



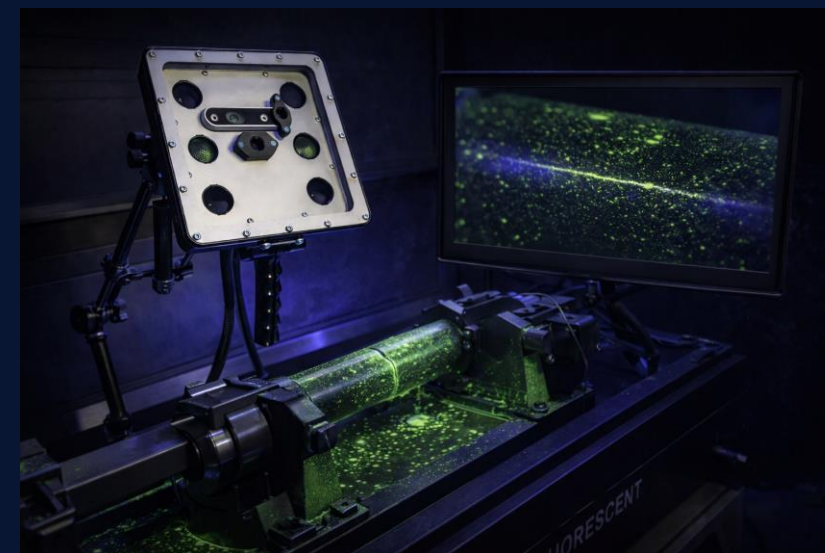
Les journées
COFREND®
2026

Lyon - Mai 2026 — CMPhy / ImViA
Arnaud PELLETIER — Dirigeant CMPHY

PARADES

Systeme de vision intelligent pour Magnétoscopie & Ressuage
Qualification instrumentale, Intelligence Artificielle et Mesure Dimensionnelle 3D

Détecter, mesurer, historiser — automatiquement



Le constat

Magnétoscopie et ressuage : des méthodes éprouvées, des contraintes opérateurs persistantes

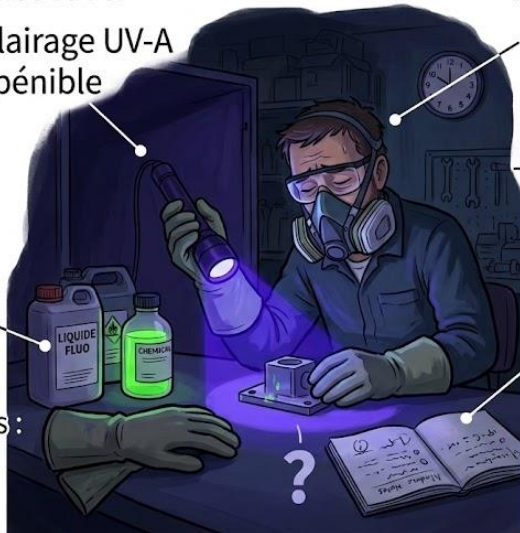
Les contraintes du contrôle visuel manuel

Environnement obscurci

Inspection sous éclairage UV-A en cabine fermée, pénible et fatigante.

Exposition aux produits chimiques

Liquides fluorescents, produits magnétiques : risque sanitaire.



Fatigue visuelle et charge cognitive

La vigilance baisse au fil de la journée — risque de défauts manqués.

Subjectivité du jugement

Variabilité opérateur, difficulté de reproductibilité d'un contrôle à l'autre.

Les enjeux industriels

Traçabilité numérique

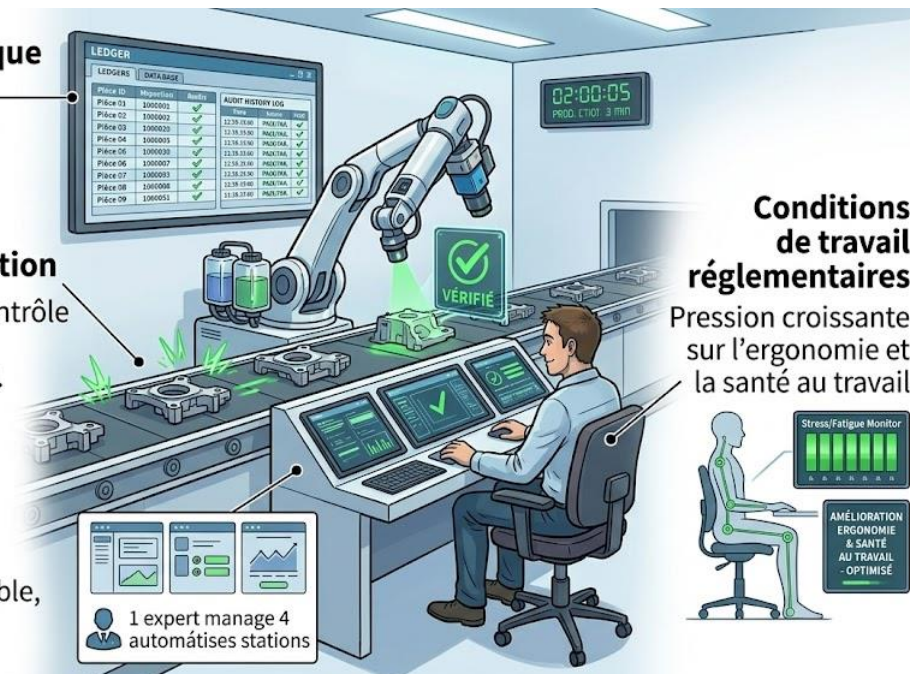
Exigences accrues d'historisation et d'audit qualité.

Cadence de production

Besoin d'intégrer le contrôle dans la ligne sans goulot d'étranglement.

Pénurie de contrôleurs certifiés

Démographie défavorable, formation longue, recrutement difficile.



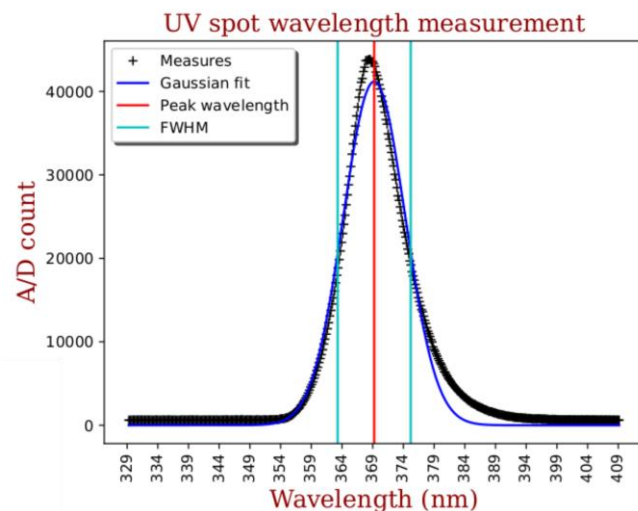
Conditions de travail réglementaires

Pression croissante sur l'ergonomie et la santé au travail.

L'automatisation assistée par vision et IA répond simultanément à tous ces enjeux

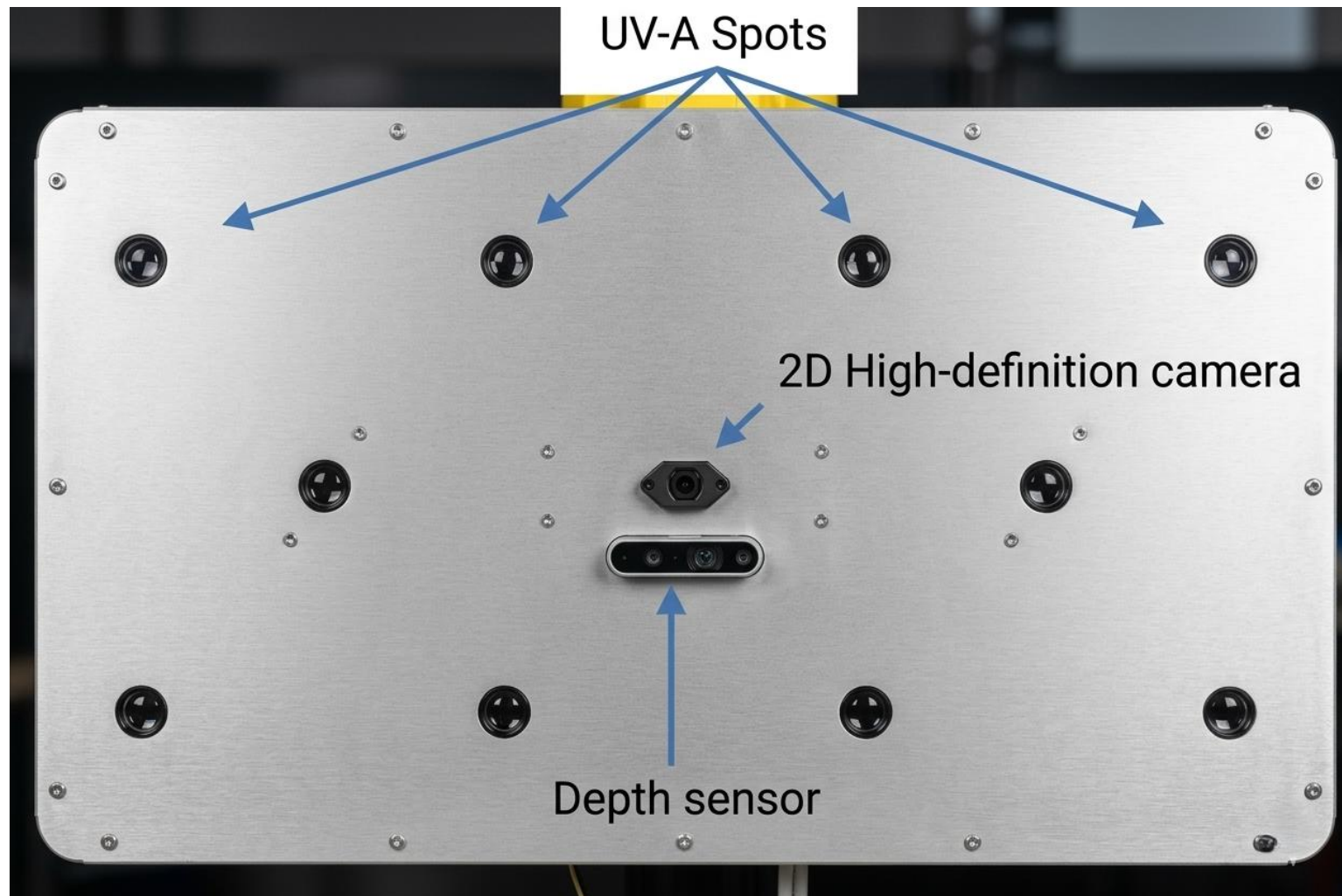
PARADES est une solution industrielle qui combine

- un éclairage UV-A qualifié et répond norme stricte aéronautique ASTM E3022



- une caméra haute définition > 100Mps,
- un capteur 3D intégré
- un calculateur embarqué exécutant en local des modèles d'intelligence artificielle.

➔ Le tout dans un équipement robuste, industriel, régulé en température pour fonctionner 7j/7j



DÉTECTER

Détection automatique IA

Réseau Faster R-CNN entraîné sur jeu de données industriel, performance qualifiée.

250 images d'entraînement et 50 images de test

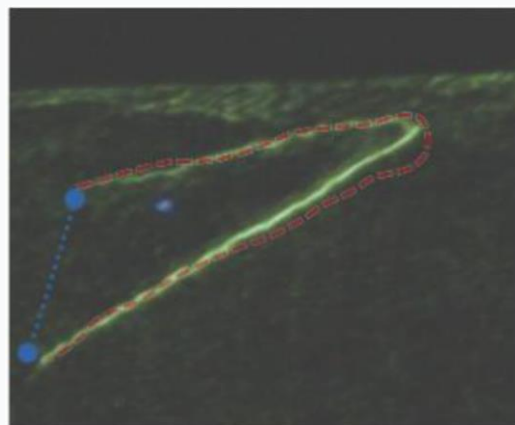
Diversité des pièces est volontairement large : pièces forgées, moulées, usinées, soudées, avec indications de type fissure, retassure, défaut de forgeage ou défaut induit par contrainte mécanique durant son cycle de vie .



MESURER

Mesure dimensionnelle 3D

Longueur en mm sur surfaces complexes, indépendante de la distance pièce/caméra.

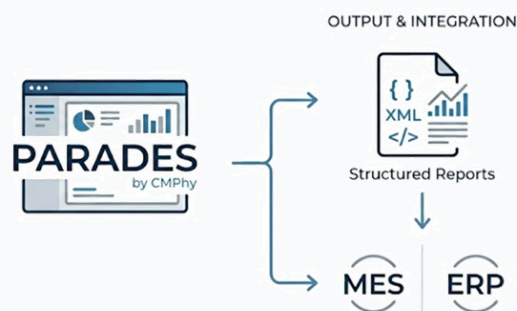
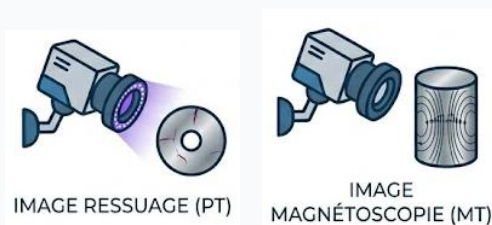


- ... ● Defect length measure (bird's eye)
- - - Defect length measure (path)
- Defect

HISTORISER

Traçabilité native

Acquisitions et rapports historisés au format structuré (compatible MES/ERP).



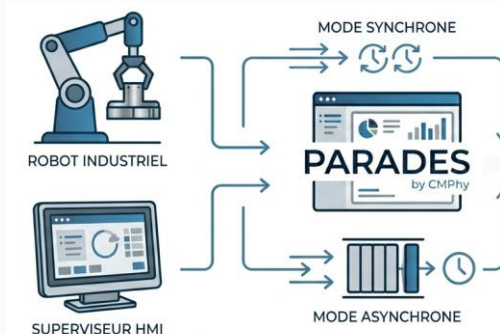
INTÉGRER

Pilotage par API

Intégration en ligne via robot ou superviseur,

Mode synchrone → Le robot envoie une image à PARADES et **s'arrête** tant qu'il n'a pas reçu le résultat du contrôle.

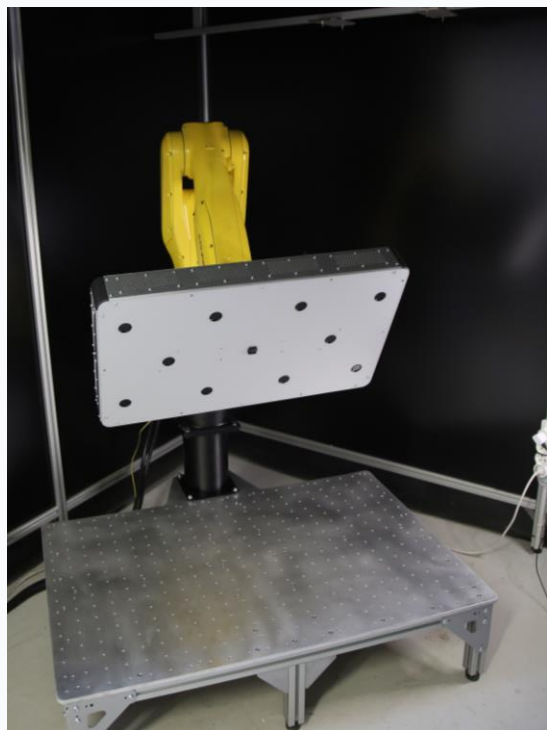
Ou asynchrone. Le robot envoie l'image dans une file d'attente (un "buffer") et **continue son travail**



Deux formats, un même cœur technologique

Maxi pour les lignes de production, Mini pour les contrôles ponctuels et terrain

PARADES Maxi



Tête de vision tout-intégrée

Alimentation, calculateur, éclairage UV 365nm et caméras dans un boîtier unique.

Grande surface d'inspection

600 × 400 mm en une vue, jusqu'à 800 × 1200 mm en 4 prises.

Automatisation par robot via API

Idéal pour intégration en ligne de production
CND : banc, machine champ tournant

→ *Conçu spécifiquement pour contrôler de grande surface rapidement ou un lot de pièces positionnées sur palette*

Pièces en série, grandes surfaces planes

PARADES Mini



Tête de vision déportée

Tête avec éclairage UV 365nm/caméras + boîtier électronique séparés pour grande maniabilité avec calculateur, écran et clavier

Format compact

Surface 300 × 400 mm — pièces de petite et moyenne taille / **IP54** = protection contre la poussière + éclaboussures d'eau

Contrôles ponctuels et terrain

Adapté aux interventions en zone d'accès restreint.



Contrôle terrain, zones difficiles d'accès, transportable, robuste, maniable

369 nm

Pic spectral

Cible 365–370 nm

11 nm

FWHM

< 20 nm requis

> 1500

$\mu\text{W}/\text{cm}^2$

Sur 600 × 400 mm

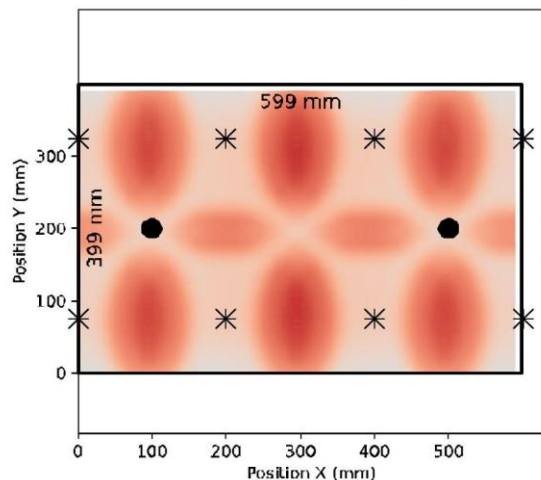
100 %

Surface conforme

Validée par mesure

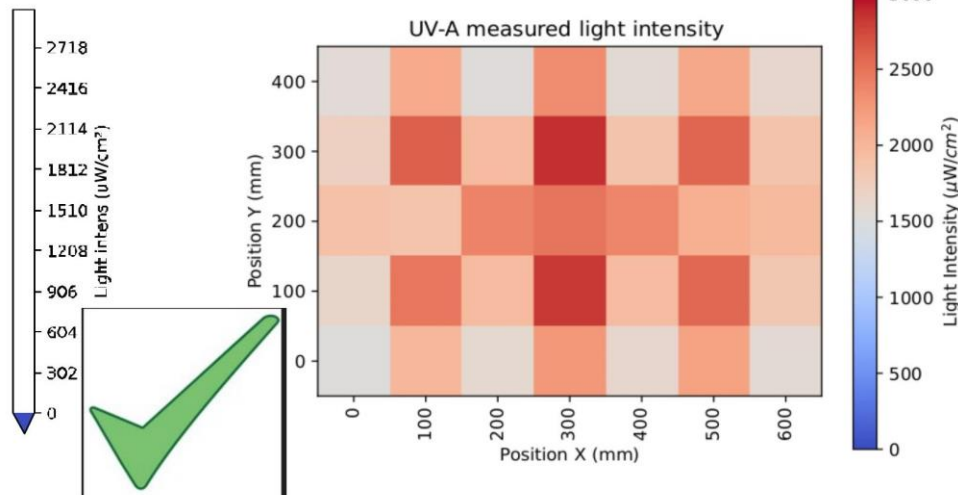
Irradiance simulée

UV Light intensity ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) - 100.0%
† Apollo Spot | ◦ Apollo Flood



Irradiance mesurée (Pfinder UVLuxCHECK)

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



Qualification spatiale par simulation et mesure

Méthodologie de qualification

1. Caractérisation spectrale

Spectromètre calibré Hamamatsu (rés. 1 nm)

2. Caractérisation angulaire LEDs

Banc dédié, radiomètre Pfinder UVLuxCHECK

3. Simulation propriétaire

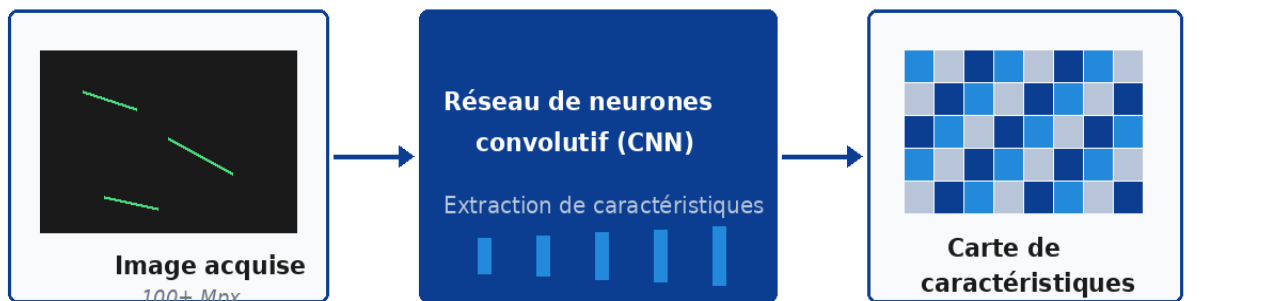
Optimisation automatique du placement LEDs

4. Validation expérimentale

Mesure sur grille 600 × 400 mm

➔ Logiciel de simulation d'éclairages UV intégré au logiciel PARADES

ÉTAGE 1 — EXTRACTION DE CARACTÉRISTIQUES



utilise la même carte

ÉTAGE 2 — DÉTECTION & CLASSIFICATION



L'architecture en deux étages — proposer largement, puis filtrer finement — est la clé de la performance sur les indications de très petite taille.

Pourquoi Faster R-CNN ?

Le défi

Détecter des indications représentant $1/10\,000^{\text{e}}$ de la surface d'image, sur 100+ Mpx.

Le choix

Architecture à deux étages : proposer largement, puis filtrer finement est la clé de la performance sur les indications de très petite taille

Architectures écartées : YOLO (manque de finesse) et DETR (sensibilité aux variations résiduelles d'éclairage).

Apprentissage industriel

- 1) On part de l'IA développée avec un large panel de pièces et type d'indication
- 2) Données acquises avec PARADES, l'opérateur annote les indications non repérées par l'IA + multiplication des images par rotation/symétrie
→ on spécialise l'IA / réseau de neurones pour un panel / type de pièce

- Réseau de neurones spécialisé et dédié à une typologie de pièces et panel de défaut
- Spécialisation de l'IA comme un contrôleur plus expérimenté

91 %

Probabilité de détection

Sur 100 défauts présents, 91 sont détectés

0,42

Faux positifs par image

≈ 1 fausse alerte toutes les 2-3 images

0,92

mAP

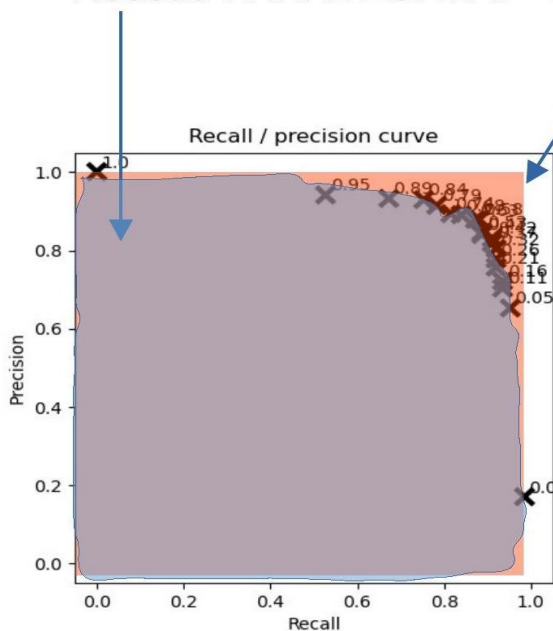
Sur 1,00 — proche de la performance idéale

< 1 mm

Erreur mesure 3D (MAE)

Sur étalons 20 / 30 / 50 / 60 mm

Réseau PARADES: mAP=0,92*



Réseau parfait (mAP=1)

PoD vs mAP

Le PoD (Probability of Detection) est la performance à un réglage donné. Le mAP (mean Average Precision) mesure la qualité globale du modèle, tous réglages confondus.

Réglage privilégiant la sensibilité

Mieux vaut une fausse alerte ponctuelle (supprimée en un clic) qu'un défaut manqué.

Mode assistif

La décision finale revient toujours au contrôleur certifié COFREND.

Une fausse alerte se supprime en un clic — sans conséquence sur la qualité du contrôle.

Un défaut manqué serait, lui, beaucoup plus pénalisant. Le réglage privilégie volontairement la sensibilité.

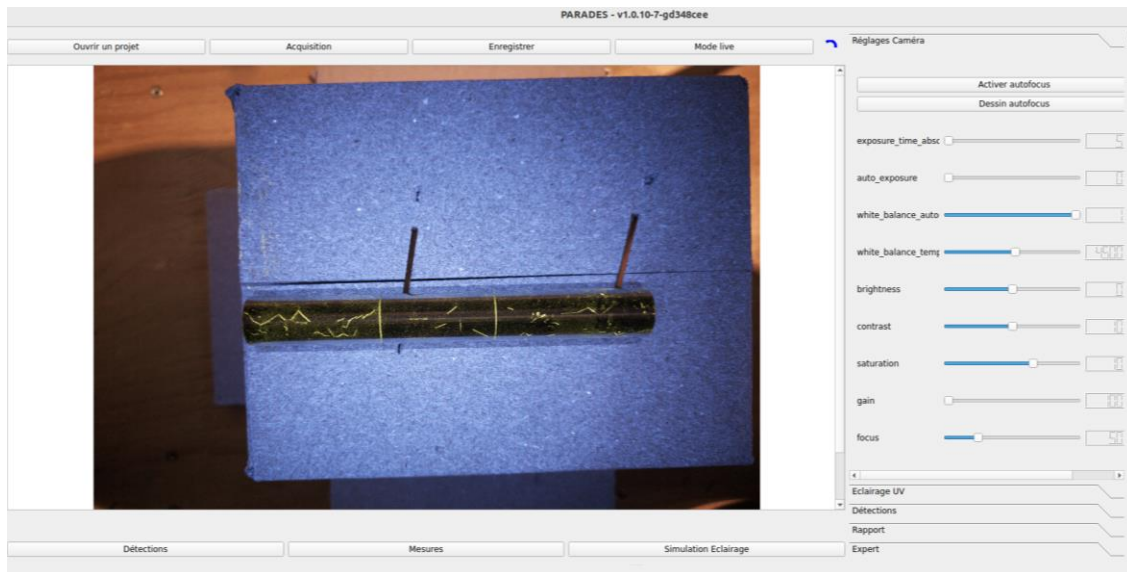
Mesure dimensionnelle 3D

Longueur réelle en millimètres, indépendamment de la géométrie de la pièce

1

Tracé opérateur 2D

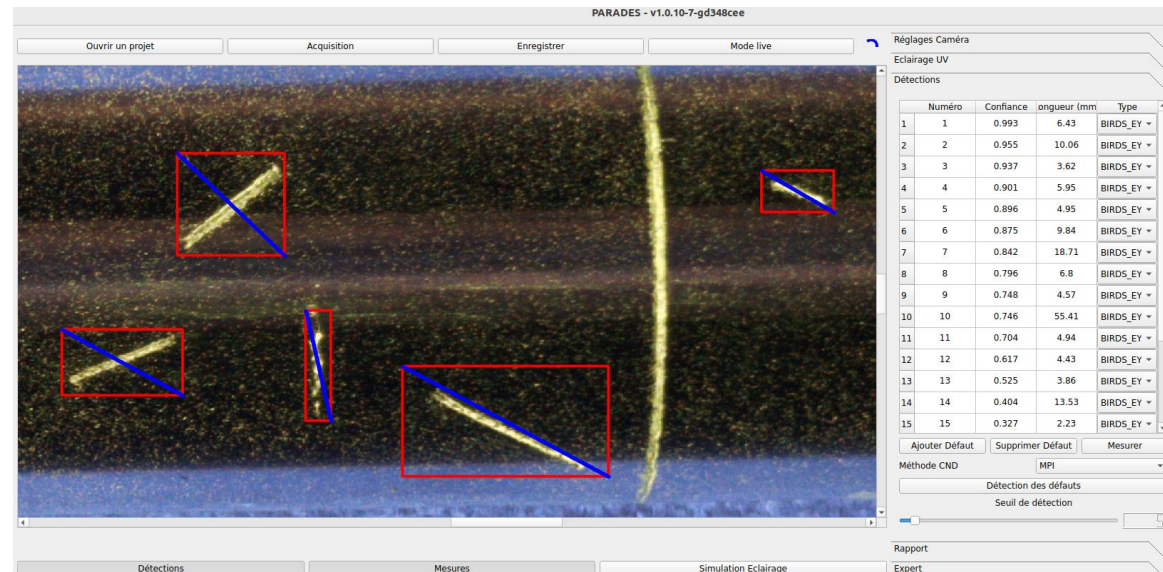
Le contrôleur trace l'indication sur l'image acquise, en quelques clics.



2

Reconstruction 3D

Chaque point du tracé est remplacé dans l'espace réel grâce au capteur de profondeur.



3

Mesure euclidienne

La longueur est calculée dans le repère réel — pas dans l'image — en millimètres.

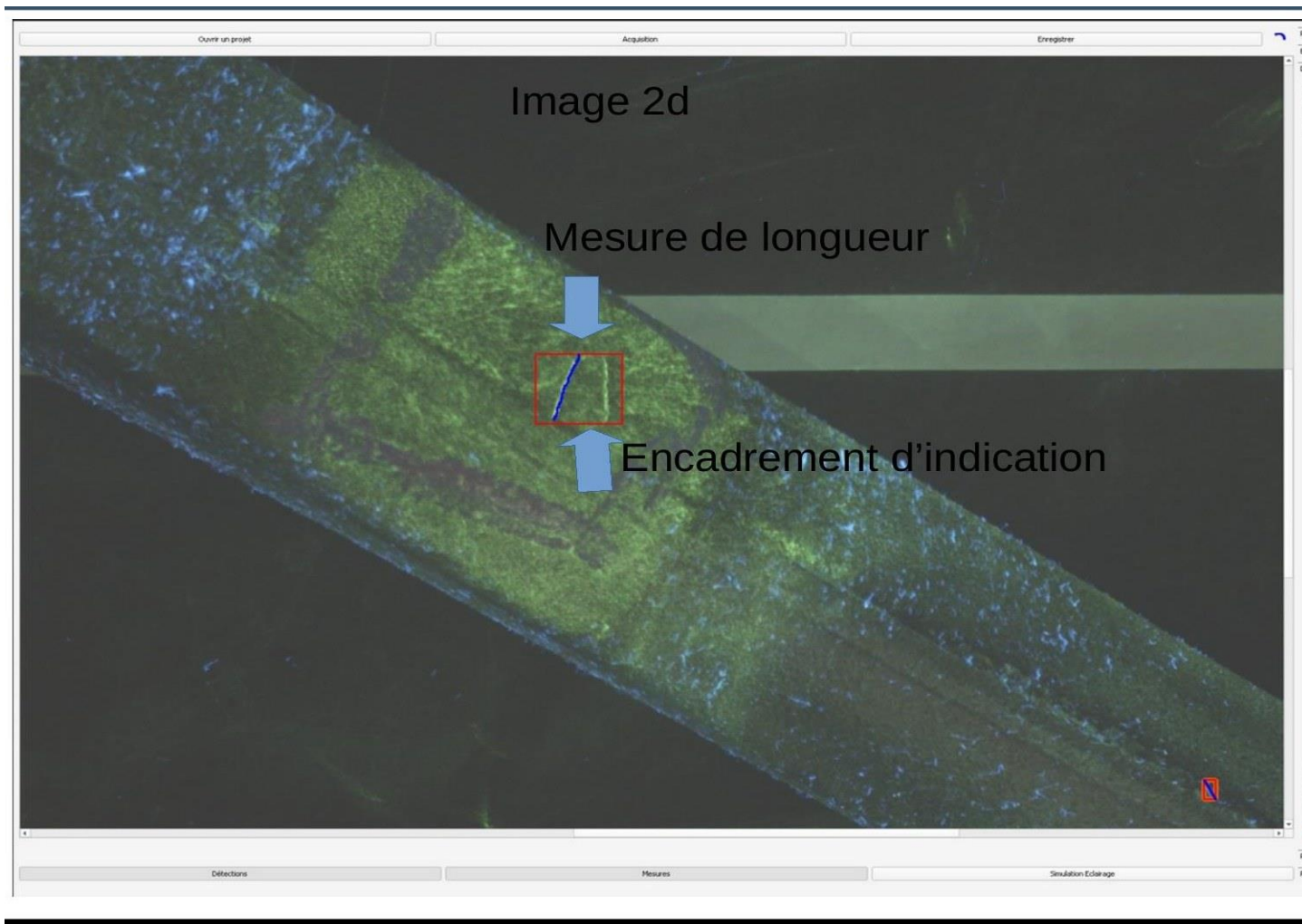
Qualification métrologique

Étalon	20 mm	30 mm	50 mm	60 mm	Erreur globale
MAE	< 1 mm	< 1 mm	< 1 mm	< 1 mm	< 1 mm
Erreur relative	0 – 6 %	0 – 5 %	0 – 3 %	0 – 2 %	≤ 6 %

Cahier des charges atteint : MAE visée < 1 mm sur surfaces courbes — conforme aux exigences industrielles



CMPhy
MESURES PHYSIQUES



Interface PARADES — image acquise, indications encadrées, mesure

Capacités logicielles

Acquisition & détection IA

Image 2D + carte 3D, encadrement automatique des indications

Mesure interactive

Mode vol d'oiseau ou tracé curviligne, longueur en mm

Gestion de projet CND

Arborescence par pièce, lot, opérateur, équipement

Génération de rapports

Format structuré, compatible MES / ERP

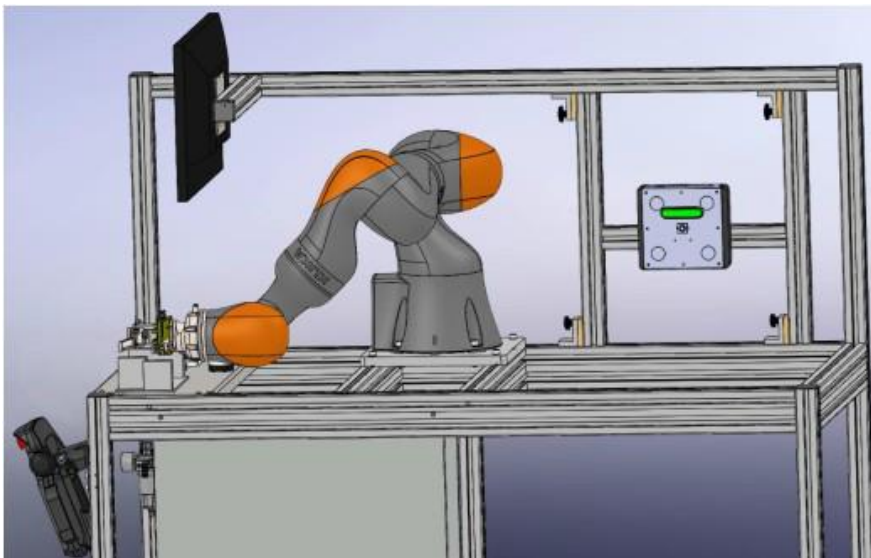
Modes synchrone & asynchrone

Acquisition en zone confinée, analyse à distance

Multi-plateforme & API

Linux, Windows, macOS — pilotage par robot ou superviseur





*Pièces en mouvement devant le système
Système de vision PARADES est fixe*



*→ Pièces à haute exigence qualité,
série, certification aéronautique*



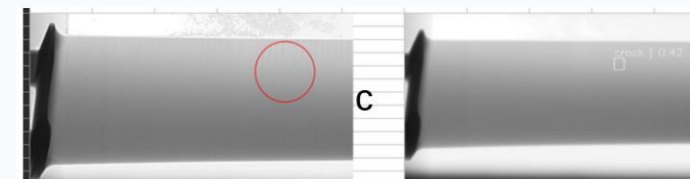
Performances en conditions réelles

Ressuage

PoD : 79 % — en progression continue

Radiographie numérique

PoD : 90 % • Faux positifs : 0,27 / image



Intégration

Pilotage par robot collaboratif via API

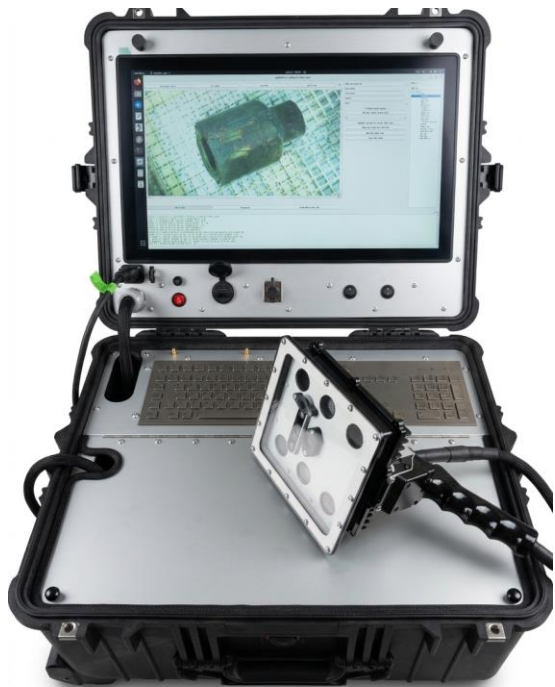
Bénéfice industriel

Cycle automatisé, traçabilité native,
opérateur valorisé sur les cas litigieux

*Aubes de turbine moteur — intégration sur
poste robotisé*

Cas d'application — Hydraulique

Magnétoscopie sur pièces de grandes dimensions, en environnement atypique



Intervention sous turbine, environnement humide et exigu

Adaptations dédiées

Indice IP54 — protection contre la poussière et les projections d'eau

Support mécanique répétable — positionnement reproductible sur zones d'accès difficile

Version « tout terrain » — système monté sur véhicule 4x4 pour interventions sur site

Qualification fonctionnelle

Cible de détection

Indications longueur 6 mm • profondeur 1,5 mm

Cadre normatif

Démarche conforme au fascicule européen **CEN/TR 14748**
Méthodologie reconnue pour qualifier formellement une méthode CND

Bénéfice industriel

Contrôle en zone confortable, mesures objectives et historisées



AXE 1 — Plateforme logicielle multi-méthodes CND

Modules dédiés par méthode

Ressuage (PT) — Magnétoscopie (MT) — Radiographie numérique (RT) — Contrôle Visuel (VT)

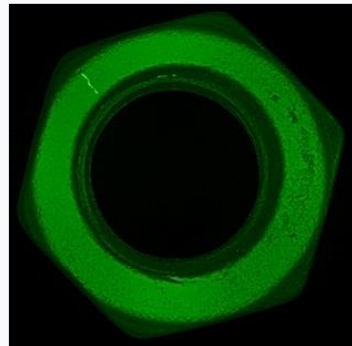
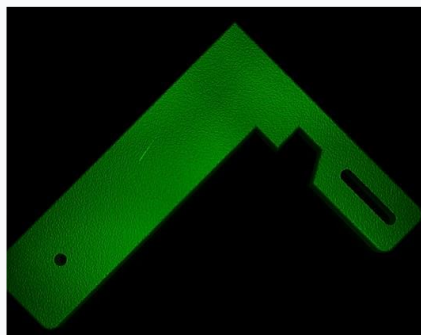
Modèle IA pré-entraîné

Socle « prêt à l'emploi » dès la mise en service, panel de pièces représentatif.

Spécialisation par l'industriel

L'utilisateur annote ses propres clichés et déclenche un ré-entraînement sur ses pièces. Le détecteur devient de plus en plus performant au fil de l'usage, tout en restant la propriété du client.

PARADES Simu : À partir d'un modèle CAO ou d'un scan 3D de pièce, il est possible de paramétrer la rugosité de surface, la texture, d'insérer des défauts artificiels issus d'une bibliothèque, puis de simuler l'éclairage UV-A et la fluorescence induite



AXE 2 — Robotisation autonome & next best view

Robot 6 axes

Mobilité étendue — accessibilité aux géométries complexes.

Stratégie next best view

À partir d'une pièce inconnue, le système décide lui-même des meilleures prises de vue : éclairage, distance, angle, accessibilité.

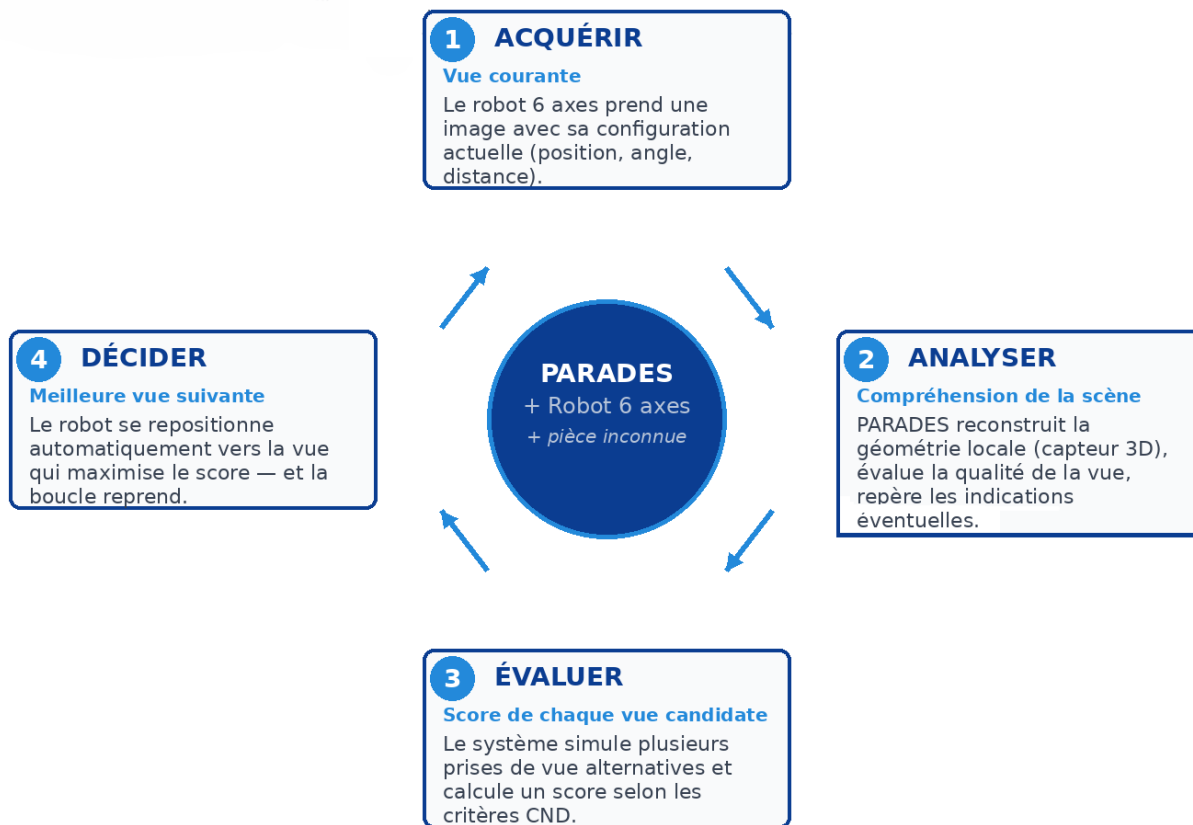
Pièces de grandes dimensions

Jusqu'à 4–5 m sur rail ou base mobile. Stratégie en 2 passes : balayage rapide, puis investigation locale fine sur les zones suspectes.



Next Best View — focus

La logique de prise de vue autonome appliquée aux contrôles MT et PT



Pourquoi c'est important

Reproduire le savoir-faire du contrôleur

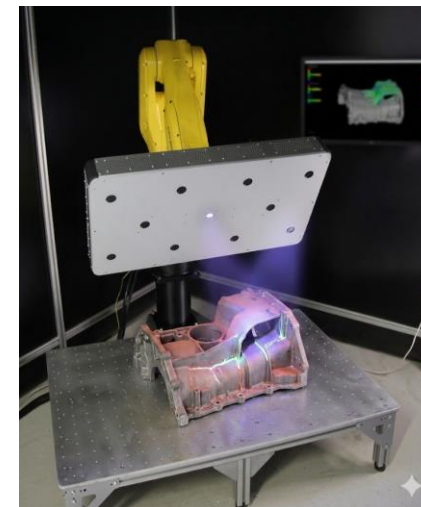
Les critères de qualité d'une prise de vue MT ou PT sont bien connus des contrôleurs certifiés. PARADES les encode dans son algorithme de décision.

Contrôler une pièce inconnue

Pas besoin de programmation préalable : le système découvre la géométrie en temps réel et adapte sa trajectoire.

Contrôle exhaustif garanti

Le critère de recouvrement assure qu'aucune surface n'est oubliée — y compris les zones complexes (congs, raccords, contre-dépouilles).



Les critères évalués pour chaque vue candidate

Exactement ceux qu'un contrôleur certifié appliquerait — encodés dans l'algorithme

INTENSITÉ UV-A

≥ 1500 μW/cm²

Validée sur la zone visée (simulation 3D)

DISTANCE

Plage utile

Caméra à la bonne distance — ni trop près, ni trop loin

ANGLE DE VUE

Quasi-normal

Limite reflets et indications perdues en biais

ACCESSIBILITÉ

Trajectoire libre

Vérifie congés, zones d'ombre, collisions robot

RECOUVREMENT

Zones non vues

Priorise surfaces non couvertes par la caméra



Et si vous testiez PARADES sur vos pièces ?



Démonstration sur site, prêt de matériel, étude de faisabilité sur pièces réelles, codéveloppement

CONTACT

CMPhy — 32 allée Maria Chambefort, 71530 VIREY LE GRAND
contact@cmphy.fr • +33 3 85 47 47 20
www.cmphy.fr

PARTENAIRES

ImViA — Université de Bourgogne
Soutien ANR France Relance
Cluster HPC GENCI / IDRIS