

Titre : Robotisation et Numérisation pour la Magnétoscopie et le Ressuage

Arnaud PELLETIER ¹ – Augustin CREPEAU ¹ - Jules LEMOND ¹ - Patrick MARQUIE ² – Julien BAUMEYER ² - Hermine CHATOUX ²

¹CMPHY, 26 Rue Paul Sabatier, 71530 Crissey, France;

²Laboratoire ImViA Dijon, 64 Rue Sully, 21000 Dijon, France
Corresponding author, E-mail : arnaud.pelletier@cmphy.fr

Résumé

Dans le cadre du développement des END automatisés et au travers un programme de recherche ANR, CMPhy en collaboration avec le laboratoire ImVia ont développé des équipements permettant la robotisation et la numérisation pour les contrôles par Magnétoscopie (MT) et le Ressuage (PT).

Ces opérations se font tout au long du procédé de contrôle à savoir :

- Une chambre automatique de magnétisation sans contact et de pulvérisation de liqueur magnétique fluorescente (MT),
- Un système de prise de mesures auto régulé du niveau d'excitation magnétique (MT) et de l'intensité d'éclairage Ultraviolet (MT et PT),
- Une tête de vision robotisée via un bras 6 axes motorisés intégrant un traitement automatique des clichés par apprentissage (DeepLearning) et dimensionnement automatique des défauts (MT et PT),

Cette robotisation couplée à la numérisation des clichés et l'utilisation d'algorithmes d'analyse d'images (IA) permet de fiabiliser le contrôle, de mémoriser et de classer l'information. Elle permet également d'améliorer la probabilité de détection des défauts (moins de fatigue visuelle pour l'opérateur).

Le système permet la détection et le dimensionnement des défauts, leur intégration à un PV de contrôle accompagné des paramètres de magnétisation et d'éclairage. Le PV est ensuite validé par un opérateur certifié COFREND puis stocké dans une base de données.

Les différents clichés analysés correspondant à un large panel d'indications comprenant des défauts ou d'autres artefacts comme de la rétention de produits, des rayures, une poussière, sont numérisés et enregistrés. Ils permettent « d'alimenter » le logiciel de traitement d'images et ainsi d'améliorer sa capacité de détection des indications, leur classification et dimensionnement.

1. Introduction

Les deux principales méthodes de contrôle surfacique utilisées dans l'industrie sont le Ressuage (Penetrant Testing) et la Magnétoscopie (Magnetic Testing).

En se référant aux fascicules des formations existantes et aux normes AFNOR NF EN ISO 3452(PT) et 9934 (MT) [1], ces méthodes ont au final assez peu évoluées aux niveaux des équipements les composants.

Les principales innovations se situent au niveau des produits chimiques utilisés de façon à les rendre plus éco-responsable avec notamment des gammes de produits biodégradables et avec des inhalations limitées de vapeurs et substances volatiles.

CMPhy au travers ces travaux de recherche et développement souhaite apporter des évolutions technologiques à ces méthodes en lien avec les avancées actuelles en mécatronique/robotique, électronique de puissance, vision industrielle, capteurs & outils de mesures, numérisation des données, traitement d'images et IA associée.

Les objectifs de ces apports technologiques sont de :

- Faciliter ces opérations de contrôles, notamment au niveau de leur mise en œuvre pour les rendre moins contraignantes
- Redonner de l'attractivité à ces postes de contrôleurs en apportant de la modernité technologique
- Apporter un support à la l'opérateur sur les opérations de mesures, de contrôle visuel et de mesures des indications
- Permettre la numérisation des données de contrôle et du résultat visuel afin d'avoir une meilleure traçabilité des pièces inspectées
- Donner des outils pour la création de base de données et la mise en place d'outil de Deep Learning

2. Chambre automatique de magnétisation sans contact et de pulvérisation de liqueur magnétique

Les opérations de magnétisation en contrôle par magnétoscopie sur banc fixe, électroaimant ou générateur mobile peuvent être longues et fastidieuses. Parfois elles

nécessitent également de nombreuses opérations de manutention des pièces qui peuvent s'avérer massives et représenter un risque pour l'opérateur.

Les champs magnétiques générés peuvent également être élevés dans le cas de magnétisation avec des circuits magnétiques ouverts type bobine, solénoïde, nécessitant de respecter les normes d'expositions des travailleurs, Directive Européenne 2013/35/UE [2].

Afin de limiter l'exposition du personnel aux champs magnétiques et de faciliter les opérations de contrôles, il est possible de réaliser la pulvérisation de liqueur magnétique et la magnétisation au sein d'enceinte fermée, figure 1.

Ces enceintes appelées chambre permettent :

- La pulvérisation de la liqueur magnétique de façon automatisée et sécurisée avec une récupération du produit et fonctionnement en circuit fermé avec dosage automatique de la concentration de la liqueur
- La magnétisation sans contact par champ magnétique tournant 3D afin de détecter l'ensemble des défauts en une seule opération
- La magnétisation à très basse fréquence entre 5 et 10Hz, limitant la consommation en énergie, améliorant le contraste de l'indication et permettant à l'opérateur de travailler de façon sécurisée

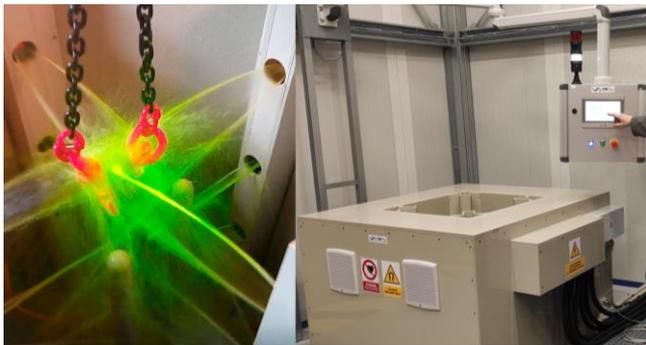


Fig 1 – Chambre de magnétisation 3D, fréquence 5 à 10Hz avec Pulvérisation de liqueur magnétique automatique

Ces chambres de magnétisation, démagnétisation peuvent se présenter sous différentes formes afin de s'adapter aux dimensions et géométries des pièces, figure 2.

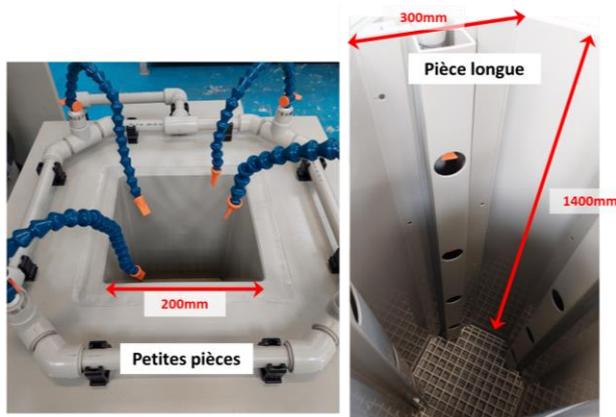


Fig 2 – Chambres de magnétisation, démagnétisation

Elles peuvent également se présenter sous forme de moyen de contrôle déporté pour des pièces types dentures, pistes, figure 3.

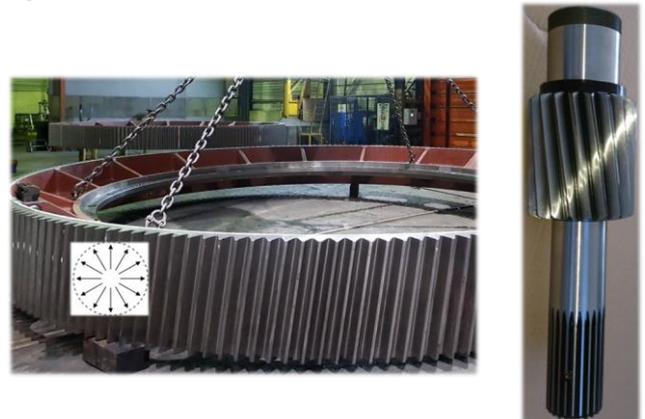


Fig 3 – Tête de magnétisation déportée pour dentures

Elles comportent soit :

- Un système de magnétisation multipolaires avec plusieurs « masses magnétiques » générant des lignes de champs magnétiques dans plusieurs directions simultanément. Ce type de système est à privilégier lorsque l'on souhaite magnétiser une surface donnée. Les matériaux utilisés pour les pôles ont des perméabilités magnétiques très élevées à basse fréquence ($\mu_r > 50\,000$) afin de favoriser la pénétration des lignes de champs magnétiques dans la pièce à contrôler et limiter les champs de fuites.
- Un ensemble d'enroulements en conducteur électrique cuivre ou aluminium permettant d'obtenir 3 directions possibles du champ magnétique. Ce mode de magnétisation permet de travailler sur des volumes importants de pièces allant de 200x200x200mm jusqu'à 1300x1300x1300mm.

Ces différents circuits peuvent être déphasés afin de générer un vecteur magnétique tournant.

Ces chambres comportent un ensemble de rampes de pulvérisation munis de buses orientables permettant d'asperger complètement la pièce de la liqueur magnétique.

L'ensemble de pulvérisation est relié à une station gérant la quantité (détecteurs de niveau) et la qualité de la liqueur magnétique de façon automatique par prélèvement et analyse automatique de la concentration en particules via un ensemble de mesures optiques, voir figure 4 ci-dessous.



Fig 4 – Mesure optique de la concentration en particules

3. Système de prise de mesures autorégulé

Les contrôles par Magnétoscopie et Ressuage nécessitent la mesure d'un certain nombre de grandeurs pour s'assurer des bonnes conditions opératoires permettant la détection des indications.

Les principales mesures réalisées sont celles du champ magnétique en surface de la pièce (MT), les mesure de lumière blanche (380-780nm selon la norme NF C 42 710) et de lumière Ultraviolet (365nm) (MT et PT), ainsi que de la température (produit MT et PT), voir exemple d'appareil avec sondes branchables figure 5.



Fig 5 – Mesureurs de champ magnétique et lumière UV/Lux portatif

Ce type de mesureur nécessite d'être à proximité des pièces. Dans certains cas des sondes avec cannes peuvent être mises en place, voir figure 6, mais cela ne s'avère pas suffisant pour éloigner l'opérateur des zones d'expositions au champ magnétique, lumière Ultraviolet et produit chimique permettant le contrôle.



Fig 6 – Mesureurs de champ magnétique avec sonde munie d'une canne

Dans le cadre de ces développements machines, CMPhy a implanter des réseaux de sondes de mesures au sein d'installations de contrôle par magnétoscopie et ressuage.

Un ensemble de cartes d'acquisition a été conçu afin de faire fonctionner un large panel de sondes de mesures : champ magnétique, lumière (photo diodes avec plusieurs longueurs d'ondes de mesures pour lumière blanche et UV 365nm), température, humidité. Les cartes sont ensuite intégrées à des ensembles industriels (armoire ou rack), voir figure 7.

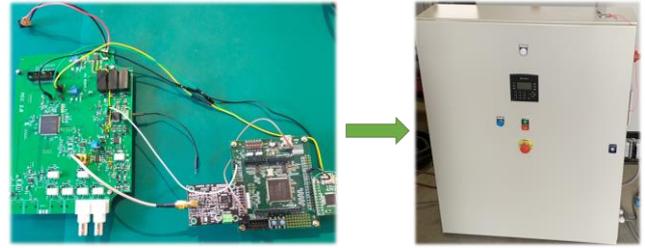


Fig 7 – Station de mesures et d'acquisitions des données de contrôle

Les sondes peuvent se présenter sous plusieurs formes. Tous d'abord, il peut s'agir d'un réseau de sondes pour effectuer une cartographie complète sur une pièce, c'est le cas pour la mesure de champ magnétique.

L'installation de contrôle dispose d'un réseau de sondes de mesures du champ magnétique tangentiel 2 axes disposées à la surface de la pièce. Cela permet d'obtenir une cartographie complète de pièce lors du contrôle et ainsi optimiser l'équilibrage des champs magnétiques dans le cas d'une utilisation avec une chambre à magnétisation tournante 3D. Les sondes étant implantées et fixées temporairement sur la pièce, l'opérateur n'a plus à être dans la zone de magnétisation. La lecture des valeurs d'excitation magnétique se fait de façon déportée sur un écran de contrôle, voir figure 8.

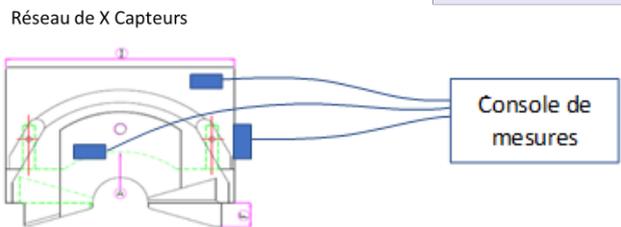


Fig 8 – Station de mesures et d'acquisitions des données de contrôle

Les capteurs peuvent également être implantés dans différentes zones de la chaîne de contrôle, c'est le cas pour des capteurs de lumière et de température. Les capteurs sont en règles générales durcis pour être intégrés à des ensemble complet et facilement accessibles pour leur maintenance et étalonnage.

Dans le cas d'une installation de contrôle par ressuage, les différents postes composant la ligne peuvent être instrumentés.

L'ensemble des capteurs de mesures fonctionnent en réseau et sont reliés à un système type data logger intégrant l'ensemble des données de contrôle, figure 9.

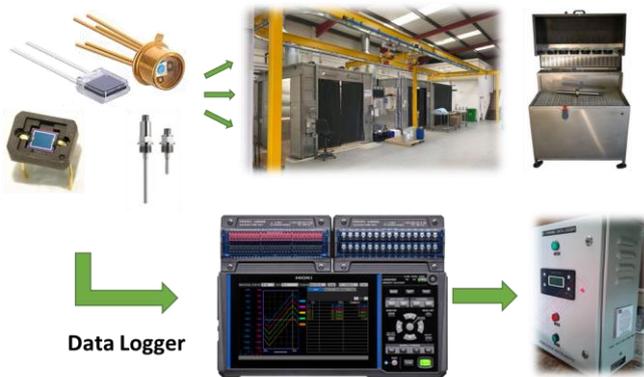


Fig 9 – Intégration de capteurs de lumière et température

L'enregistrement de ces données permet à tout moment de vérifier les bonnes conditions de réalisation des contrôles Ressuage et Magnétoscopie, de les fiabiliser et d'avoir une traçabilité complète des opérations.

En cas d'anomalie, à savoir des seuils non respectés, le module d'acquisition en informe l'opérateur via l'armoire de commande principale.

4. Robotisation des moyens de contrôles par Magnétoscopie

L'utilisation de chambre de magnétisation 3D permet de les intégrer aisément à des lignes de production robotisées et automatisées.

En effet ce mode d'aimantation étant sans contact, il suffit simplement de disposer la pièce dans la zone de magnétisation et laisser le cycle de contrôle se réaliser.

Le moyen de contrôle peut aisément communiquer via une table d'échange avec l'automate gérant une ligne de fabrication de pièce par exemple (usinage) ou de traitement de surface, voir exemple figure 10.



Fig 10 – Chambre de magnétisation 3D intégré à une ligne de traitement de surface

La magnétisation par chambre permet de contrôler un grand nombre de pièce avec des cadences élevées (1 cycle toutes les minutes) avec un pilotage entièrement déporté de l'opérateur qui réalisera uniquement l'inspection en cabine au noir avec éclairage Ultraviolet 365nm, figure 11.



Fig 11 – Cabine de contrôle sous UV 365nm avec pilotage machine déporté

Le contrôle par séquence via un électroaimant ou une tête de magnétisation embarquée sur bras robot 6 axes peut également être envisagé afin de limiter les opérations fastidieuses de magnétisation croisée, illustration en figure 12.

De plus une fois une séquence de contrôle mémorisée le bras robotisé réalisera les opérations de magnétisation successives sans erreurs, ni oublis. En effet le contrôle par électroaimant peut être à la fois complexe, répétitif et musculairement fatiguant (poids 2.5 à 3.5kg fonction de leur taille).

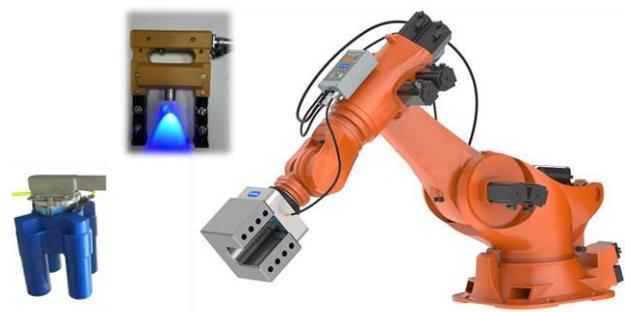


Fig 12 – Bras robot 6 axes instrumenté avec une tête de magnétisation

Cela diminue également fortement les postures inconfortables lors d'un contrôle à l'électroaimant et les troubles musculosquelettiques que cela peut entraîner à moyen terme.

5. Tête de vision robotisée

Les opérations d’inspection visuelle après un contrôle par Magnétoscopie (MT) ou par Ressuage (PT) à l’aide de produit fluorescent s’avèrent contraignantes de part :

- L’environnement en cabine au noir avec éclairage Ultraviolet pouvant entrainer rapidement une fatigue visuelle et de l’inconfort. L’opérateur doit également prendre des précautions pour ne pas s’exposer à des intensités UV élevées de façon trop régulière.
- L’odeur des produits chimiques utilisés qui nécessitent soit des EPI adaptés ou bien des moyens d’aspirations conséquents et parfois bruyant.

Une des solutions pour diminuer cette pénibilité et rendre les opérations d’inspections visuelles plus confortables pour l’opérateur est d’utiliser un moyen de vision intégrer à la cabine de contrôle et ainsi permettre de déporter l’opérateur.

Dans le cadre du projet collaboratif PARADES, CMPhy et le laboratoire ImVia ont développé un outil de vision automatisé et complètement évolutif.

a. Système de vision PARADES v1.0

Un premier système prototype a tout d’abord été développé et fabriqué afin d’évaluer les possibilités techniques actuelles en termes d’éclairages à LEDs UV 365nm embarqués, de capteur optique et d’électronique de numérisation, traitement et transfert de flux d’images et vidéos.

La tête de vision intègre une caméra haute résolution 60MP, des filtres adaptés aux contrôles sous Ultraviolet, un ensemble de 4 Leds UV 365nm, une unité de traitement et de contrôle de l’ensemble. Le tout est embarqué sur un robot 6 axes pour permettre la mise en mouvement de l’ensemble et un scan visuel automatisé des pièces contrôlées, voir figure 13.

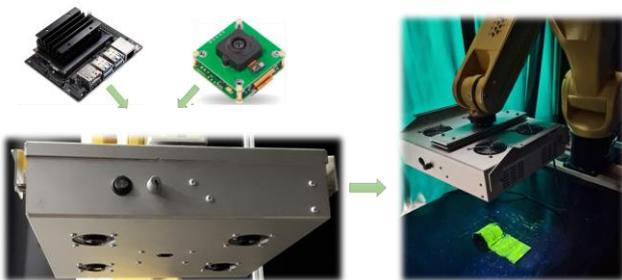


Fig 13 – Système de Vision PARADES v1.0

Ce premier prototype de vision permet de couvrir une zone de contrôle de 285x155mm avec une intensité UV homogène supérieure à 1500µW/cm² permettant d’obtenir des images de qualité avec des défauts facilement repérables sur un écran de contrôle de résolution adaptée à la caméra et à la taille des défauts recherchés, voir figure 14. Le système est utilisable à la fois pour le contrôle par Magnétoscopie et par Ressuage.

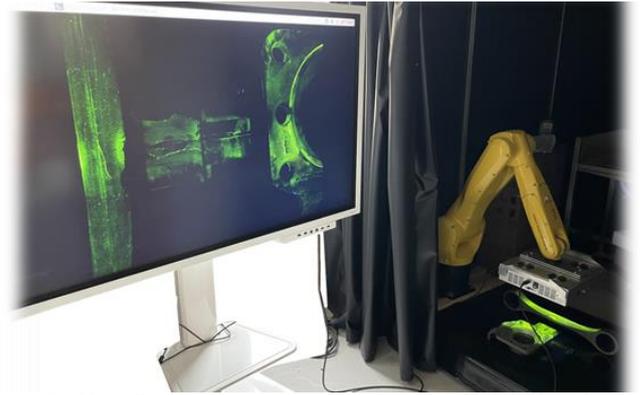


Fig 14 – Diffusion de l’image sur un écran de contrôle 3840x2160 Pixels

Le système PARADES v1.0 offre la possibilité d’enregistrer des clichés de haute qualité des pièces, de réaliser un traitement d’image manuel permettant un seuillage des niveaux de couleurs (a) et une détection des indications par le logiciel avec approbation ou non par l’opérateur (b), voir figure 15 – contrôle en MT.

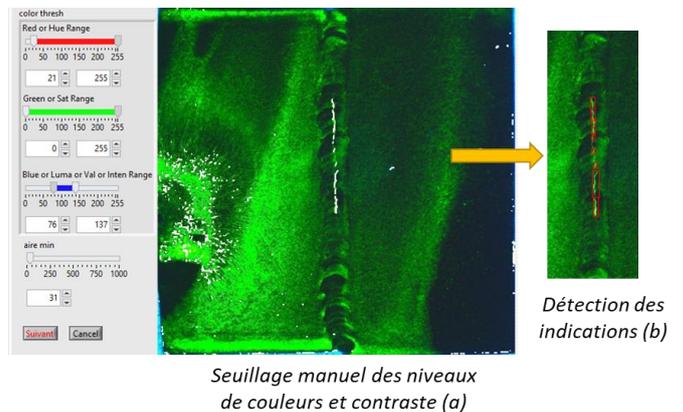


Fig 15 – Détection d’une fissure sur un assemblage soudé en magnétoscopie

Le système permet d’intégrer ces clichés, traitement visuel et dimensionnement des indications à un PV présentant toutes les données du contrôle, l’opérateur, les références de pièces, les mesures de lumière etc, voir figure 16.

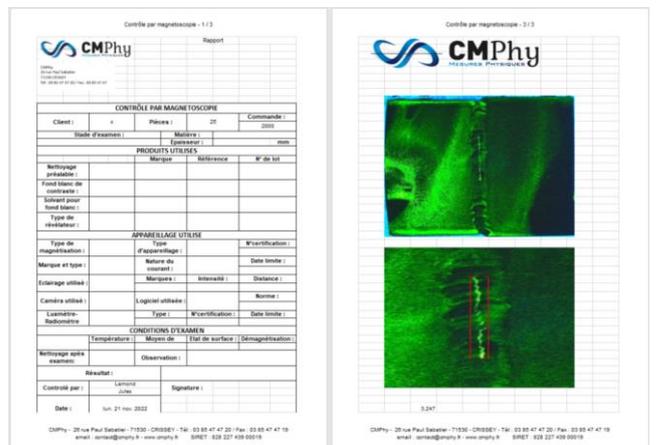
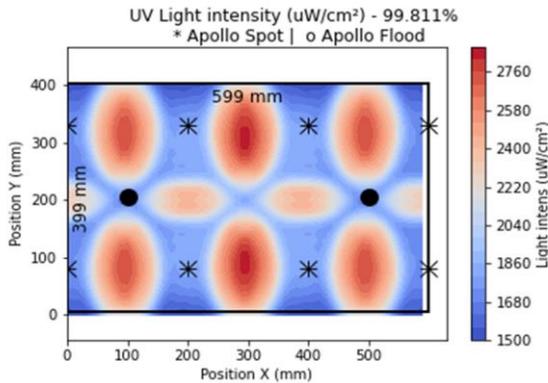


Fig 16 – PV de contrôle d’une installation de magnétoscopie intégrant la prise d’image, traitement et dimensionnement des indications

b. Système de vision PARADES v2.0

Un deuxième système prototype a été réalisé selon le cahier des charges et des spécifications techniques industrielles suivantes :

- Zone de contrôle visuel de dimensions 600x400mm avec une intensité UV 365nm supérieure à 1500µW/cm² pour une distance capteur optique – surface de la pièce de 500 mm :



L’objectif étant de contrôler une zone correspondant à la surface d’une palette Europe en 4 prises de vue soit au totale une zone de contrôle de 1200 x 800mm.

- Taille minimales des indications à détecter : longueur de défaut 1mm et largeur de défaut 50µm
- Masse de la tête de vision inférieure à 10kg
- Inclus un système de refroidissement des Leds UV, capteur optique et du PC intégré pour un fonctionnement en continu
- Boîtier de protection IP54

Pour répondre à ces spécifications, la tête de vision se compose cette fois-ci d’un ensemble de 10 Leds UV avec des optiques de faisceau lumineux spécifiques pour couvrir la zone de contrôle, d’une caméra 100 MP avec une optique adaptée, d’une console de pilotage à distance et d’un ordinateur permettant d’intégrer un logiciel avec outils de Deep Learning et traitement d’image par IA, voir figure 17.

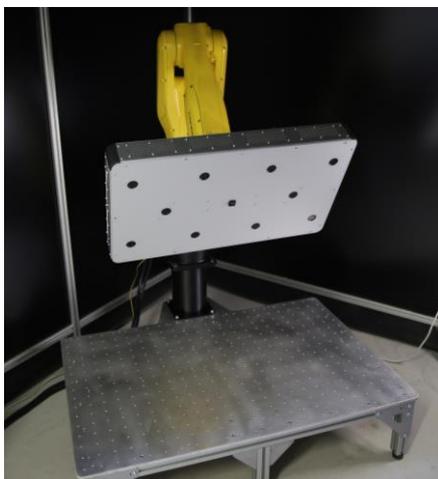
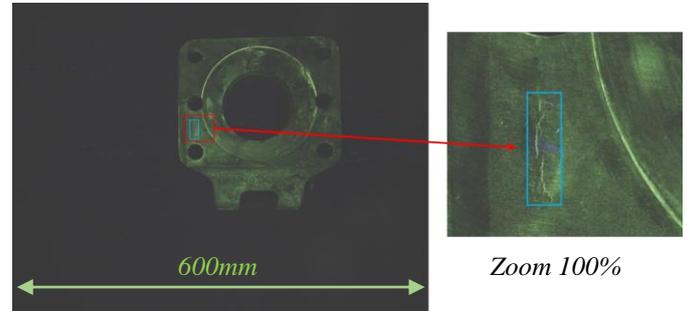


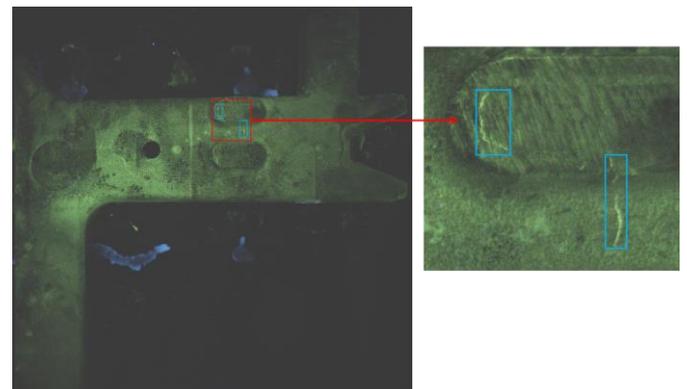
Fig 17 – Système de vision PARADES v2.0

La résolution de la caméra réalisant les prises d’image ainsi que les optiques et filtres utilisés pour la vision sous éclairages ultraviolet permet de prendre des clichés complet des pièces et de zoomer avec une haute résolution sur les indications détectées (50µm par Pixel), voir les clichés figure 18.

Détection après un contrôle par magnétoscopie MT sur pièce finie usinée :



Détection après un contrôle par magnétoscopie MT sur pièce brute de fonderie :



Détection après un contrôle par Ressuage PT sur pièce finie usinée et traitée thermiquement :

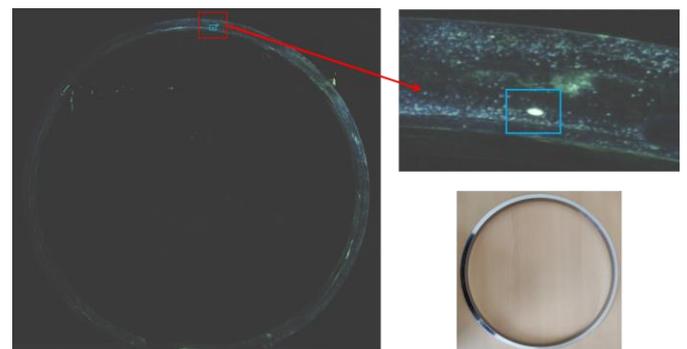


Fig 18 – Clichés obtenus avec le Système de vision PARADES v2.0

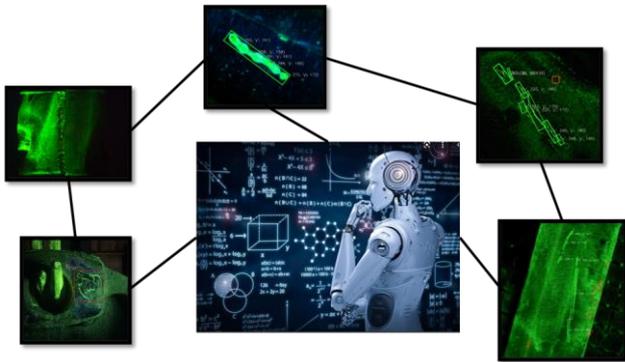
Ce mode de contrôle visuel des pièces présentent de nombreux avantages :

- Tout d’abord cela permet de déporter l’opérateur de la cabine de contrôle et ainsi lui donner des conditions de contrôle visuelles optimales lui permettant de se focaliser sur les images à analyser, voir figure 19.



Fig 19 – Opérateur effectuant une inspection visuelle de la pièce hors cabine après un contrôle par magnétoscopie MT avec le Système de vision PARADES

- Cela permet un enregistrements des clichés de chaque pièce contrôlée et ainsi permettre une traçabilité complète en intégrant ces données au PV de contrôle
- Le système permettra de générer une base de données d'images avec un large panel d'indication qui permettra d'alimenter un logiciel de traitement et d'analyse d'image par réseau de neurones (Deep Learning)



- Le logiciel de traitement et d'analyse permettra d'aider l'opérateur dans son analyse visuelle via une optimisation de la qualité de l'image, un panel de clichés avec différents angles de vue via le robot six axes, de comparer les indications obtenues avec une base de données alimentée de façon permanente par le système et de les dimensionnées de façon précises (via la connaissance de la taille d'un Pixel)

Le système PARADES peut également être couplé à des outils de détection d'objet et de numérisation 3D de pièces par méthodes optiques. L'idée étant d'intégrer à l'image de

la pièce numérisée l'indication défaut détecté lors d'un contrôle, exemple figure 20.

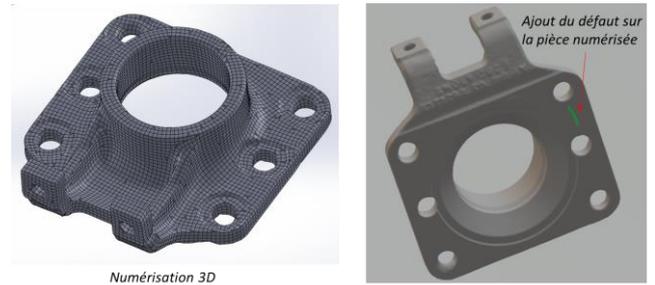


Fig 20 – Numérisation 3D d'une pièce contrôlée en magnétoscopie MT avec ajout d'indication défaut sur le modèle numérique

6. Traitement d'image par Intelligence Artificielle - IA

A partir des images enregistrées par le système de vision PARADES, un logiciel de traitement et d'exploitation a été développé avec pour objectifs :

- Détecter des indications sur des images issues de contrôles par magnétoscopie MT & ressuage PT
- Délimiter les indications et mesurer leur taille

a) Analyse d'image conventionnelle

Cette première approche consiste à appliquer des traitements d'images « conventionnels » du type colorimétrique (structurelle en niveau de gris et spectrale), détection de forme : Seuillage Otsu, détection de lignes de Hough, voir exemple ci-dessous figure 21.

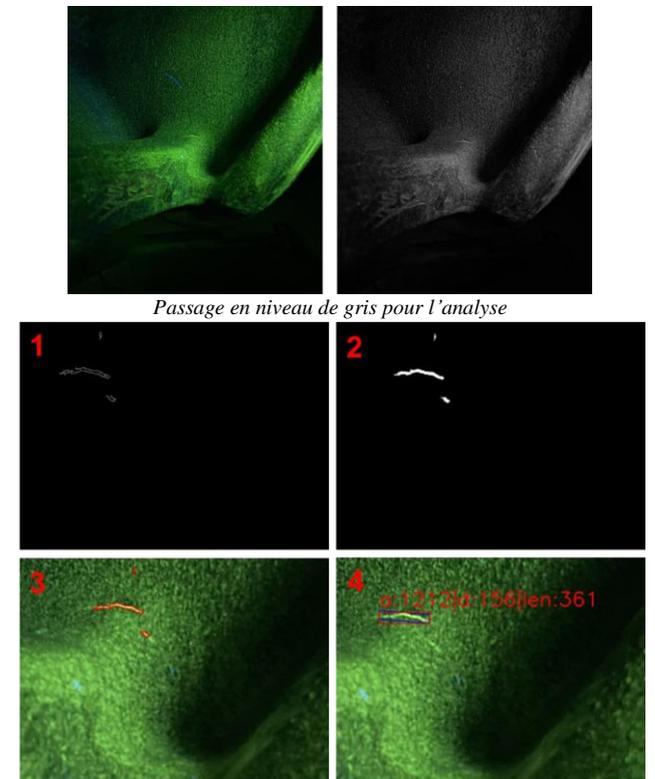


Fig 21 – Exemple de traitement et d'analyse de l'indication sur un défaut détection en magnétoscopie MT

Ce mode d'analyse donne des performances relatives, nécessite une intervention forte de l'opérateur afin d'écartier des « faux positifs » (voir figure 22) détectés par le logiciel, voir dans certaines configurations des défauts non détectés.

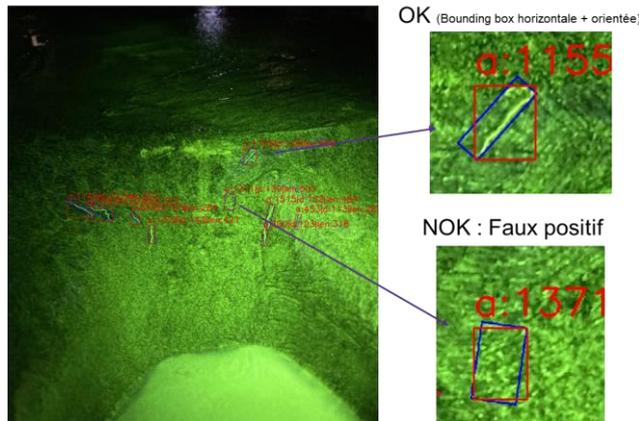


Fig 22 – Exemple de détection de « faux positif »

De plus il ne permet pas d'apprentissage par le logiciel (Deep Learning) et reste limité en termes d'évolution et de critères de sélections : beaucoup de paramètres à modifier fonction du type de pièce, aspect lié à la rugosité, forme.

b) Analyse d'image par logiciel intégrant un logiciel de traitement par IA type « réseau de neurones »

Cette deuxième approche du traitement d'images nécessite tout d'abord une base de données de clichés la plus conséquentes possibles représentatives des différents état de surface rencontré (brut, usiné, traité thermiquement), des typologies d'indications rencontrées (forme, taille, aspect), des différents natures de pièces contrôlées (acier Fe-C, Inoxydable, Aluminium, Titane etc) et également comportant des indications ne correspondant pas à des défauts du type filet, rainure, rayure, numéro de série gravé etc.

Cette base de données sera différente pour les clichés obtenus en contrôle par Ressuage et par Magnétoscopie. Actuellement la banque d'images du projet PARADES comporte environ 100 clichés de pièces avec défauts principalement sur des aciers Fe-C. Elle sera alimentée au fur et à mesure du temps et complétera l'apprentissage du logiciel d'analyse d'images.

Le logiciel d'analyse est basé sur un réseau de neurones adapté aux critères de détection et type d'image observé en Magnétoscopie et Ressuage.

Le réseau de neurones combine plusieurs couches de traitement, utilisant des éléments simples fonctionnant en parallèle et inspirés du système nerveux biologique. Il se compose d'une couche d'entrée, d'une ou de plusieurs couches masquées et d'une couche de sortie. Les couches sont interconnectées par des nœuds, ou neurones, chaque

couche utilisant la sortie de la couche précédente en guise d'entrée [3], voir figure 23.

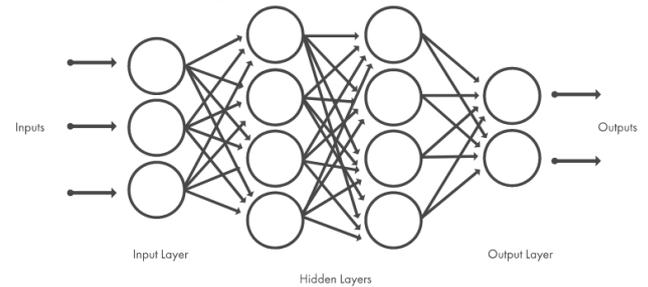


Fig 23 – Principe de fonctionnement d'un logiciel par réseau de neurones

Le réseau de neurones développé dans le projet PARADES travaille en apprentissage supervisé. Chaque image utilisée lors de l'entraînement du réseau de neurones comporte des annotations manuelles pour indiquer au réseau l'emplacement des défauts réellement présents dans l'image.

Afin d'évaluer la performance de l'apprentissage du réseau de neurones, nous réservons 30 % des images non utilisées lors de l'entraînement, pour calculer le score de performance du réseau, à savoir : (nombre de défauts correctement détectés / nombre de défauts présent) x 100. Un défaut est considéré comme correctement détecté lorsque le score d'IoU (Indice de Jaccard) est supérieur à 0.1.

Nous utilisons un réseau basé sur l'architecture Faster R-CNN, tel décrit dans [4] et illustré dans la figure 24, pour lequel nous utilisons en backbone un resnet50.

La librairie PyTorch est utilisée pour développer le réseau de neurones, exécutée sur des GPU puissants pour l'entraînement, et sur un ordinateur embarqué lors de la détection.

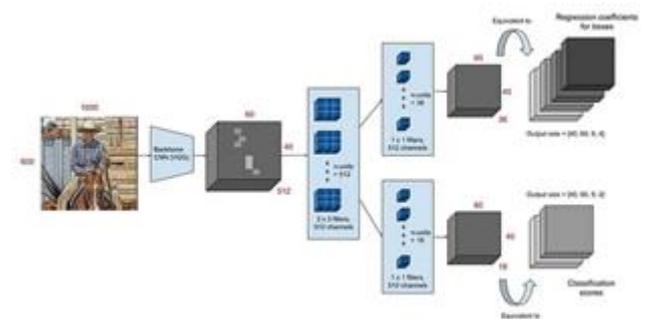


Fig 24 – Architecture d'un Faster R-CNN pour la détection d'objets

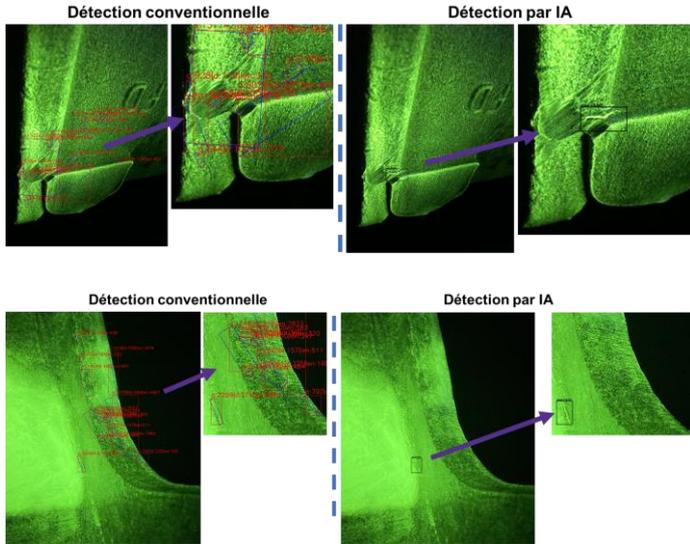
Le choix du réseau de neurones est guidé par un compromis performance de détection et temps d'exécution correspondant à notre cahier des charges.

Des augmentations de données de type spatiales (rotation et retournement) ont été utilisées sur les images d'entraînement, afin d'augmenter la taille de la base de données d'apprentissage.

L'architecture d'un tel réseau s'articule très souvent par un empilement de couches convolutives puis de couches denses profondes qui feront le travail de décision. Pour

résumer les couches convolutives trouvent les formes et motifs (pattern) dans l'image et les couches finales effectueront le travail de décision (comme une classification par exemple).

Ci-dessous quelques exemples comparatifs de résultats obtenus entre une analyse d'image « conventionnelle » et par Intelligence Artificielle basée sur un réseau de neurones :



Il convient également de fixer des critères « de réussite » au logiciel à savoir : nombre défauts correctement identifiés par rapport au nombre défauts réellement présents, nombre de faux positifs détectés et la précision de mesure de longueur des défauts identifiés.

La figure 24 ci-dessous présente un résultat d'analyse avec un indice de confiance calculé par le logiciel.

Indice de confiance de la prédiction

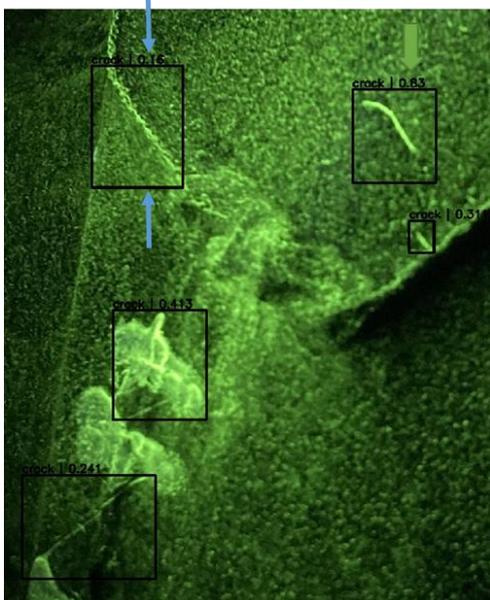
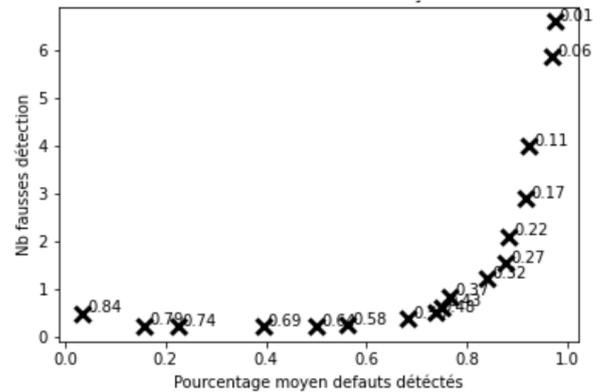


Fig 24 – Principe de fonctionnement d'un logiciel par réseau de neurones

L'application de l'ensemble de ces critères de performances nous amène à une courbe de compromis de l'indice de confiance basé sur un seuil avec :

- Seuil élevé : peu de fausse détection mais moins de vrais défauts trouvés
- Seuil faible : beaucoup de vrais défauts trouvés mais beaucoup de fausses détections

Ci-dessous la courbe de réponse actuelle du logiciel PARADES présentant le ratio défauts détectés / nombre de fausses détections :

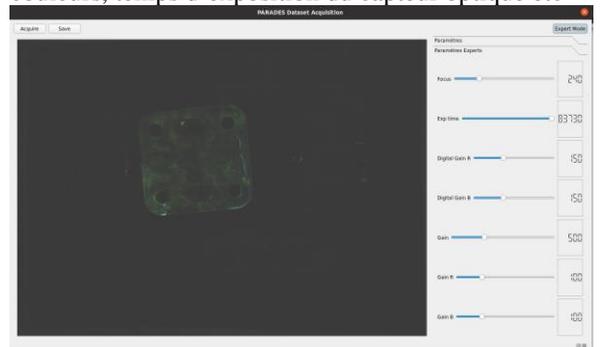


L'objectif final du projet PARADES étant d'optimiser ce coefficient afin qu'il soit au plus proche de 1.

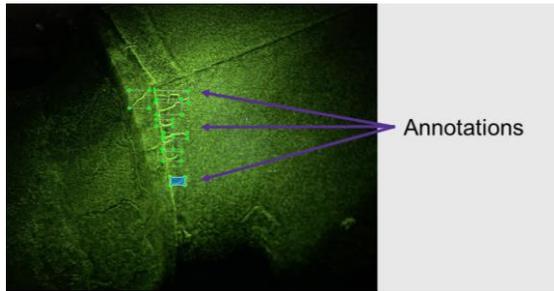
Pour se faire différents modèles de réseau de neurones seront testés, comparés et optimisés. Ensuite leur performance seront évalués sur un lot de clichés inconnus à savoir n'ayant pas servi à l'apprentissage du logiciel.

Lors de sa mise en œuvre industrielle, le logiciel PARADES proposera plusieurs modes de fonctionnement :

- Un mode manuel sans IA où l'opérateur pourra régler des paramètres purement optiques : gain, contraste des couleurs, temps d'exposition du capteur optique etc



- Un mode semi-automatique où le technicien pourra utiliser l'Intelligence Artificielle du logiciel pour détecter les indications pouvant correspondre à des défauts. Il aura la possibilité de les annoter et de les dimensionner de façon précise avec le logiciel.



Il pourra également continuer l'apprentissage du logiciel en lui indiquant de nouveaux types de défauts ne rentrant pas dans sa base de données originel et qu'il n'aurait pas détecté. Le système se comportera comme un outil d'aide pour le contrôleur, un échange se fera entre lui et le logiciel évolutif

- A plus long terme, il sera également possible d'envisager l'utilisation de façon automatisée du logiciel. Le contrôleur interviendrait de façon régulière pour analyser et confirmer les indications détectés et mesurés par le logiciel PARADES. Dans cet optique, il n'aurait plus qu'à intégrer ces éléments à son PV de contrôle.

7. Conclusions

Au travers cette présentation, nous avons pu mettre en évidence l'ensemble des outils modernes pouvant être intégrés aux contrôles « traditionnels et anciens » que sont la Magnétoscopie (MT) et le Ressuage (PT) :

- Chambre de magnétisation sans contact - MT
- Capteurs et outils de mesures intégrés – PT et MT
- Robotisation des moyens – PT et MT
- Tête de vision robotisée – PT et MT
- Traitement d'image par Intelligence Artificielle, logiciel évolutif (Deep Learning) – PT et MT

Leur intégration permet d'automatiser le contrôle, de numériser ces données et les résultats obtenus, d'améliorer la traçabilité des pièces.

Pour l'opérateur cela lui apporte des outils techniques supplémentaires lui facilitant les opérations de contrôles et rendant plus attractif ces contrôles surfaciques qui peuvent s'avérer fastidieux et pénibles physiquement avec des moyens de contrôle « plus basique ».

Le couplage a des outils de numérisation 3D permettrait à long terme d'associer d'autres méthodes de type volumique comme les contrôles par Ultrasons.

Les outils d'Intelligence artificielle pourraient alors recueillir un grand nombre de données provenant de différentes méthodes ; les associer et les mettre à disposition des opérateurs avec des outils de traitement

modernes et des interfaces intuitives facilitant le diagnostic, la prise de décision et la retranscription des résultats de contrôles dans des rapports PV détaillés et illustrés.

Références

- [1] Normes AFNOR Magnétoscopie et Ressuage, disponible sur le site <https://www.boutique.afnor.org>
- [2] Directive Européenne 2013/35/UE <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021:FR:PDF>
Umé »
- [3] Source MathWorks by MATLAB
- [4] Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks.
Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun