

Inspection visuelle multimodale automatique de défauts en temps réel et en ligne par l'usage de machines apprenantes : contribution à l'industrie 4.0

Offre Post Doctorale de 2 ans en partenariat avec la société AML systems et dans le cadre du LabCom DIMEXP (UTC/Roberval et DeltaCAD)

Contexte :

L'inspection de défauts des produits manufacturés sur une chaîne de production doit se réaliser en temps réel à des cadences très élevées (sous la seconde). L'inspection fait partie intégrante de la stratégie globale d'amélioration de la qualité des produits, en permettant de limiter les retours clients. Elle est spécifique à une typologie de défauts ; dans le cadre de ce post-doc, nous nous concentrerons sur les protocoles d'inspection décrits ci-dessous.

- contrôle de la présence pièces par dénombrement de composants ;
- contrôle d'aspect du produit : présence de bavures, de problèmes d'alignements pièces, déformations, de défauts de contours, des défauts tels que des arrachements, des chocs, des fissures, des opacités, etc.
- contrôle de défauts acoustiques et vibratoires du produit : grincements, sifflements etc.

Les produits, même les plus standards, sont susceptibles d'évoluer (ex. formes, aspects, fonctions) pour répondre aux besoins spécifiques de chaque client.

De plus, dans le contexte de produits customisés et de l'émergence de lignes de production de plus en plus robotisées et intégrant une grande diversité de formats, de nouveaux défauts encore inconnus peuvent apparaître. Les exigences de production, éléments contextuels primordiaux pour ce post doc sont :

- Cadence élevée, avec un temps d'exécution sous la seconde pour la détection ;
- Connaissance incomplète des classes de défauts : nous considérons que la typologie des défauts est incomplète, potentiellement infinie. Il s'agit alors de détecter des défauts non-répertoriés, jamais observés ni connus au moment du développement du système d'inspection.
- Rareté des défauts, dont le nombre est très inférieur à celui des produits conformes : pour qu'un système automatique puisse maximiser le taux de détection, par défaut, nous considérons qu'il est préférable de se focaliser sur la modélisation des produits conformes, bien plus nombreux.

Les données d'acquisition pour l'inspection sont de différentes natures ; nous en considérerons deux plus particulièrement, à savoir : 2D (images, en noir et blanc ou couleur, ainsi que des vidéos si l'inspection est filmée par des caméras d'inspection. Il peut s'agir aussi de données acoustiques et vibratoires) et 3D (de type scanner issues de tomographes, scanner à lumière structurée ou encore laser et combiné caméra CCD).

Pour résumer, nous constatons qu'il y a donc actuellement autant d'inspections visuelles à reprogrammer que de nouvelles configurations du produit, ce qui est un frein au déploiement de l'industrie 4.0. À ce titre, ce post-doc s'inscrit dans la stratégie de l'Alliance industrie du futur. Plus précisément, nous pouvons faire référence à la fiche 9 du guide des technologies de l'industrie du futur, qui porte sur « le contrôle non destructif innovant » de la thématique globale « Usines et lignes/îlots connectés, pilotés et optimisés ». L'usage des technologies liées au big data (masse de données) est recommandé pour l'augmentation des taux de détection (Alliance industrie du futur, 2018).

Ce post-doc se déroulera dans le cadre d'un projet des Hauts de France appel « industrie du futur » - ETREL – « inspECTION auTOMatique de défauts en temps Réel et en ligne à partir de données multi-sources et via l'usage de machines apprEnantes : contribution à L'induStrie 4.0 ».

Ce projet est porté par la société éditrice de logiciels (DeltaCAD) et en partenariat avec la société AML-Systems - Johnson electric group ainsi que le laboratoire Roberval de l'Université de technologie de Compiègne.

Positionnement scientifique du post doctorat :

La candidate ou le candidat s'attachera à proposer une méthodologie de mise en œuvre d'inspection multimodale pour l'inspection de défauts. Les RNCP – Réseaux de Neurones Convolutifs Profonds seront étudiés et probablement exploités. Par nature, ces réseaux sont non explicites, ce qui peut, malgré leurs grandes performances être un potentiel frein à leur utilisation. Nous tacherons dans le cadre de ce Post-doc d'apporter de l'applicabilité et de rendre le résultat obtenu explicite. Cela donnera un fort niveau de confiance dans la méthode proposée.

Pour cela, le candidat s'appuiera sur une plateforme expérimentale nommée AMS (Agile Manufacturing System) située à l'UTC ainsi que sur des composants mécatroniques et des données d'inspection d'AML systems (figure 1).

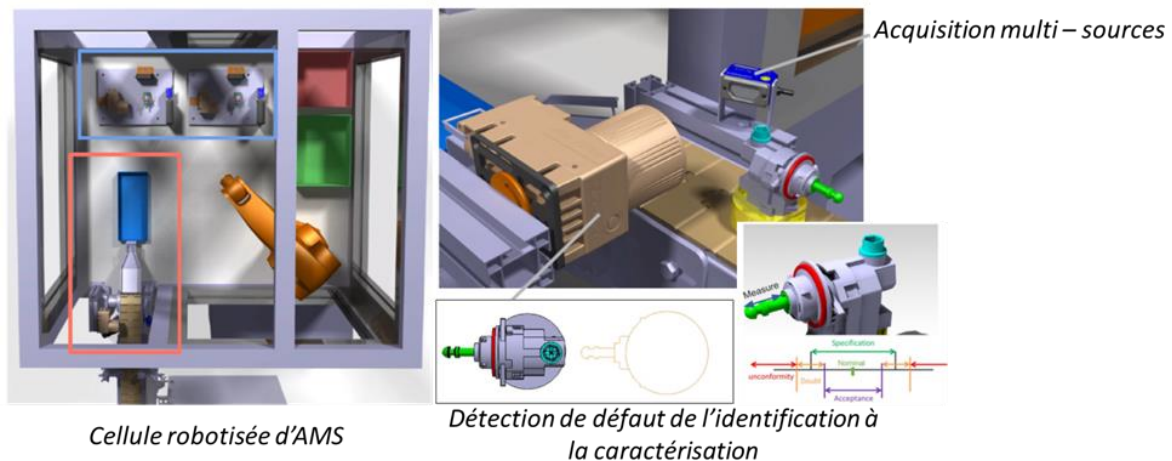


Figure 1, illustration de la ligne industrielle AMS (Agile Manufacturing System) de l'UTC et de l'inspection multimodale potentielle du module ESL de AML System

L'intérêt de ce post doc est de fournir des POC (Proof Of Concept) industriel très concrets pour lesquels l'ensemble de la démarche de mise en œuvre et les sources seront mis à disposition sur des plateformes d'échanges web et communautaire. Ainsi, des dépôts de brevets et de publications scientifiques seront fortement envisagés.

Les avancées en IA supervisée et non-supervisée, et le couplage de ces méthodes à des techniques de vision par ordinateur permettent d'envisager une réponse performante aux problèmes de l'inspection multimodales. Plus globalement, la recherche en IA permet d'élaborer des systèmes capables d'appréhender des comportements complexes non prédéfinies. Les réseaux de neurones profonds (Deep Learning) ont la capacité de pouvoir s'adapter à de nouvelles entrées non encore vues, ce qui permet par exemple d'identifier des défauts dans des images à partir d'un jeu restreint de paramètres. Le défaut de ces réseaux de neurones profonds est que leur processus n'est pas intelligible. Cependant, les performances atteintes sont telles qu'il est possible d'intégrer ces réseaux neuronaux à un poste de d'inspection. Ils agiraient comme une assistance à un opérateur le confortant et l'aidant dans son inspection.

La candidate ou le candidat pourra s'appuyer sur les travaux de la littérature suivante pour proposer la méthodologie de mise en œuvre :

- Etat de l'art sur les techniques et approches de traitement d'images de production (Bouwman et al., 2018)
- Les récents travaux traitants de l'inspection et d'intégration multimodale et des techniques d'intégration (Ferguson et al 2019) (Weckenmann et al.2009)

Des éléments bibliographiques plus détaillés sont énoncés à la fin de ce document

Programme scientifique du post-doctorat

Années	Tâches
1ère année	Veille scientifique et technique sur l'inspection par intégration de données multimodale, appliquée à l'inspection de défauts industriels. (Attendu à t6-t12) Expérimentation multimodale sur la ligne AMS de l'UTC
2ème année	Proposition d'un cadre méthodologique sur la complétude des données 2D/3D pour le contrôle de défauts industriels (en ligne/temps réel) (Attendu à t6 - t18) TRL6 « démonstration de la technologie en environnement réel » attendue sur le site de production d'AML systems à Hirson

Dissémination des résultats

Au cours de ce post doctorat, les travaux issus de l'état de l'art feront l'objet d'une publication dans le cadre d'une conférence ou séminaire à audience nationale (colloque S-MART, Journée STP du GDR MACS). Les travaux développés ont vocation à être publiés au sein de publications internationales s'intéressant à la mise en œuvre d'environnements logiciels au sein des activités d'ingénierie et de production. Il sera envisagé conformément à la politique d'AML Systems la rédaction de brevets.

Equipe encadrante

Alexandre DURUPT et Benoît Eynard, Laboratoire Roberval de l'UTC

Hassan Kouluouh, Responsable industriel, AML systems

Harvey Rowson, PDG, société DeltaCAD

Contact

Merci d'envoyer CV + lettre de motivation à l'adresse : alexandre.durupt@utc.fr

English version

Multimodal automatic visual inspection of defects in real time and online using M: contribution to industry 4.0

2-year post-doctoral programme in partnership with AML systems and within the context of the DIMEXP LabCom (UTC/Roberval and DeltaCAD).

Context :

The detection of defects on manufactured products on a production line must be done in real time at very high rates (under a second). The inspection is an integral part of the global strategy to improve product quality, by making it possible to limit customer returns. Inspection is specific to a typology of defects; within the framework of this Post-Doc, we will focus on the inspection protocols described below:

- control of the presence of parts by enumerating components ;
- control of product appearance: presence of flashes, part alignment problems, deformations, contour defects, defects such as pull-outs, shocks, cracks, opacities, etc.
- checking for acoustic and vibratory defects of the product: squeaking, hissing, etc.

Products, even the more standard ones, are susceptible to change (e.g. shapes, aspects, functions) to meet the specific needs of each customer.

Moreover, in the context of customised products and the emergence of increasingly robotised production lines integrating a wide variety of formats, new and as yet unknown defects may appear.

The production requirements, which are crucial contextual elements for this Post-Doc are :

- high speed, with an execution time below one second for detection ;
- incomplete knowledge of the classes of defects: we consider that the typology of defects is incomplete, potentially infinite. It is then a question of detecting defects that are not listed, never observed or known at the time of the development of the inspection system.
- Rarity of defects, whose number is much lower than that of conforming products: for an automatic system to maximise the detection rate, by default, we consider that it is preferable to focus on the modelling of conforming products, which are much more numerous.

Acquisition data for inspection are of different types; we will consider two in particular: 2D (images, in black and white or colour, as well as video if the inspection is filmed by inspection cameras) and 3D (scanner type from tomography, structured light scanner or laser and combined CCD camera).

In summary, we observe that there are therefore currently as many visual inspections to reprogram as there are new product configurations, which is a brake on the deployment of Industry 4.0. As such, this Post-Doc is in line with the strategy of the "Alliance industrie du futur". More specifically, we can refer to sheet 9 of the Future Industry Technologies guide, which deals with "innovative non-destructive testing" of the global theme "Plants and production lines connected, piloted and optimised". The use of big data technologies is recommended to increase detection rates (Alliance industrie du futur, 2018).

This post-doc is part of a French "Hauts de France" project called "industry of the future" - ETREL - "auTomatics inspEction of defects in real time and on line from multi-source data and via the use of learning machines: contribution to industry 4.0".

This project is being supported by the software editor (DeltaCAD) and in partnership with AML-Systems - Johnson electric group and the Roberval laboratory of the Université de technologie de Compiègne.

Scientific positioning of the Post-Doc

The candidate will focus on proposing a multimodal inspection implementation methodology for defect inspection. The DCNN - Deep Convolutional Neuron Networks will be studied and probably exploited. By nature, these networks are non explicit, which may, in spite of their high performance, be a potential obstacle to their use. We will aim at bringing applicability and making the results explicit in the Post-doc context. This will give a high level of confidence in the proposed method.

For this, the candidate will rely on an experimental platform called AMS (Agile Manufacturing System) located at UTC, as well as mechatronic components and inspection data from AML systems (figure 1).

The interest of this post doc is to provide industrial POC (Proof Of Concept) very practical for which the whole implementation process and sources will be made available on web and community exchange platforms. Thus, the registration of patents and scientific publications will be strongly considered.

The advances in supervised and non-supervised AI, and the coupling of these methods to computer vision techniques, allow us to envisage a high-performance response to the problems of multimodal inspection. More generally, research in AI allows the development of systems capable of apprehending complex behaviours that are not predefined. Deep neural networks (Deep Learning) have the capacity to adapt to new inputs not yet seen, which makes it possible, for example, to identify defects in images based on a restricted set of parameters. The drawback of these deep neural networks is that their process is not intelligible. However, the performance achieved is such that it is possible to integrate these neural networks into an inspection workstation. They would act as an assistance to an operator comforting him and helping him in his inspection.

The candidate will be able to rely on the work of the following literature to propose the implementation methodology:

- State of the art on production image processing techniques and approaches (Bouwman et al., 2018)
- Recent work dealing with inspection and multi-modal integration and integration techniques (Ferguson et al 2019) (Weckenmann et al.2009)

More detailed bibliographical information is provided at the end of this document.

Scientific Program

Years	Tasks
1st year	<p>Scientific and technical survey on multimodal data integration inspection, applied to industrial defect inspection. (Expected in t6-t12)</p> <p>Multimodal experimentation on the AMS line of the UTC</p>
2nd year	<p>Proposal of a methodological framework on 2D/3D data completeness for industrial defect inspection (online/real time) (Expected in t6 - t18)</p>

	TRL6 "demonstration of the technology in a real environment" expected at the AML systems production site in Hirson
--	--

Dissemination of results

During the post-doctoral course, the work resulting from the state of the art will be published as part of a conference or seminar with a national audience (S-MART conference, GDR MACS STP Day). The work developed is intended to be published in international publications dealing with the implementation of software environments in engineering and production activities. In accordance with AML Systems' policy, it will be envisaged to consider writing patents.

Managerial Teams

Alexandre DURUPT and Benoît Eynard, Roberval Laboratory, UTC

Hassan Koulouh, Industrial Manager, AML systems

Harvey Rowson, CEO, DeltaCAD Company

Contact

Please send CV + cover letter to: alexandre.durupt@utc.fr

Bibliographie/Bibliography

Alliance industrie du futur, 2018. Le guide des technologies de l'industrie du futur.

Bouwman, T., Silva, C., Marghes, C., Zitouni, S.M., Bhaskar, H., Frelicot, C., 2018. On the role and the importance of features for background modeling and foreground detection. *Computer Science Review* 28, 26–91. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.cosrev.2018.0>

DAGM, 2007. Weakly Supervised Learning for Industrial Optical Inspection.

Dekhtiar, J., 2019. Deep Learning and Unsupervised Learning to automate visual inspection in the manufacturing industry. Alliance Sorbonne, université de technologie de Compiègne.

Dekhtiar, J, Durupt, A., Bricogne, M., Eynard, B., Rowson, H., Kiritsis, D., 2018. Deep learning for big data applications in CAD and PLM – Research review, opportunities and case study. *Computers in Industry* 100, 227–243. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.005>

Grandvalet, Y., & Bengio, Y., 2005. Semi-supervised learning by entropy minimization. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 529-536).

Huang, S.-H., Pan, Y.-C., 2015. Automated visual inspection in the semiconductor industry. *Computers in Industry* 66, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.10.006>

Li, X., Grandvalet, Y., & Davoine, F., 2020a. A baseline regularization scheme for transfer learning with convolutional neural networks. *Pattern Recognition*, 98, 107049.

Li, X., Grandvalet, Y., Davoine, F., Cheng, J., Cui, Y., Zhang, H., Belongie, S., Tsai, Y.-H. & Yang, M. H., 2020b. Transfer learning in computer vision tasks: Remember where you come from. *Image and Vision Computing*, 93, 103853.

Li, X., Grandvalet, Y., & Davoine, F., 2018. Explicit inductive bias for transfer learning with convolutional networks. In *International Conference on Machine Learning* (pp. 2825-2834).

Mera, C., Orozco-Alzate, M., Branch, J., Mery, D., 2016. Automatic visual inspection: An approach with multi-instance learning. *Computers in Industry* 83, 46–54. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.002>

- P Nagorny, T Lacombe, H Favrelière, M Pillet, E Pairel, R Le Goff, M Wali. Generative adversarial networks for geometric surfaces prediction in injection molding: Performance analysis with Discrete Modal Decomposition. 2018 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 1514-1519 2
- Schelgl, T., Seeböck, P., Waldstein, S., Schmidt-Erfurth, U., Langs, G., 2017. Unsupervised anomaly detection with generative adversarial networks to guide marker discovery, in: International Conference on Information Processing in Medical Imaging IPMI 2017: Information Processing in Medical Imaging. pp. 146–157. https://doi.org/doi.org/10.1007/978-3-319-59050-9_12
- Scholz-Reiter, B., Weimer, D., Thamer, H., 2012. Automated surface inspection of cold-formed micro-parts. CIRP Annals 531–534. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.cirp.2012.03.131>
- Siebel, N.T., Sommer, G., 2008. Learning defect classifiers for visual inspection images by neuro-evolution using weakly labelled training data, in: 2008 IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE World Congress on Computational Intelligence). pp. 1–7. <https://doi.org/doi.org/10.1109/CEC.2008.4631331>
- Timm, F., Barth, E., 2011. Non-parametric texture defect detection using Weibull features, in: Proceedings Volume 7877, Image Processing: Machine Vision Applications IV; 78770J. <https://doi.org/doi.org/10.1117/12.872463>
- Wang, T., Chen, Y., Qiao, M., Snoussi, H., 2018. A fast and robust convolutional neural network-based defect detection model in product quality control. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 94, 3465–3471. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s00170-017-0882-0>
- Weimer, D., Benggolo, A.Y., Freitag, M., 2015. Context-aware Deep Convolutional Neural Networks for Industrial Inspection, in: Conference: Australasian Conference on Artificial IntelligenceAt: Canberra, AustraliaVolume: Deep Learning and Its Applications in Vision and Robotics (Workshop). pp. 1–5.
- Weimer, D., Scholtz-Reiter, B., Shpitalni, M., 2016. Design of deep convolutional neural network architectures for automated feature extraction in industrial inspection. CIRP Annals - Manufacturing Technology 65, 417–420. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.072>
- Weimer, D., Thamer, H., Scholz-Reiter, B., 2013. Learning Defect Classifiers for Textured Surfaces Using Neural Networks and Statistical Feature Representations. Procedia CIRP 7, 347–352. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.059>
- Weimer, D., Thamer, H., Thoben, K.-D., 2014. GPU architecture for unsupervised surface inspection using multiscale texture analysis, in: Procedia Technology 15, 2nd International Conference on System-Integrated Intelligence: Challenges for Product and Production Engineering. pp. 278–284.
- Xiaojun, W., Cao, K., Gu, X., 2017. A Surface Defect Detection Based on Convolutional Neural Network, in: Conference: International Conference on Computer Vision Systems. pp. 185–194. https://doi.org/doi.org/10.1007/978-3-319-68345-4_17
- Yeh, R.A., Chen, C., Lim, T.-Y., Schwing, A.G., Hasegawa-Johnson, M., Do, M.N., 2016. Semantic Image Inpainting with Deep Generative Models, in: Open Access version, provided by the C.V.F. (Ed.), CVPR 2016. pp. 1–9.
- Zhao, Z., Li, B., Dong, R., Zhao, P., 2018. A surface defect detection method based on positive samples, in: 15th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence. PRICAI 2018; Nanjing; China; 28 August 2018 through 31 August 2018, pp. 473–481. https://doi.org/doi.org/10.1007/978-3-319-97310-4_54
- Zhiyang, Y., Xiaojun, W., Gu, X., 2017. Fully Convolutional Networks for Surface Defect Inspection in Industrial Environment, in: Conference: International Conference on Computer Vision Systems, ICVS 2017. pp. 417–426. https://doi.org/doi.org/10.1007/978-3-319-68345-4_37