-netwerken
 - Simple Open Source EtherCAT Master (SOEM) + Safety
- Semi-autonoom transport
 - Assisteren van mobiele manipulator van A naar B
 - Operator 'stuurt' het platform
 - In samenwerking met masterproef (zie later)



Semi-autonome mobiele manipulator



31

09/07/2025

Department of Mechanical Engineering, RAM, ACRO



KU LEUVEN

Semi-autonome mobiele manipulator Toekomstig werk

- Integratie van veiligheidscomponenten
 - Sick laserscanners
 - Parametrisatie + continue afstandsdata
- Combinatie SOEM – Safety
 - Via EtherCAT-bridge (meerdere 'masters' kunnen communiceren)
 - Safety PLC $\leftrightarrow$ PC met EtherCAT master
- Doorsluiting bekabeling Doosan via platform
- Integratie masterproef Bram en Stijn
 - Krachtaangedreven
 - Teleoperatie



32

09/07/2025

Department of Mechanical Engineering, RAM, ACRO



KU LEUVEN



COOCK+ ROBUST

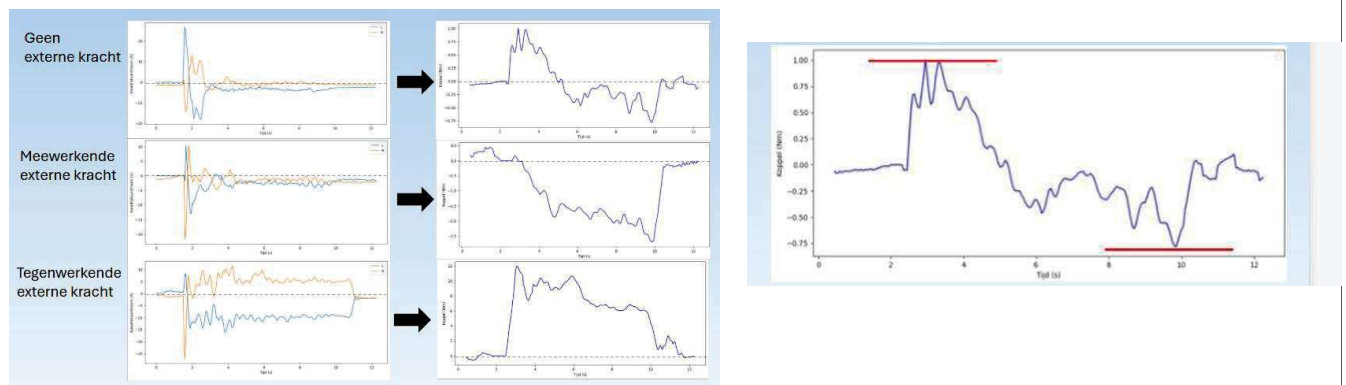
Update masterproef Stijn en Bram

David De Schepper

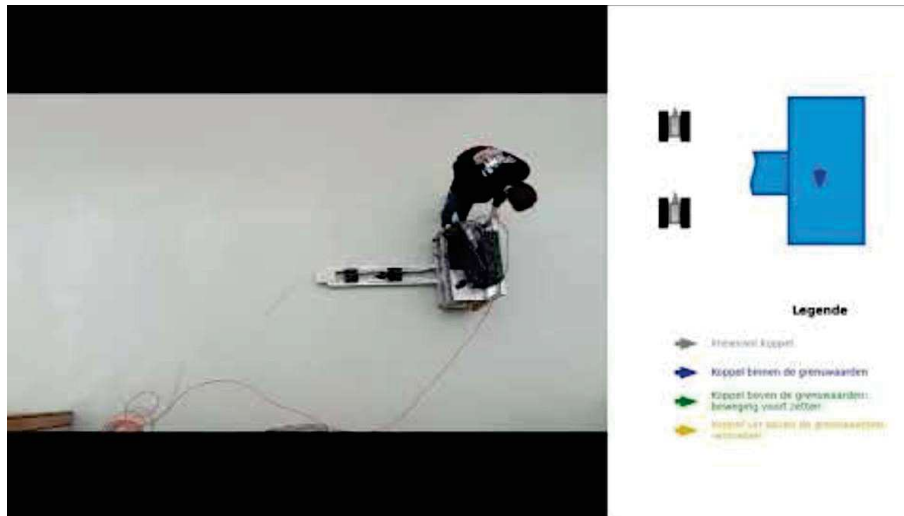
KU Leuven, Departement Werktuigkunde, ACRO onderzoeksgroep

Masterproef Stijn en Bram

- Krachtgedreven aansturing van mobiel platform
- Krachtinput: Interne stroommeting Kelo drives



Krachtgedreven aansturing van mobiel platform



Toekomstig werk masterproef

- Integratie naar Vention platform
- Bekijken mogelijkheden externe feedback
 - Haptisch?
 - Externe kracht/koppelsensoren?
 - Spacemouse voor teleoperatie?
- Regeltechnisch aspect updaten → robuustheid en bruikbaarheid richting operator

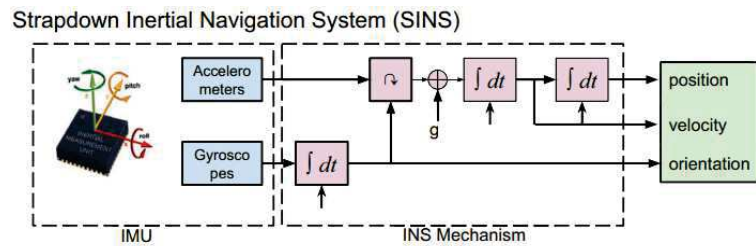
use case “IMU-only pose tracking”

IMU-only pose tracking

- Context:
 - IMU: “Inertial Measurement Unit”; a cheap and small sensor with 3 accelerometers and 3 gyroscopes (and temperature sensor, 3 magnetometers)
 - Research question: (how) can we use only IMUs for pose tracking of AMRs and manual transport systems?
 - Why would we want to do this?
 - Companies who want to automate their intralogistics: track manual vehicles in a pre-study to better understand which of these vehicles can be replaced by AMRs, which trajectories are followed at which speeds etc.
 - ROBUST: determine when the mobile cobot is displaced, at which new location it is
 - Cheap | no cameras/GPS/beacons needed => robust against dust, illumination, EM interference | small and power-efficient => continuous monitoring | fast => real-time tracking, e.g. at >100 Hz

IMU-only pose tracking

- Challenges:
 - Naive double integration

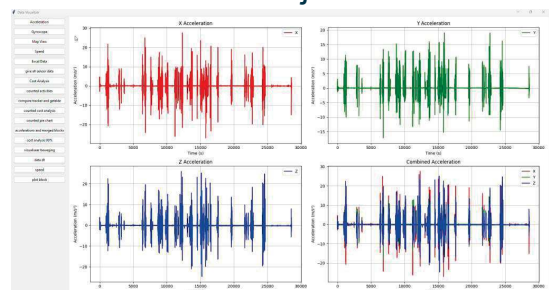
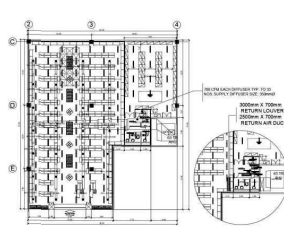


- Noise, bias, gravity alignment errors
- Scale factors, axis misalignment
- Initialization errors
- Triple integration

→ combined, these lead to the “curse of drift”

IMU-only pose tracking

- Study for AMR tracking: Master thesis “Automatisering van Intern transport binnen een tuinbouwbedrijf”, Yassine El Garmaui en Zakaria Rejdi

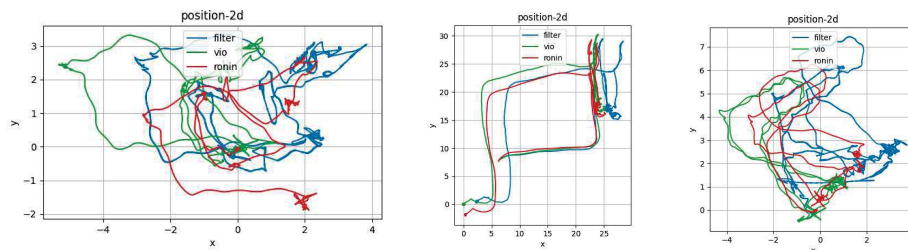
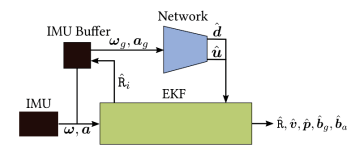


- Idea: use the fact that you know the environment map and the good orientation estimation to correct for drift

IMU-only pose tracking

- Study: IMU-only pose tracking for AR

- Idea: combine first-principles and deep-learning
- Train on synthetic, use on real data
- 5 min walking; **ground truth** | **network** | **EKF**
- Computation time (Python): 11.7 ms with network | 0.13 ms w/o network



IMU-only pose tracking

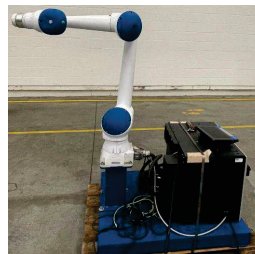
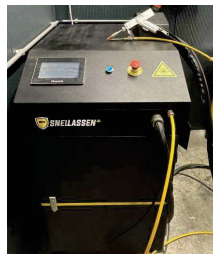
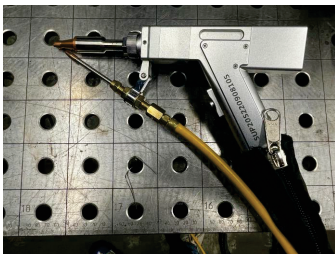
- Next steps:

- SBO ALARMM:
 - IMU-pose estimation for AMR and AR
 - Multi-IMU integration
 - Integration into SLAM, sensor fusion with other sensors
- Cooock+ ROBUST:
 - Use IMU signals of KELO wheels
 - Assessment of pose estimation based on IMU only;

use case “Automation of Handheld Laser Welding Process”

Automation of Handheld Laser Welding Process

- Title: “Automation of Hand-Held Laser Welding Process in Manufacturing at Bosal: Enhancing Safety, Quality and Productivity with Collaborative Robot”, Bram Vanschoenwinkel



- Objectives: operator safety ↑ | quality consistency ↑ | integration laser gun & cobot | easy programming
- Methods: Yaskawa cobot

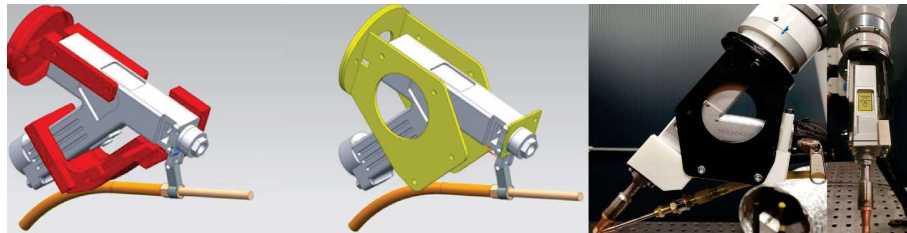
Automation of Handheld Laser Welding Process

- Problem statement:

- Safety: laser class 4
- Welding quality consistency
- Productivity: 10x faster than TIG



- Design of holder:



45

KU Leuven, Department of Mechanical Engineering, ACRO research group

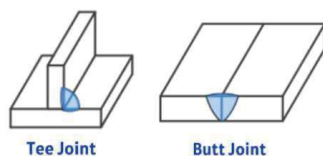
KU LEUVEN

Automation of Handheld Laser Welding Process

- Interfacing to Yaskawa Motoman HC10 cobot; manual / automatic mode

- Control of laser welding gun via cobot
- Manual programming of line trajectories

- Determination of optimal weld parameters for 2 weld types:



Weld	Joint	Angle X-axis [°]	Angle Y-axis [°]	Power Laser [%]	Feed [%]	Wobbling [%]	Speed [mm/min]	Power TIG [A]	Chamfer [°]
Laser	Tee	75	45	70	4.5	4.2	420		
	Butt 3x3	75	0	62	4.4	4	348		
	Butt 2x3	75	75	57	4.7	4	390		
Tig	Tee							90	0
	Butt 3x3							60	45

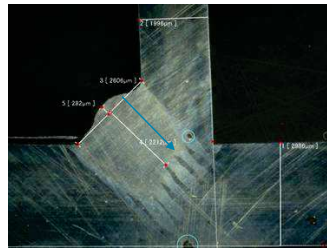
46

KU Leuven, Department of Mechanical Engineering, ACRO research group

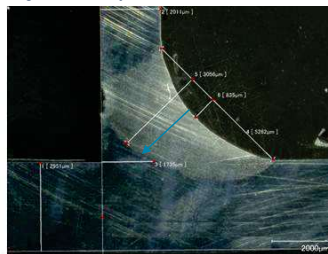
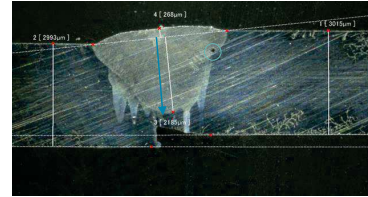
KU LEUVEN

Automation of Handheld Laser Welding Process

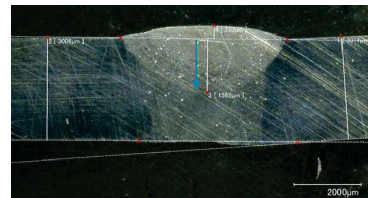
- **Assessment:**
 - Penetratie
 - Gasinsluiting
 - Holle lasnaad
 - Vervorming



Figuur 18: Tee joint macro ets auto laserlas.



Figuur 21: Tee joint macro ets hand TIG-las.



Automation of Handheld Laser Welding Process

- **Conclusion:**
 - Cobot is now used
 - Objectives achieved
 - Yaskawa → UR

	Automatische laserlas	Handmatige TIG-las
Penetratie	± 75%	± 50%
Gasinsluiting	Matig	weinig
Lasgoniometrie	Bol	Hol
Lasbreedte	Smal	Breed
Vervorming	Geen	Vervorming
ISO kwaliteitslevel	C	Geen (lager dan D)

- **Next steps:**
 - Finetuning of parameters
 - Other materials
 - Integration of computer vision

Cooock+ ROBUST

Vision-guided machine tending with a mobile cobotic assistant

Yanming Wu, Eric Demeester

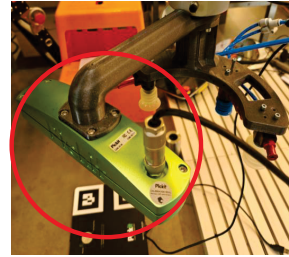
Machine tending of a (hydraulic) press



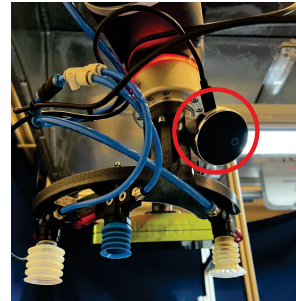
Opsinox use case

Machine tending using a mobile cobot platform

- Raw material detection and picking
 - Localize objects
 - Determine picking position & orientation
- Robot position programming
 - Robot-machine calibration
- Machine operation status monitoring
 - Is the press operation executed correctly by the machine?



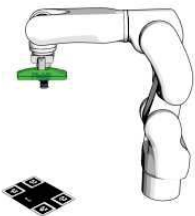
Pickit 3D



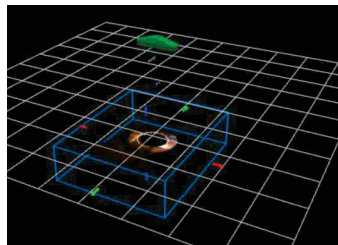
Realsense L515

Object detection and picking/placing: Pickit 3D camera

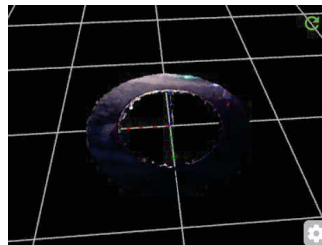
- Set up



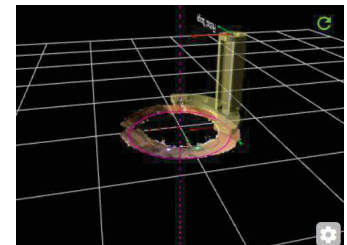
Calibration



Set ROI bounding box



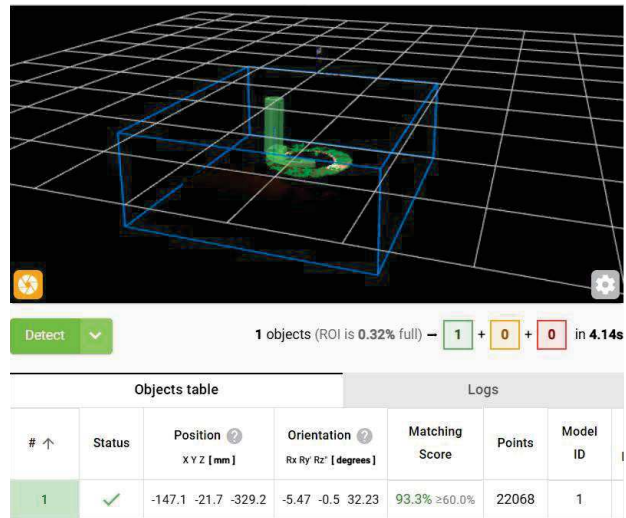
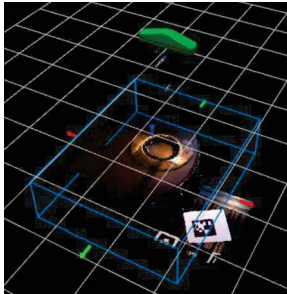
Teach object model



Define pick points

Object detection and picking/placing: Pickit 3D camera

- Detection & Picking
 - Localize objects
 - Calculate pick point
 - Check if reachable
 - Send result to robot

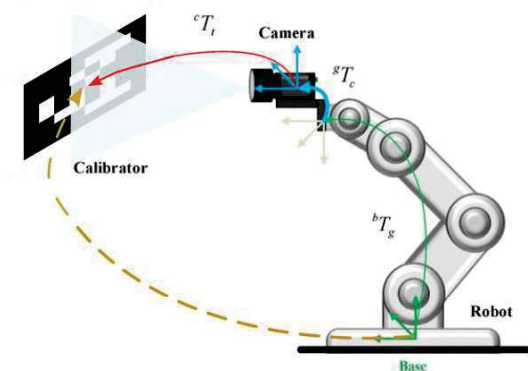


Vision-based robot-machine calibration

- Attach a calibration object (marker) to a fixed position on machine
- Marker to robot base transformation

$$T_{target}^{base} = T_{gripper}^{base} \cdot T_{cam}^{gripper} \cdot T_{target}^{cam}$$

- Marker pose estimation to calculate T_{target}^{cam}
- Eye in hand calibration to calculate $T_{cam}^{gripper}$
- $T_{gripper}^{base}$: robot Tool Center Point pose



AprilTag pose estimation: T_{target}^{cam}

- Python library pupil_apriltags for 2D corner detection
- Use known marker size to define 3D corner points in marker frame
- Pose estimation using Perspective-n-Point (PnP)

```
# Estimate pose
success, rvec, tvec = cv2.solvePnP(corner_points_3d, corners, CAMERA_MATRIX, DIST_COEFFS)
```

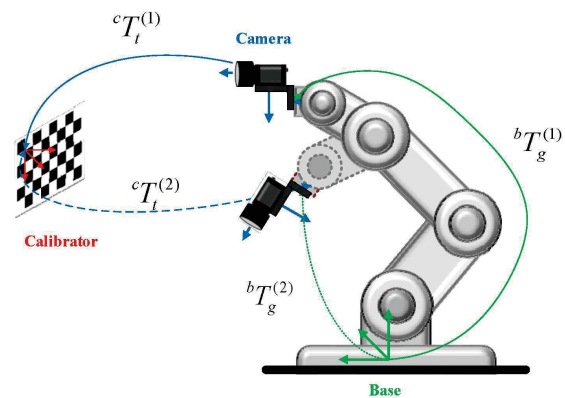


Eye in hand calibration: $T_{cam}^{gripper}$

- Make calibration object fixed and move robot to various poses
- Estimate target2cam pose and record robot gripper2base pose
- Use opencv calibrateHandEye() to calculate cam2gripper transformation

◆ calibrateHandEye()

```
void cv::calibrateHandEye ( InputArrayOfArrays R_gripper2base,
                           InputArrayOfArrays t_gripper2base,
                           InputArrayOfArrays R_target2cam,
                           InputArrayOfArrays t_target2cam,
                           OutputArray R_cam2gripper,
                           OutputArray t_cam2gripper,
                           HandEyeCalibrationMethod method = CALIB_HAND_EYE_TSAI
                           )
```



Vision-based robot-machine calibration result

- After calibration, robot can be programmed to move in marker coordinate frame



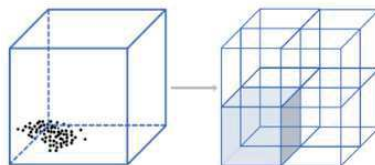
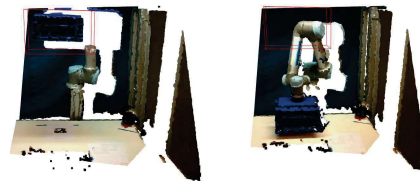
57

KU Leuven, Department of Mechanical Engineering, ACRO research group

KU LEUVEN

Machine status check

- Change detection from two point clouds
- Convert unordered point cloud to structured volumetric representation for easier comparison
 - Divide 3D space into voxels
 - For each voxel, assign 1 if there is at least 1 point inside. Otherwise assign 0



Point cloud -> Occupancy grid

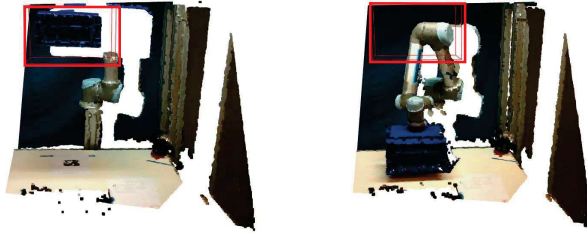
58

KU Leuven, Department of Mechanical Engineering, ACRO research group

KU LEUVEN

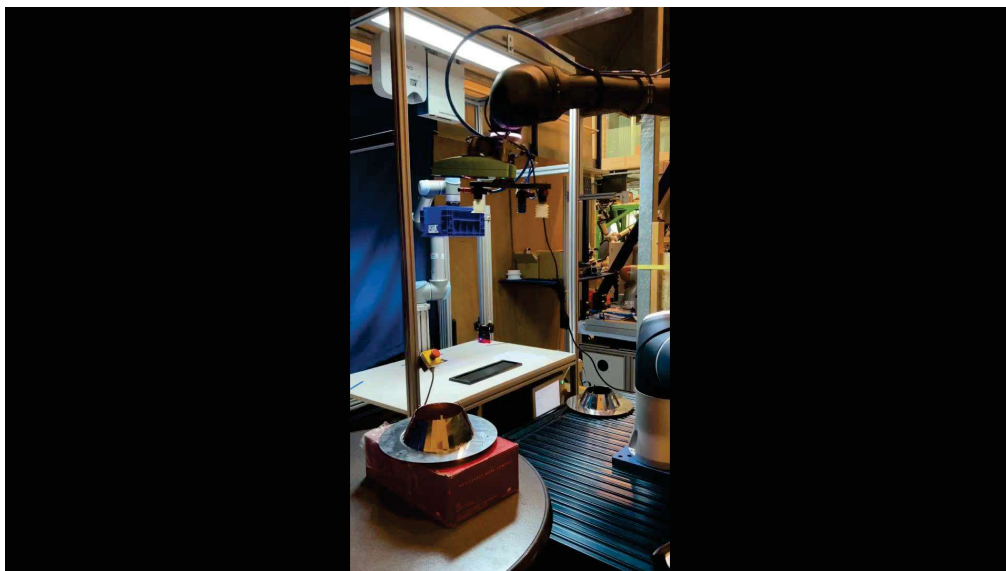
Machine status check

- Check value at each (i, j, k) position of the two occupancy grids
- Calculate Intersection Over Union (IoU) score



- When two point clouds are similar, IOU is big $\rightarrow 1$
- When two point clouds are different, IOU is small $\rightarrow 0$

Result



2x

Agenda

- 10:00 Aankomst en verwelkoming
- 10:15 Projectupdate Sirris (voorbije & komende periode)**
- Acties obv. feedback begeleidingsgroepmeeting 2
 - Plan & status Sirris demonstrator 2
- 10:45 Update KUL-ACRO**
- Resultaten bedrijfscases, relevante thesissen
- 11:10 Status en plan kennisverspreiding**
- 11:20 Q&A**
- 11:30 Netwerking + broodjeslunch



Kennisverspreiding

PUBLICATIES EN EVENTS

Voorbije periode

- Publicaties
 - Cobot op een verplaatsbaar platform, artikel, Sirris
 - Groeien met robots en cobots - toolkit, artikel, Sirris
- Workshops
 - 20250217, ROBUST workshop, Sirris
 - 20250701, ROBUST workshop, KUL-ACRO

Komende periode

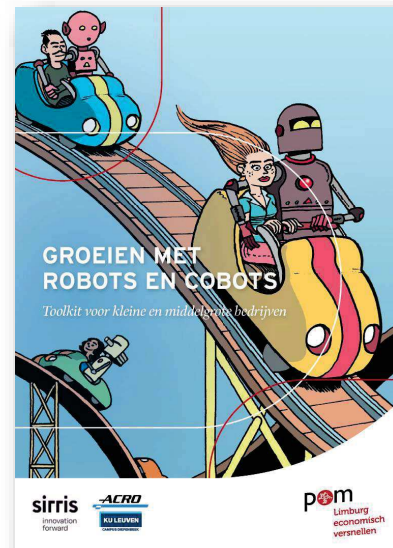
- Publicaties
 - Artikelreeks - technische blog publicaties
(Hardware, uitlijning, communicatie, veiligheid, programma inleren, pickplace met 3d camera, layout optimalisatie, stabiliteit, gripper/vingers, multitool, ...)
 - Verzamelde kennis in "white paper"
 - Verwerken in keuzewijzer (AI gebaseerd)
- Workshops
 - 202512xx, demo en workshop, Sirris

Toolkit: "Groeien met robots en cobots"

SAMENWERKING TUSSEN POM LIMBURG EN SIRRIS, KUL-ACRO



Hardcopy voor wie wenst!



COOCK+ ROBUST



Bedankt voor jullie aanwezigheid!

Bedankt voor jullie interesse en input!