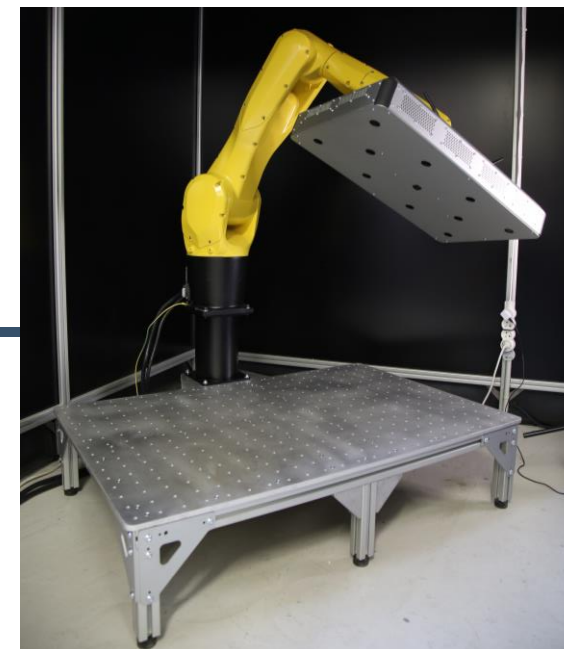




# PARADES



Hardware+Software IA pour la détection et mesure de longueur de défauts en magnétoscopie et ressuage



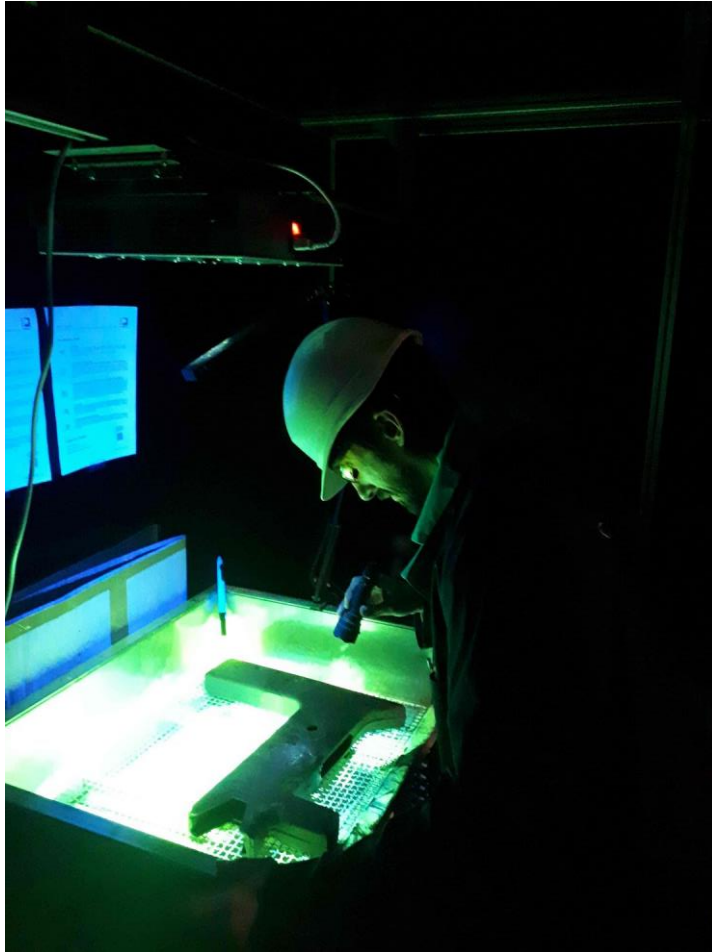
# Plan

- Cahier des charges
- Hardware
- Détection de défauts par IA
- Mesure de longueur 3D
- Logiciel d'acquisition et analyse (GUI)
- Conclusion
- Perspectives

# Workflow: Détecter → Mesurer → Historiser

- Détecter
  - Longueur des défauts: mini 2mm (<2mm sur demande)
- Machine semie-autonome
  - Validation par contrôleurs certifiés COFREND
  - Workflow synchrone ou asynchrone\*
- Méthodes CND: magnétoscopie et ressuage (VT en développement)
- Taille des pièces inspectées
  - Maxi: 800\*1200\*800mm (Lxlxh) (divisé en 4 images de 600x400mm)
- Performance
  - Mesure de longueur: MAE < 1mm
  - Détection: PoD > 90%
- Images + rapports enregistrés dans un fichier projet et/ou base de données (locale, on-premise, cloud)

# Nouveau paradigme de contrôle



Contrôle classique (sans PARADES)



Contrôle avancé (avec PARADES)

# Hardware

---

- Éclairage UV à façon
- Structure mécanique modulaire (Maxi & Mini)

# Hardware – Éclairage UV

- Cahier des charges (Synthèse des normes en vigueur)
  - Irradiance:  $>1500\text{uW/cm}^2$  (surface:  $600*400\text{mm}$ )
  - Longueur d'onde:  $365\text{nm} < \text{UV} < 370\text{nm}$
  - FWHM:  $<20\text{nm}$
- Contrainte
  - Distance moyenne pièce/éclairage:  $500\text{mm}$
- Méthode
  - Design à façon & placement optimisé
    - Faisceau étroit + faisceau large
  - Simulateur d'éclairage (*Développement CMPHy*)
    - Optimisation de la disposition des LEDs

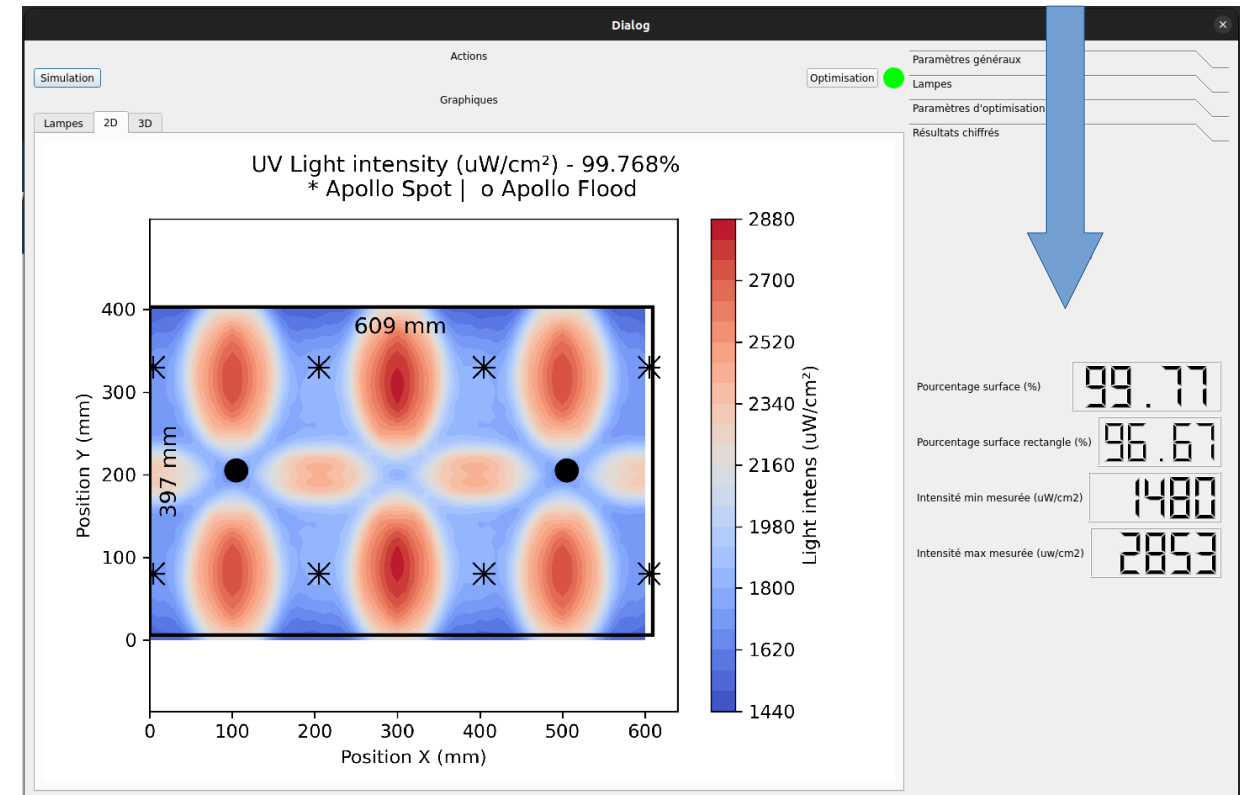
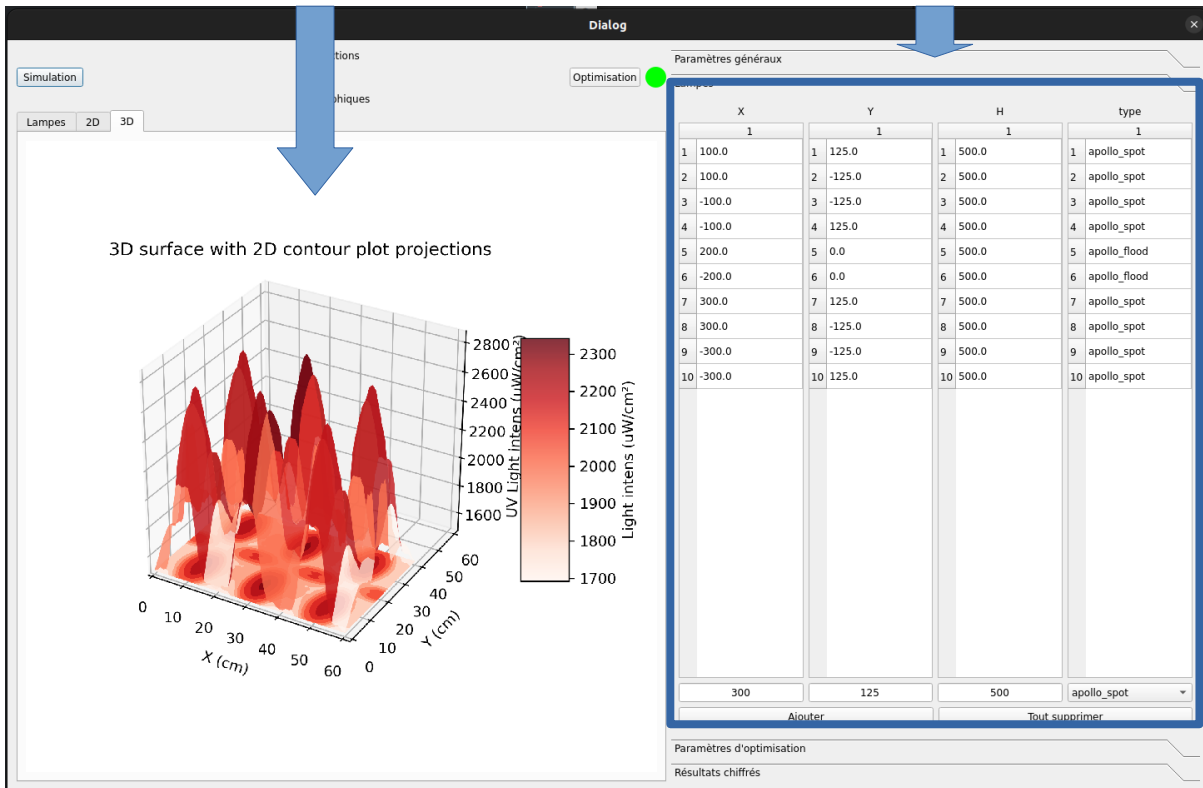
*CMPHy conçoit des éclairages LEDs à façon*

# Hardware – Éclairage UV – Simulateur

## Simulation

## Position 3D + type des LEDs

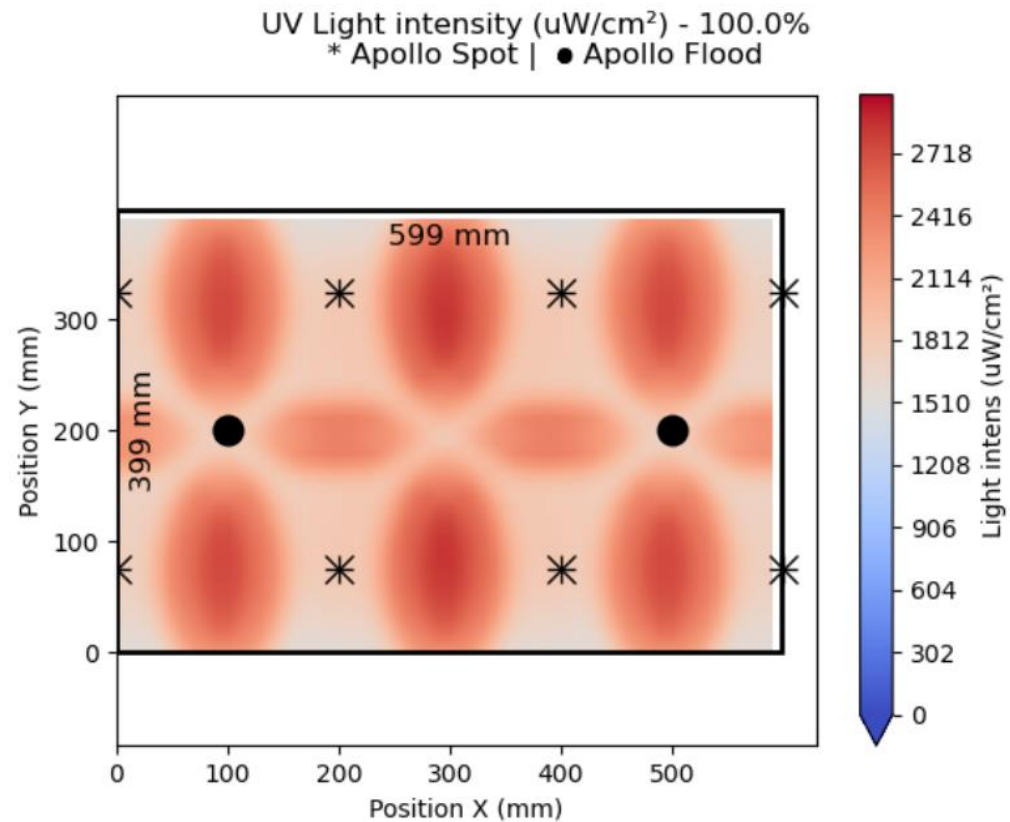
## Résultats



Module d'optimisation pour ajuster la position des LEDs automatiquement

# Hardware – Éclairage UV – Qualification spatiale

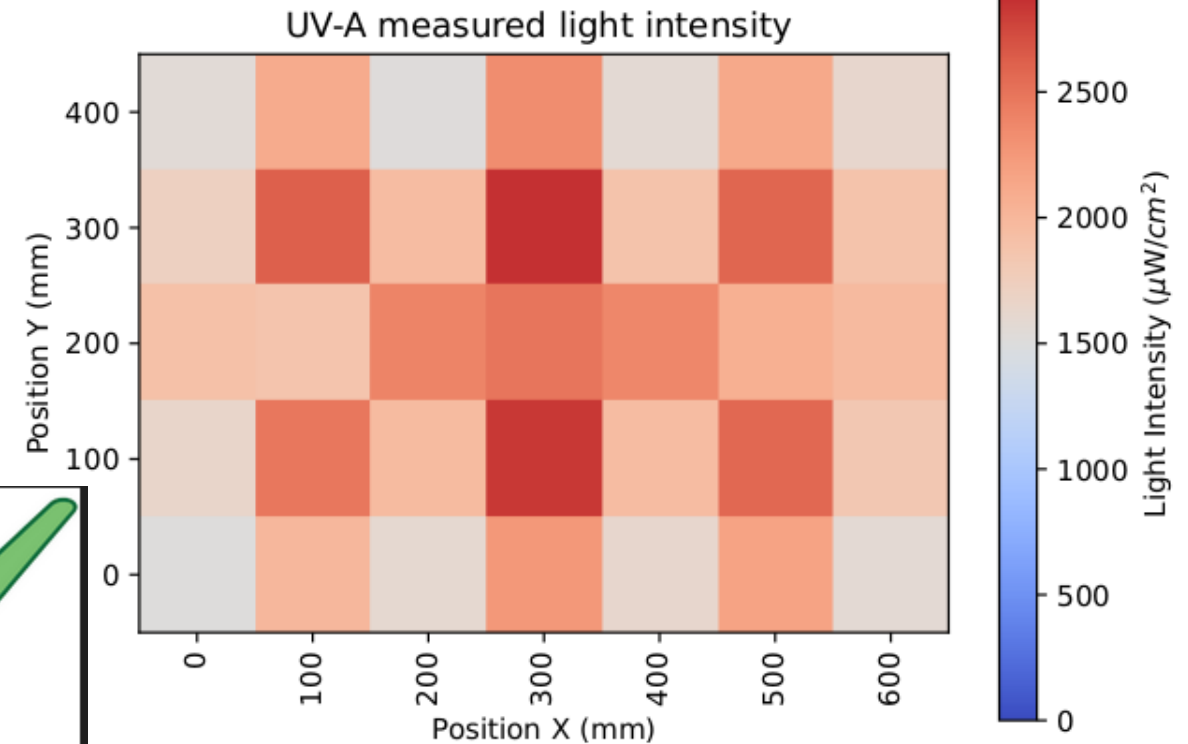
Irradiance simulée



Irradiance mesurée (Pfinder  
UVLuxCHECK)



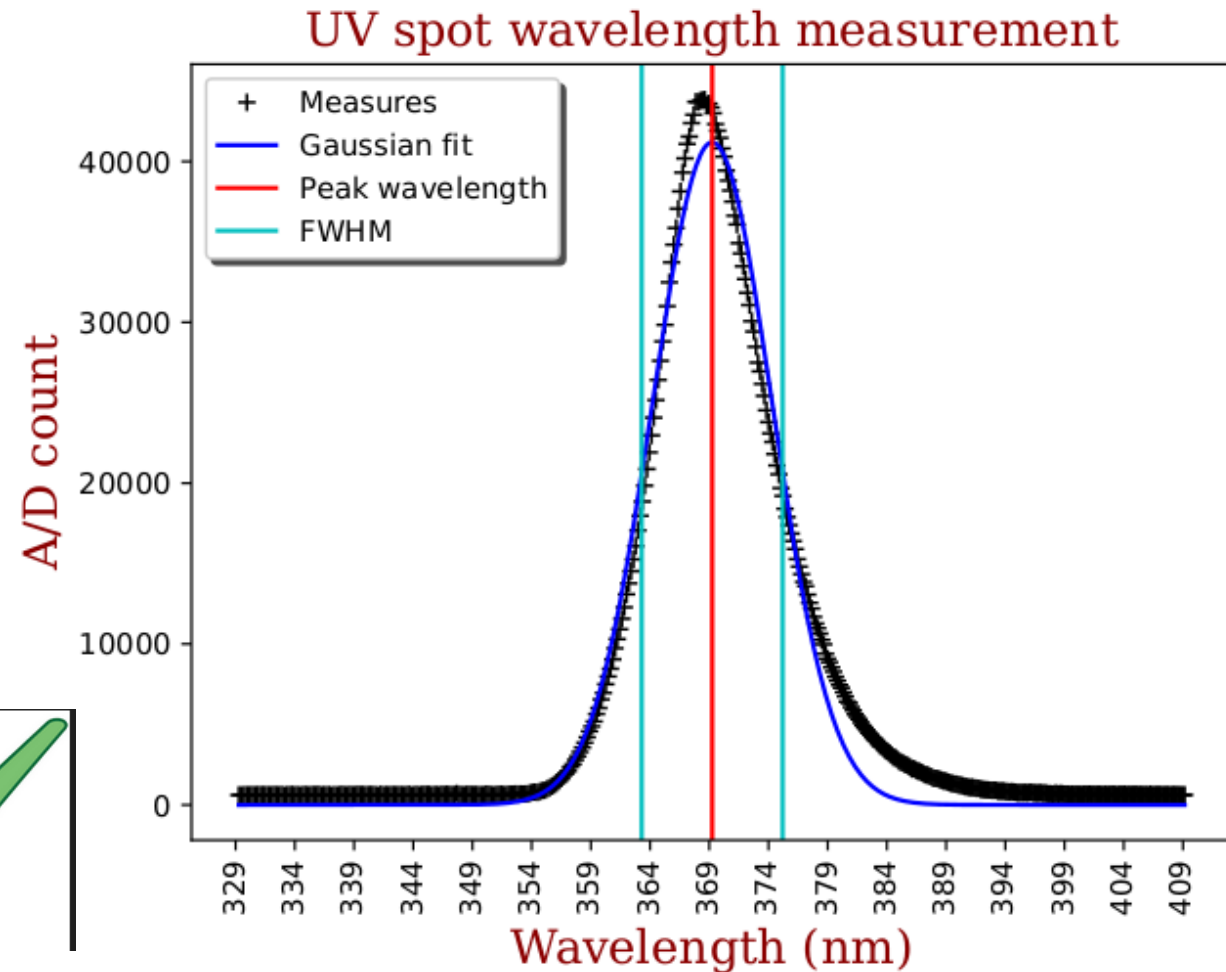
Surface  $> 1500\mu\text{W}/\text{cm}^2$



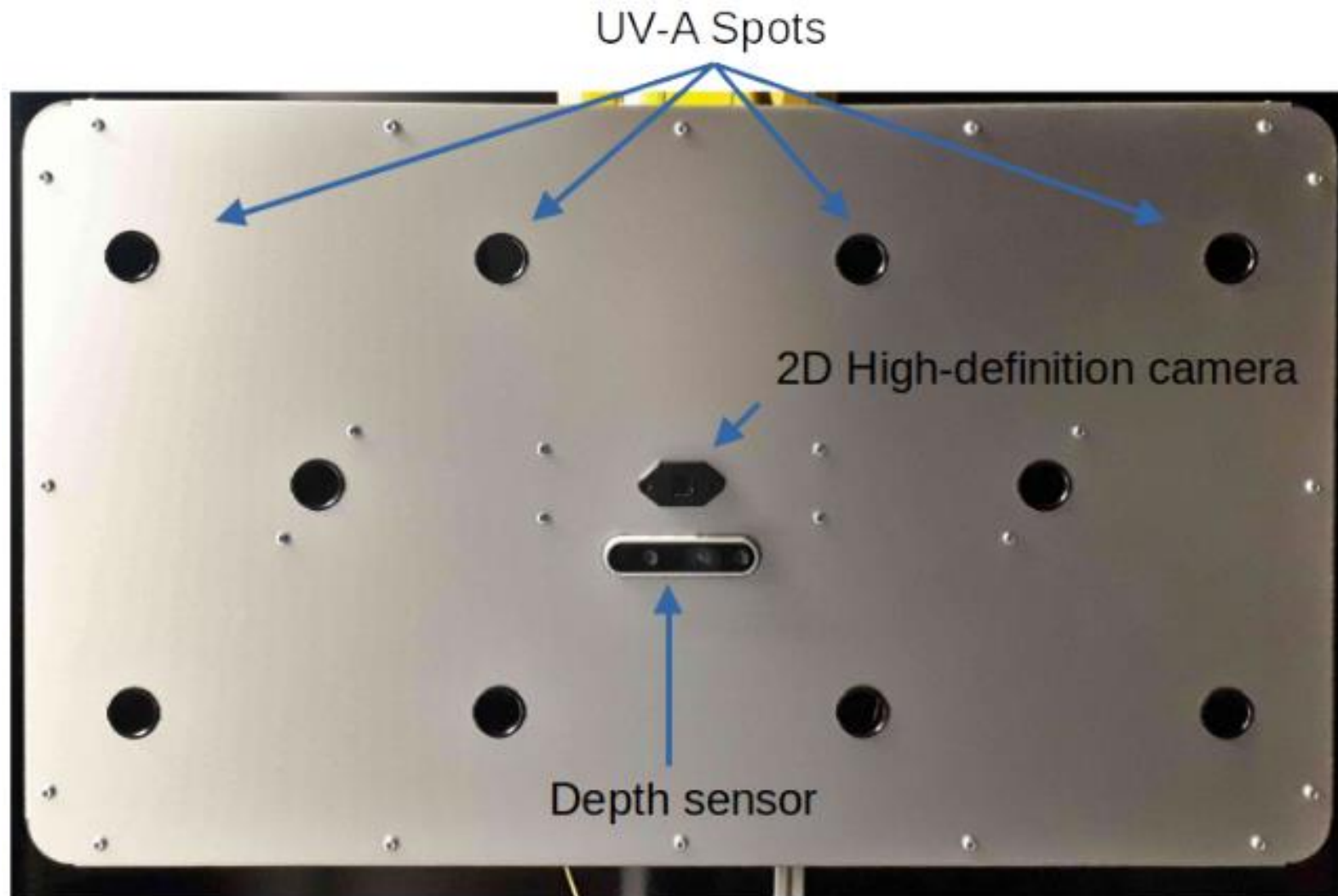


# Hardware – Eclairage UV – Qualification spectrale

- Matériel
  - Hamamatsu TG-C9404CAH
    - 200 → 400nm
    - Résolution : 1nm
- Résultats
  - Pic : 369nm ( $365 < \text{UV} < 370\text{nm}$ )
  - FWHM : 11nm ( $< 20\text{nm}$ )



# Hardware – PARADES Maxi – tête de vision



Conception à façon possible

- irradiance
- surface d'inspection
- taille maximale
- etc.

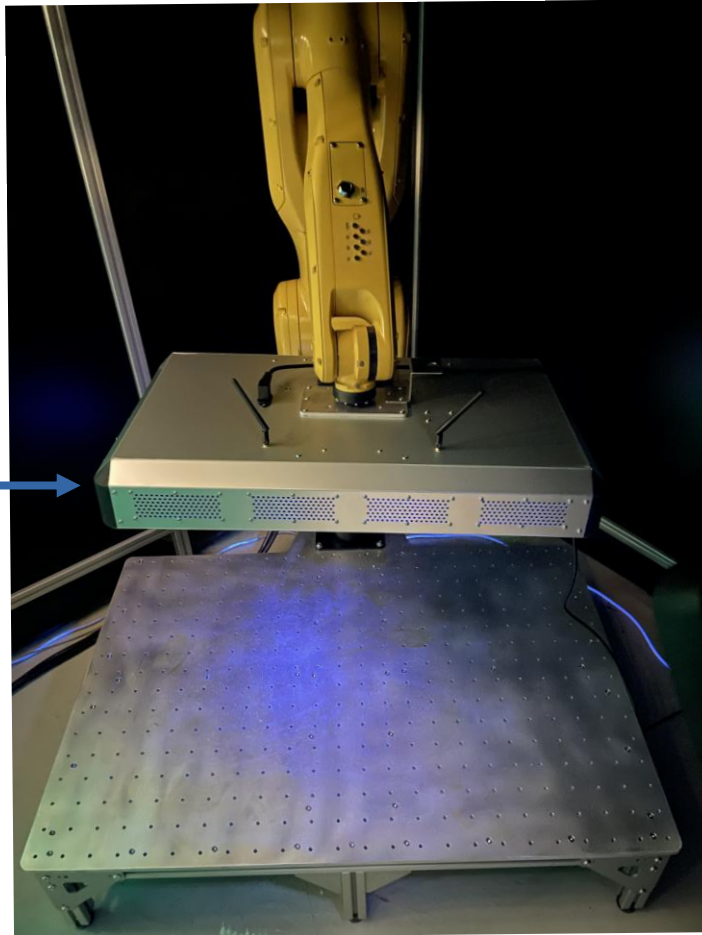
# Hardware - Structure

## PARADES Maxi

Tête de vision tout  
intégrée  
Alimentation + PC  
+ Éclairage +  
Camera

Avantages :

- Grande surface  
d'inspection
- Automatisation  
facile



## PARADES Mini

Éclairage +  
caméras

Avantages :

- Maniable
- Petit

Alimentation +  
PC embarqué



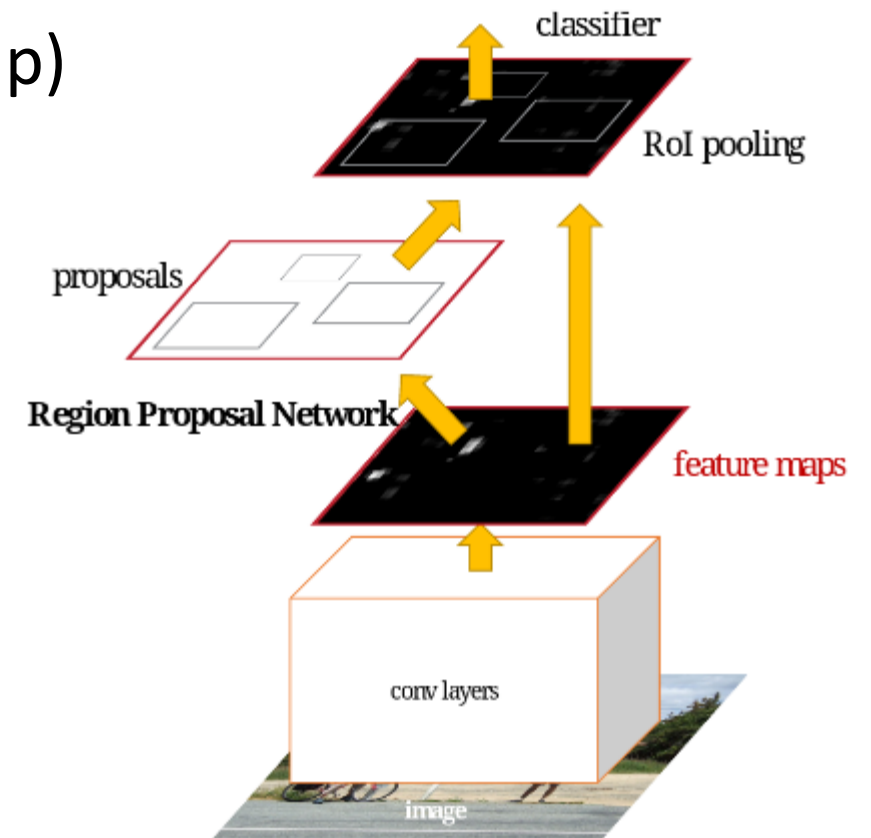
# Software

---

- Détection de défauts
- Mesure de longueur
- Interface

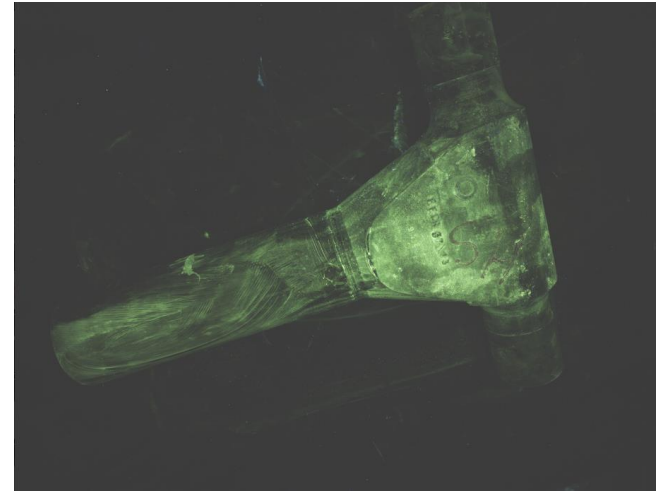
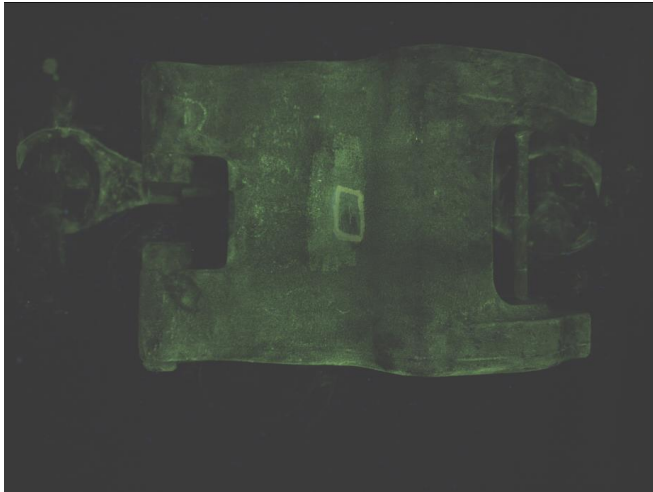
# Software – Détection de défauts basée IA

- Deep-learning
- Adapté aux images haute-résolution (>100Mp)
- Supervisé
- Transfert-learning
- Hyper-paramètres optimisés
- Entraînement sur HPC (GPUs V100 80Go)

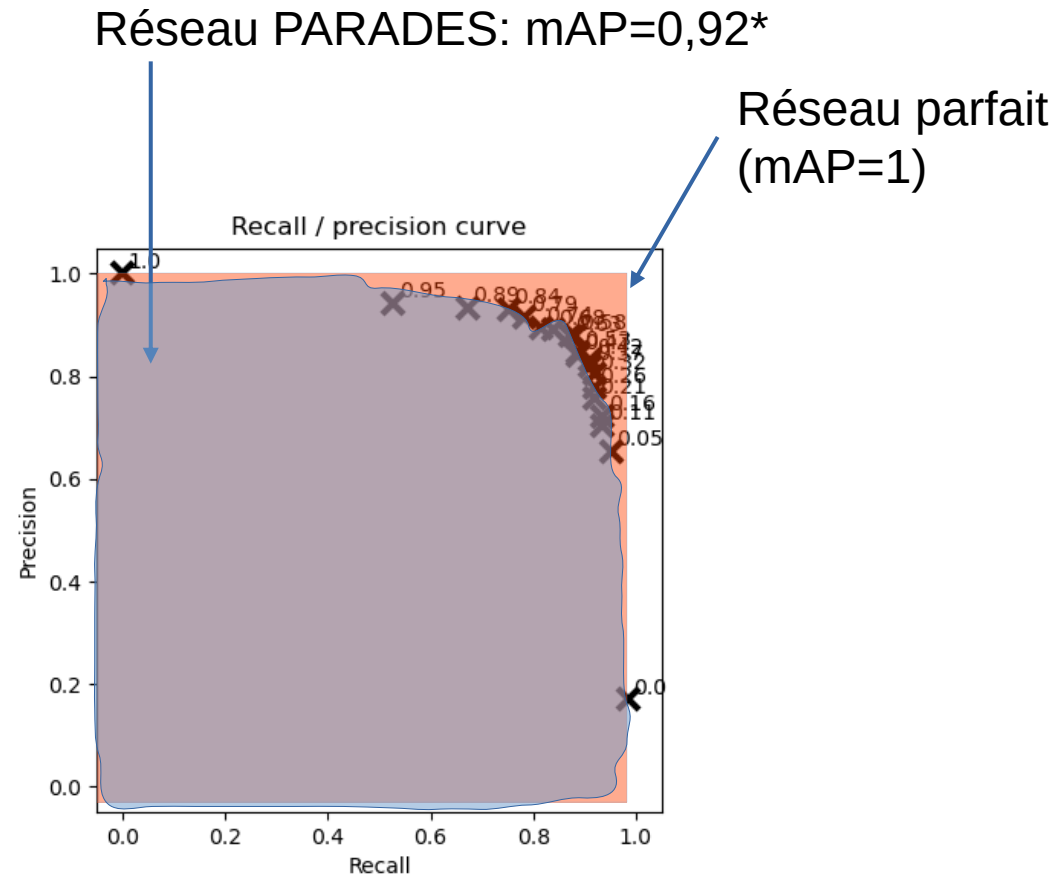


# Software – Détection de défauts - Dataset

- Dataset de fondation pour magnétoscopie
  - Pièces clients
  - Acquisition avec PARADES
  - Trainset: 247 images
  - Testset: 53 images (125 cracks)
  - Exemple d'images de test:



# Software – Détection de défauts – Analyse quantitative



**Configuration choisie:**

- PoD: 91 %
- Taux de fausse détection moyen: 0.42 per image

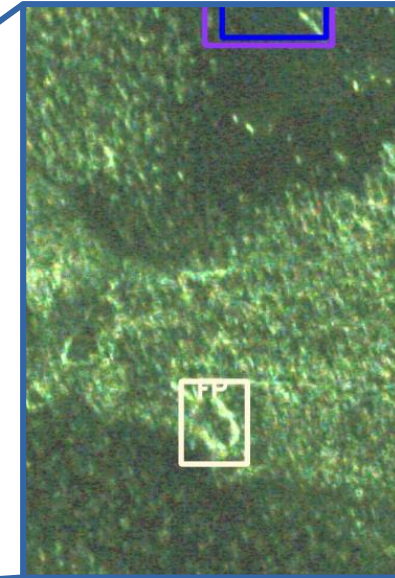
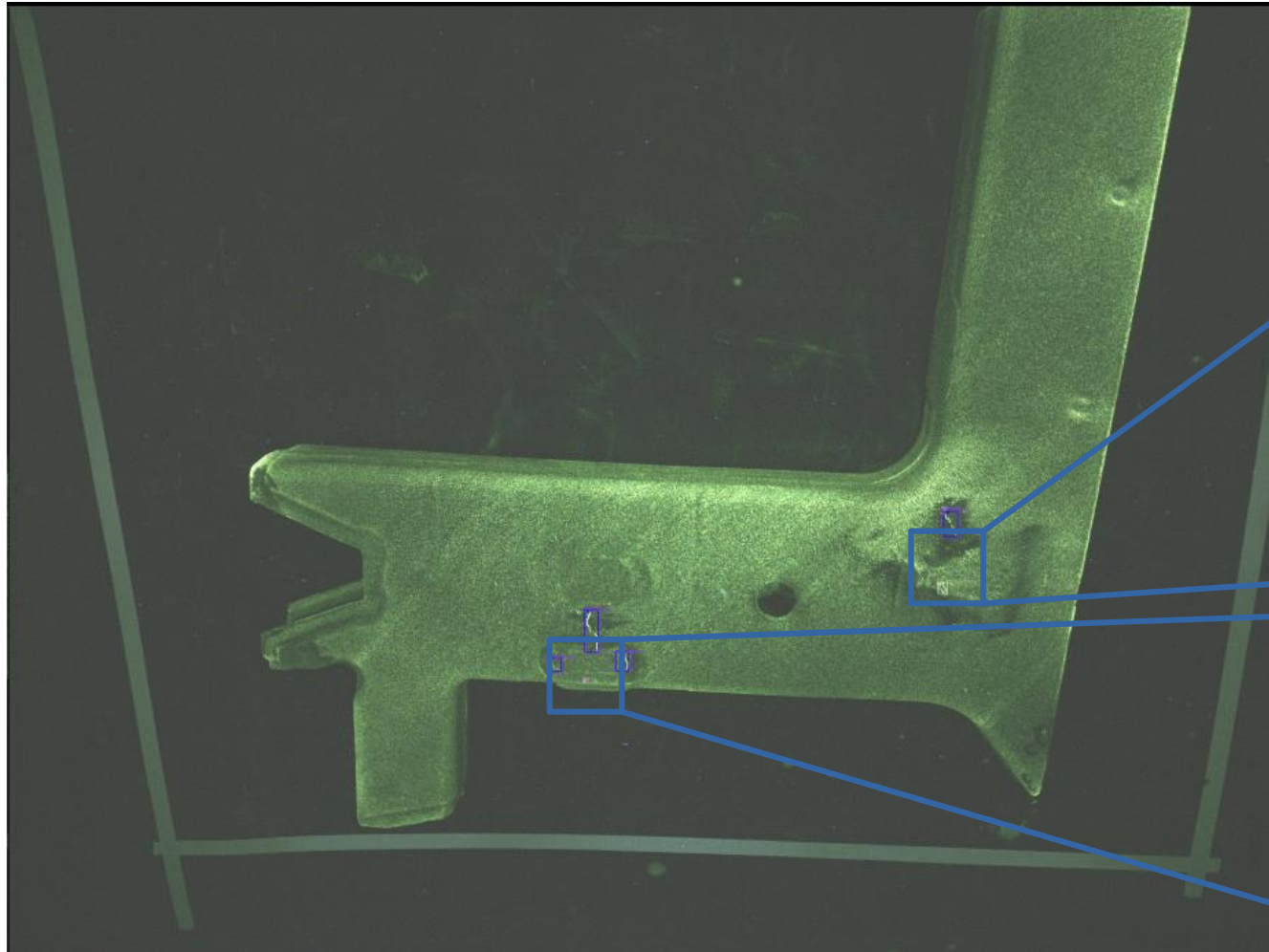
Cahier de charges rempli



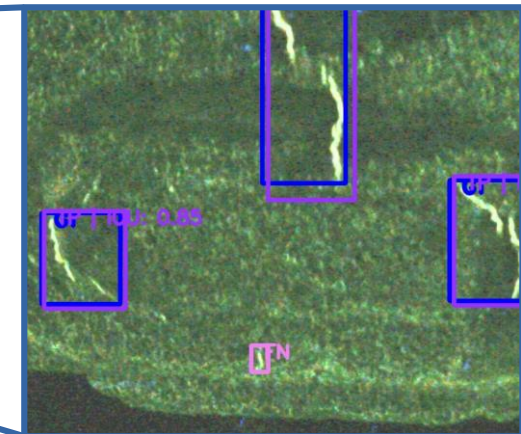
\*IoU: 0.02



# Software – Détection de défauts – Analyse qualitative



Faux positif

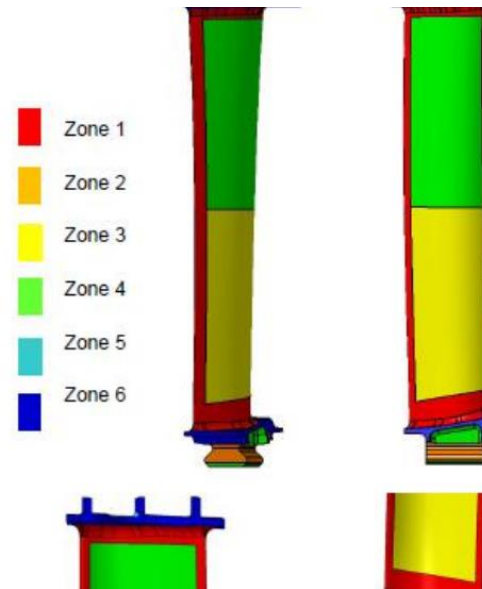


Faux négatif  
(oubli)

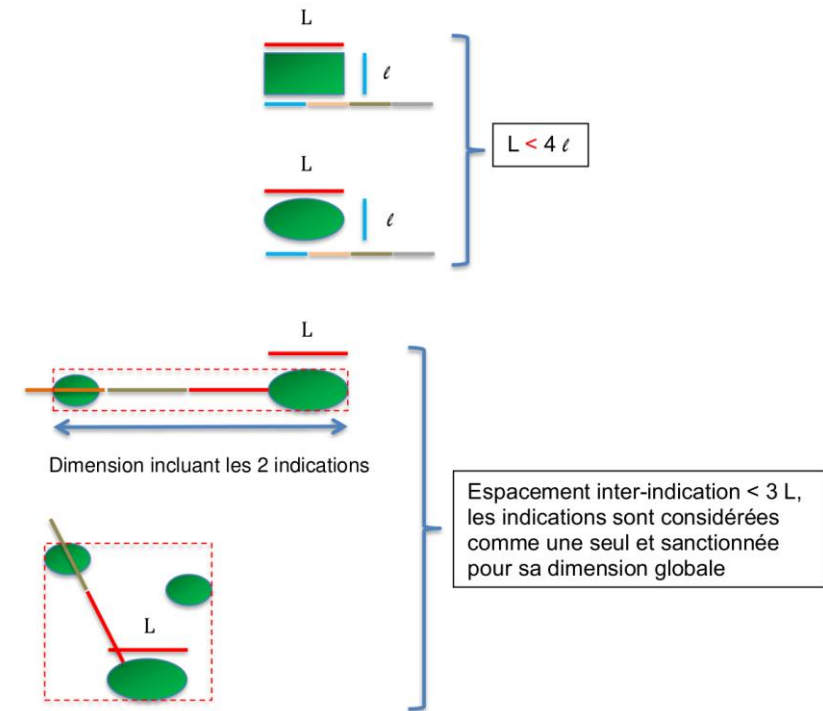


# Software – Détection de défauts - Option

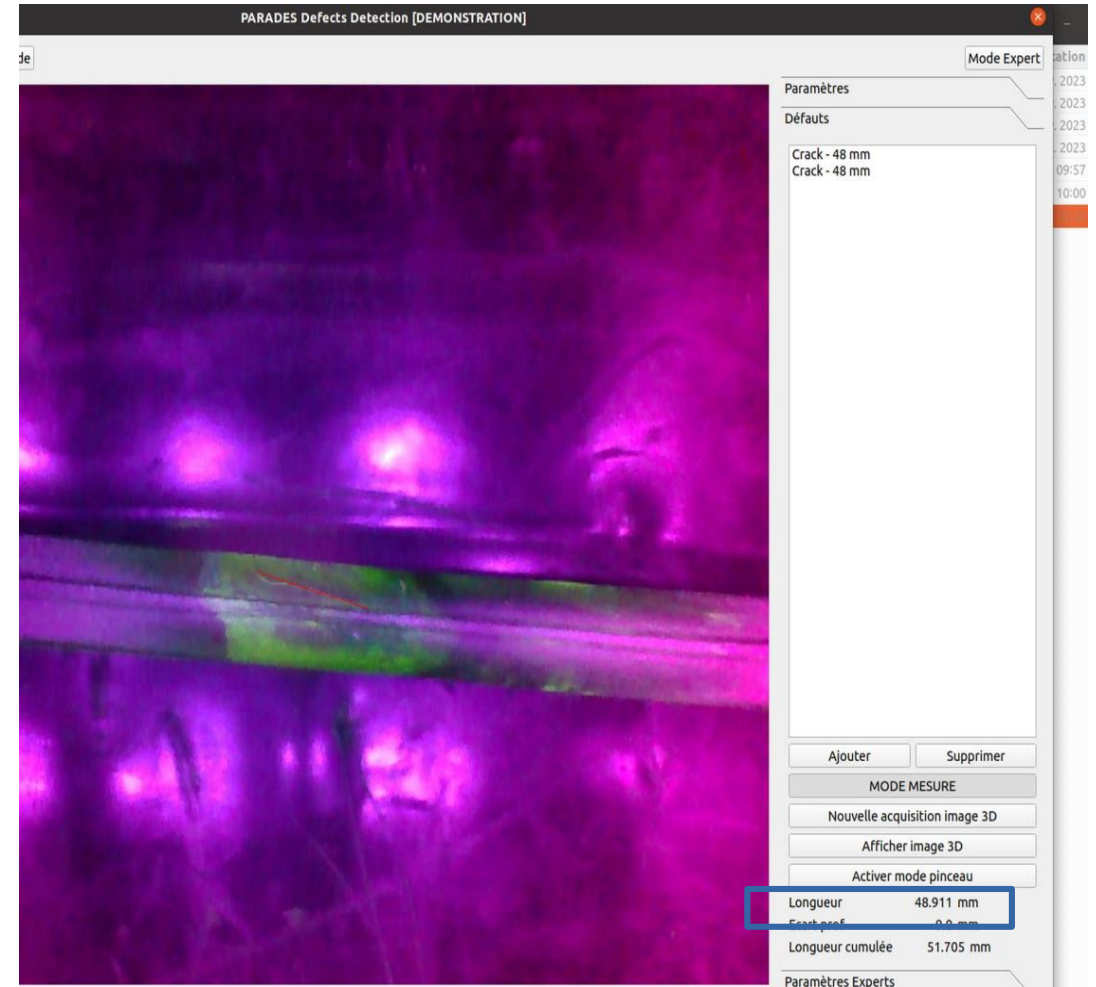
- Algorithme à façon sur détection
  - Longueur vs largeur
  - Distance entre défauts
  - Zones



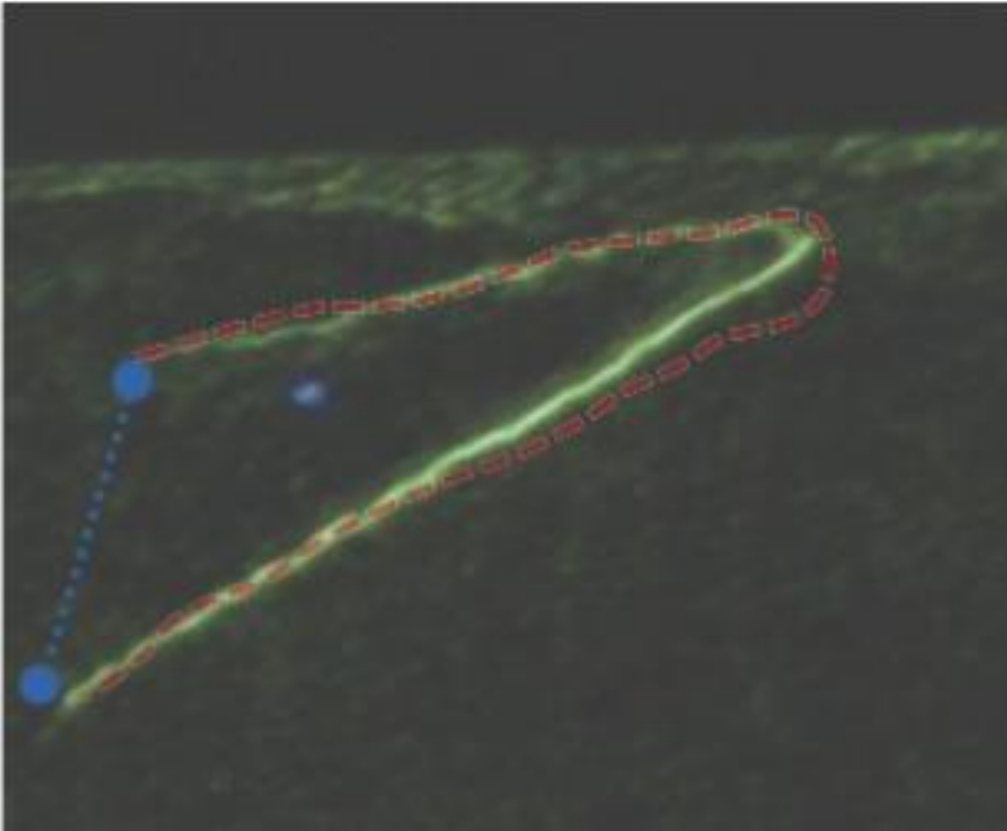
Exemple client  
Ailette titane aéronautique



# Software – Mesure de longueur

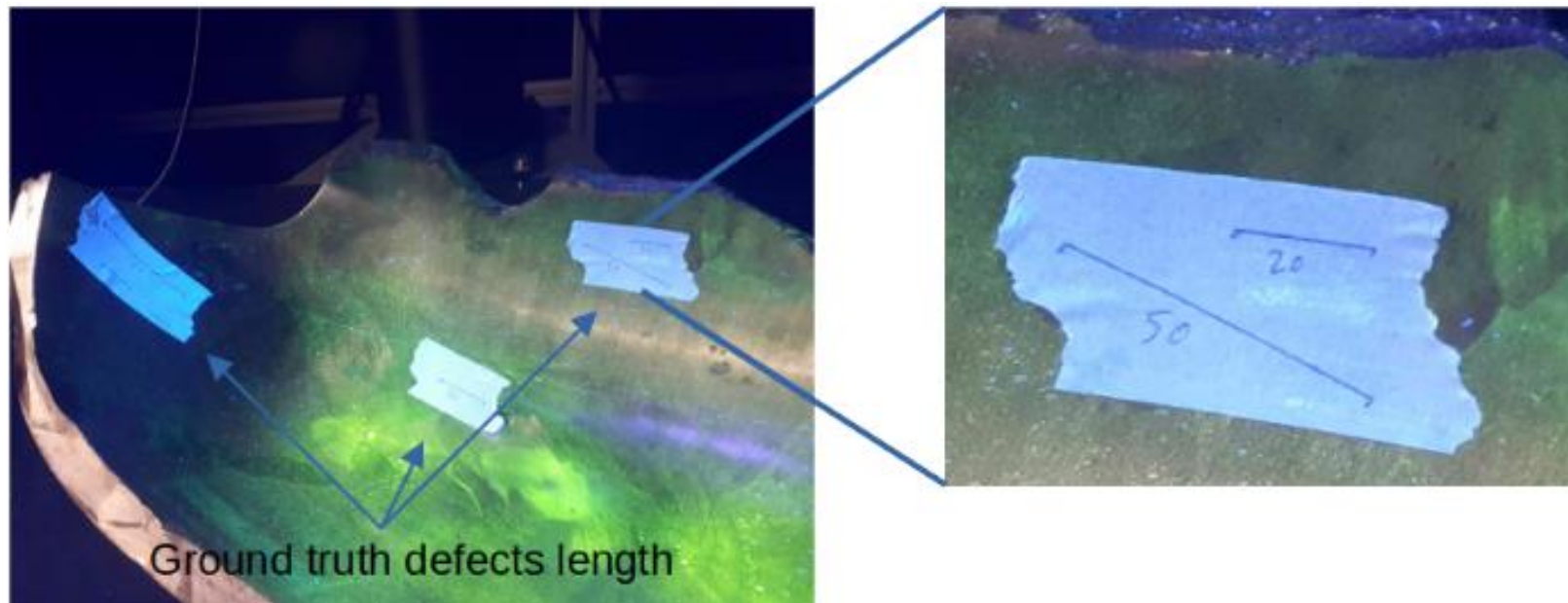


# Software – Mesure de longueur – méthodes de calcul



- ...● Defect length measure (bird's eye)
- - - Defect length measure (path)
- Defect

# Software – Mesure de longueur – Analyse quantitative



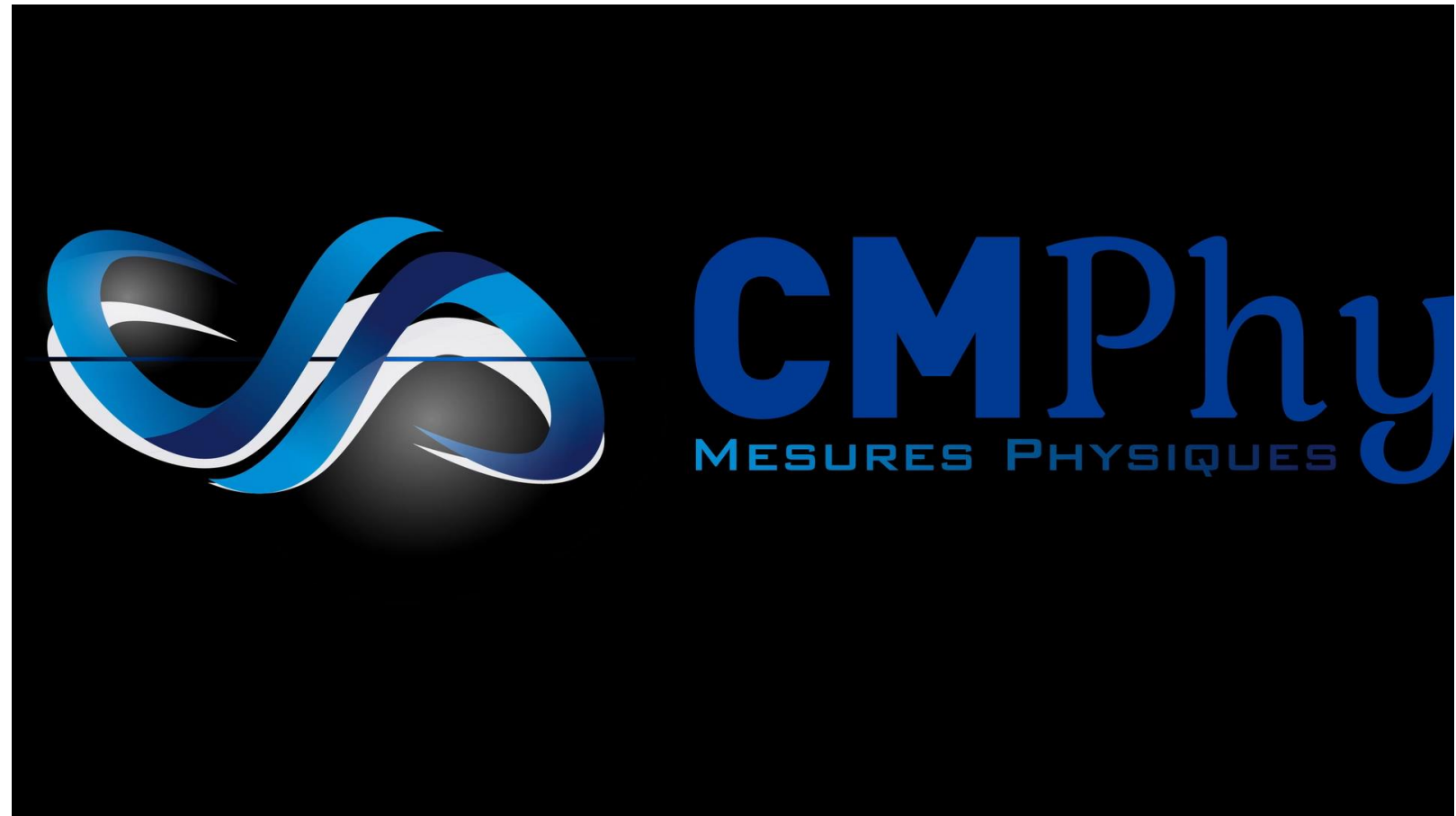
| Ground truth (mm) | Measured value (mm) | Rel Error (%) | Abs Error (mm) |
|-------------------|---------------------|---------------|----------------|
| 50,0              | 51,8                | 3,6%          | • 1.8          |
| 20,0              | 20,0                | 0             | • 0            |
| 60,0              | 60,1                | 0,2%          | • 0.1          |
| 30,0              | 28,2                | 6%            | • 1.8          |

MAE = 0.925mm  
(<1mm)



# Logiciel PARADES

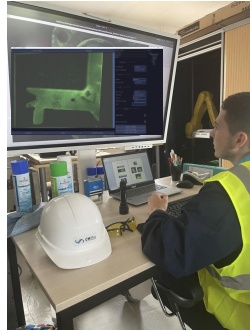
- Exécute sur la machine parades
- ET sur un PC (en mode hors ligne)





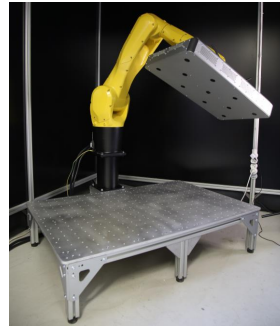
# PARADES: Contrôle “asynchrone”

Synchrone



- Rapport généré
- Acquisitions historisées

Asynchrone



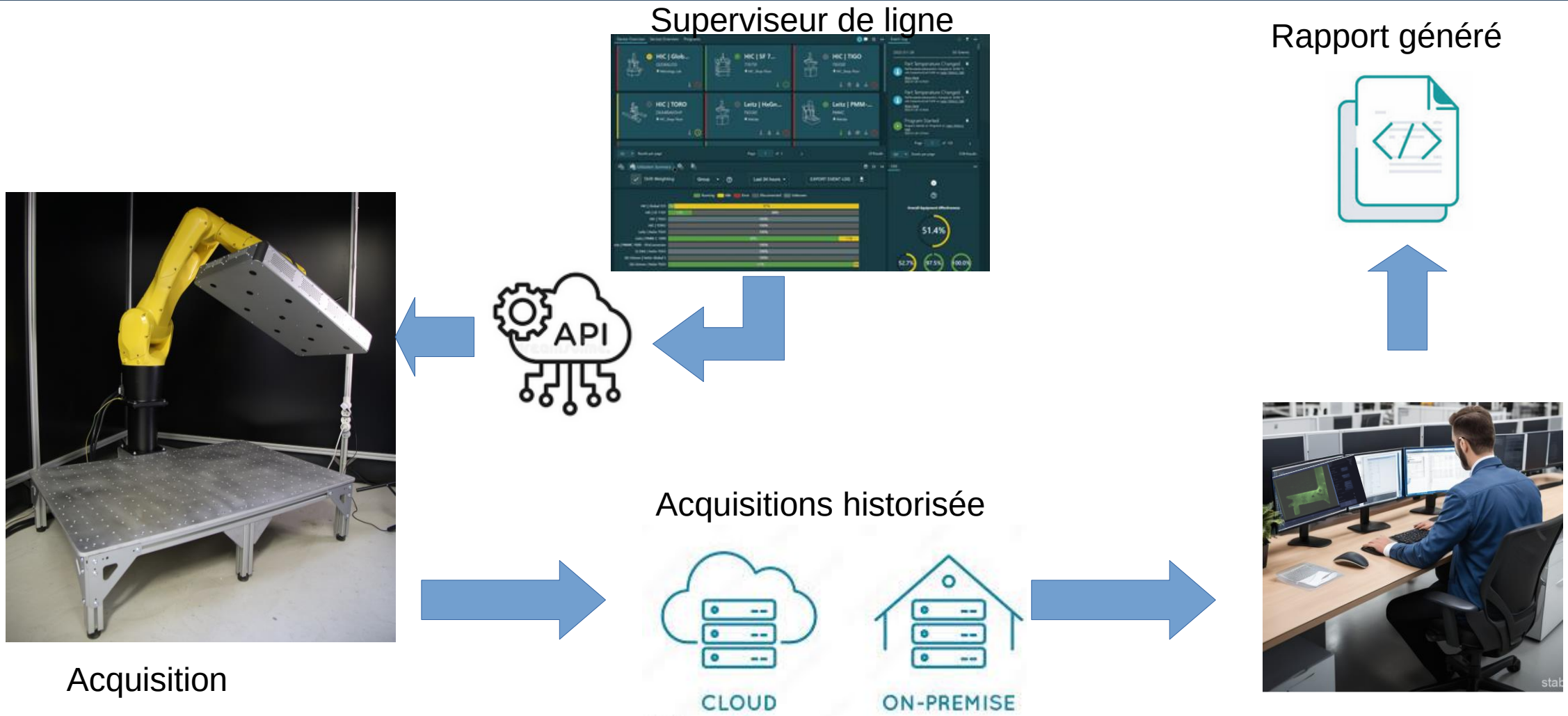
Acquisition  
historisée



Rapport  
généré



# PARADES : application aux lignes de production automatisées





# Réalisation

- Hardware+software industriel “Maxi” et “Mini”
  - (micro PARADES à venir)
  - Architecture modulaire (soft + hard)
    - Personnalisable sur demande
- Détection de défauts : 91%
  - (transformer + dataset qui va augmenter)
  - FPR : 0.42 (par image)
- Mesure de longueur
  - Automatique (diagonale) + manuelle
  - MAE : 0.91mm
- Historisation des acquisitions (fichier et/ou DB)
  - Contrôles synchrones et/ou asynchrones

**Logiciel PARADES bientôt en téléchargement  
(version de démonstration -> contact par email)**

**Commercialisation machine fin Q1 2025**

# Collaboration industrielle

- “Micro” PARADES
  - Cas d’utilisation : inspection de tuyauterie
  - Zones difficiles d’accès
  - Nucléaire
  - PMUC
  - **Codéveloppement → recherche de partenaires**
    - Adaptation du produit aux besoins spécifiques client
    - Tests avant la commercialisation officielle
- Maxi/mini Parades
  - Cas d’utilisation : magnétoscopie sur lignes automatisées
- Magnétoscopie et ressuage (toutes applications)
  - Pièces avec défauts → dataset de fondation
  - Test de PARADES sur vos pièces



# Publications récentes

## Salon industriel: Cofrend 2023 (France)



## Conférence: NDTiC 2024 (Ottawa, ON, CANADA)

NDT in Canada  
**NDT<sup>i</sup>C 2024**  
Making every connection count!

June 11-13  
Brookstreet  
Hotel  
Ottawa,  
Ontario

## Article de journal (recherche): Applied sciences (open-access) 2023



Article

### Industrial Application of AI-Based Assistive Magnetic Particle Inspection

Julien Baumeier<sup>1,\*,</sup>, Hermine Chatoux<sup>2,</sup>, Arnaud Pelletier<sup>1,</sup> and Patrick Marquié<sup>2,</sup>

<sup>1</sup> CMPhy, 26 Rue Paul Sabatier, 71530 Crissey, France; arnaud.pelletier@cmphy.fr

<sup>2</sup> Laboratoire ImViA Dijon, 64 Rue Sully, 21000 Dijon, France; hermine.chatoux@u-bourgogne.fr (H.C.); patrick.marquie@u-bourgogne.fr (P.M.)

\* Correspondence: julien.baumeier@u-bourgogne.fr

**Abstract:** Magnetic Particle Inspection (MPI) is one of the most used methods in Non-Destructive Testing (NDT), allowing precise and robust defect detection on industrial-grade manufactured parts. However, human controllers perform this task in full black environments under UV-A lighting only (with safety glasses) and use chemical products in a confined environment. Those constraints tend to lower control performance and increase stress and fatigue. As a solution, we propose an AI-based assistive machine (called "PARADES") inside the hazardous environment, remotely manipulated by a human operator, outside of the confined area, in cleaner and safer conditions. This paper focuses on the development of a complete industrial-grade AI machine, both in terms of hardware and software. The result is a standalone assistive AI-based vision system, plug-and-play and controller-friendly, which only needs the usual power supply 230 V plug that detects defects and measures defect length. In conclusion, the PARADES machines address for the first time the problem of occupational health in MPI with an industrial standalone machine which can work on several parts and be integrated into current production lines. Providing cleaner and healthier working conditions for operators will invariably lead to increased quality of detection. These results suggest that it would be beneficial to spread this kind of AI-based assistive technology in NDT, in particular MPI, but also in Fluorescent Penetrant Testing (FPT) or in visual inspection.

**Keywords:** NDT; magnetic particle inspection; deep learning; object detection; dataset; vision system; quality control; hardware; software; transfer learning; faster R-CNN



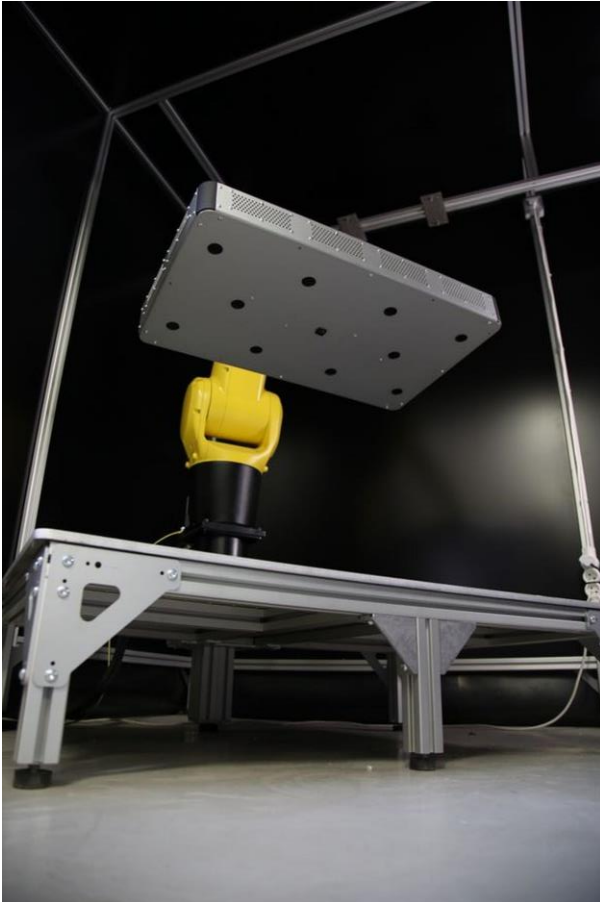
**Citation:** Baumeier, J.; Chatoux, H.; Pelletier, A.; Marquié, P. Industrial Application of AI-Based Assistive



# Merci

## Questions ?

Maxi  
PARADES



Mini  
PARADES



Julien Baumeyer

Research Engineer  
CoReS (ImVia) / CMPhy

[Julien.baumeyer@cmphy.fr](mailto:Julien.baumeyer@cmphy.fr)

