

Proposition de stages 2023

Notre laboratoire, le LVML, rattaché au CEA LIST, mène des recherches en vision par ordinateur et intelligence artificielle. Nous adressons en particulier les problématiques suivantes :

- Géolocalisation et cartographie d'environnement par vision et fusion de capteurs (robotique mobile, drones...)
- Systèmes et de vision pour la robotique : préhension, manipulation, assemblage d'objets...
- Contrôle de conformité, détection de défauts géométriques, colorimétriques, etc...
- Analyses hyperspectrales : détection de matériaux, tri, ...
- Correction, amélioration d'images et vidéos (superrésolution, upframing, ...)
- Compression de réseaux de neurones
- ...

CEA Tech LIST

Les activités de recherche du CEA Tech LIST sont centrées sur les systèmes à logiciel prépondérant. Ces activités s'articulent autour de trois thématiques: les Systèmes Embarqués (architectures et conception de systèmes, méthodes et outils pour la sûreté des logiciels et des systèmes, systèmes de vision intelligents), les Systèmes Interactifs (ingénierie de la connaissance, robotique, réalité virtuelle et interfaces sensorielles) et les Capteurs et le traitement du signal (instrumentation et métrologie des rayonnements ionisants, capteurs à fibre optique, contrôle non destructif).

Le CEA Tech LIST a de nombreux partenariats avec les grands acteurs industriels du nucléaire, de l'automobile, de l'aéronautique, de la défense et du médical pour étudier et développer des solutions innovantes adaptées à leurs besoins. Il réalise une recherche qui va du concept de système jusqu'au démonstrateur, contribuant au transfert de technologies et à l'innovation par l'émergence de nouvelles entreprises.

Pour plus d'informations : <https://list.cea.fr/fr/>

Informations générales sur les stages

Formation / Niveau d'étude	Ingénieur, Master 2 / Bac+5
Possibilité poursuite	Oui, en thèse ou CDD selon profil.
Durée	6 mois
Lieu	Palaiseau (91) – Centre d'intégration de Nano-INNOV
Indemnités de stage	Entre 700 € et 1400 € suivant formation. Aide au logement / transport / restauration.

Candidatures

- Joindre CV + lettre de motivation au contact indiqué sur le sujet de stage qui vous intéresse
- N'hésitez pas à détailler les projets ou cours auxquels vous avez participé
- Indiquez les dates de début/fin de stage envisagées.

Proposition de stage 2023

Super-résolution d'images avec des modèles génératifs robustes

Contact : mohamed.tamaazousti@cea.fr

Contexte du stage

La super-résolution (SR) consiste à augmenter la résolution d'une image donnée à partir d'une image basse résolution. Cette augmentation est dédiée à améliorer la qualité de l'image et l'agrandir sans que les détails ne soient flous. Ces dernières années, l'utilisation croissante de l'apprentissage profond (*Deep Learning*) a favorisé la création de modèles de SR produisant des résultats remarquables relativement aux méthodes de SR traditionnelles. Ces modèles de SR basés sur l'apprentissage automatique peuvent même quadrupler le nombre de pixels avec un rendu très réaliste de l'image haute résolution. Par exemple, une photo de 20 millions de pixels peut être transformée en une photo de 80 millions de pixels. D'un point de vue technique, il faut noter que les réseaux de neurones convolutifs (CNN) classique, qui sont les plus répandus en vision par ordinateur, sont incapables de produire des images SR avec une qualité suffisante. Actuellement la majorité des travaux de recherche s'appuient sur des réseaux antagonistes génératifs (GANs). Malheureusement, les techniques d'apprentissage des GANs sont souvent très instables.



Exemple d'une image super-résolue avec un Gans [1].

Objectifs du stage

Ce stage a donc pour objectif d'étudier des modèles génératifs récents qui semblent plus stables que les GANs [2]. Dans le cadre du stage on s'intéressera notamment aux modèles de probabilité de diffusion et aux modèles de normalisation des flots. Il s'agira ensuite d'adapter ces modèles au problème de SR d'images et de les appliquer à des bases d'images liées à des problématiques pratiques issues de nos collaborations industrielles. Enfin si les résultats le permettent le candidat(e) pourra participer à des compétitions scientifiques internationales telles que NTIRE 2022 [3].

Compétences

Le candidat devra disposer d'une bonne maîtrise de python et devra avoir de bonnes connaissances en Deep Learning. Des connaissances en Pytorch et/ou TensorFlow sont également requises. Une bonne maîtrise des probabilités et statistiques est aussi nécessaire.

[1] <https://theailearner.com/tag/super-resolution/>

[2] Seddik, M. E. A., Tamaazousti, M., & Lin, J. (2020). Generative collaborative networks for single image super-resolution. *Neurocomputing*, 398, 293-303.

[3] <https://data.vision.ee.ethz.ch/cvl/ntire22/>

Proposition de stage 2023

Détection de deepfakes : images et vidéos

Contact : laetitia.gond@cea.fr

Contexte du stage

Les outils disponibles pour la création de faux contenus sont aujourd'hui d'un accès relativement facile et sont de plus en plus performants. Les images et vidéos ainsi générées deviennent de plus en plus réalistes et distinguer une falsification d'une donnée originale se révèle de plus en plus en complexe. Les usages malveillants de tels outils sont multiples et les conséquences peuvent être désastreuses.

Les moyens de contre-mesures doivent sans cesse évoluer pour répondre aux progrès des deepfakes.

L'enjeu du stage est donc d'adresser le développement de nouveaux moyens de contre-mesures en s'appuyant sur les avancées récentes en intelligence artificielle qui pourront permettre de détecter des images ou vidéos artificiellement générées ou manipulées.



Exemple de deepfake (Face Swap) ultra-réaliste

Objectifs du stage

Le premier objectif de ce stage sera d'étudier et évaluer des approches de l'état de l'art (voir par exemple [1]) pour détecter des anomalies dans les images ou vidéos révélatrices de deepfakes.

Dans un second temps, une ou plusieurs méthodes seront retenues pour être testées de manière plus approfondies et des axes d'amélioration seront étudiées et développées.

Compétences

Le candidat devra disposer d'une bonne maîtrise du langage Python et de solides compétences en machine learning. De bonnes notions dans le domaine de l'image (optique, analyse d'image, principes de captations, etc..) sont également attendues. Le candidat pourra disposer d'une grande autonomie aussi un esprit d'initiative et une rigueur dans le travail seront nécessaires.

[1] Ruben Tolosana, Ruben Vera-Rodriguez, Julian Fierrez, Aythami Morales, Javier Ortega-Garcia, Deepfakes and beyond: A Survey of face manipulation and fake detection, Information Fusion, Volume 64, 2020, Pages 131-148.

Proposition de stage 2023

Reconstruction 3D incrémentale basée sur une représentation neurale

Contact : steve.bourgeois@cea.fr

Contexte du stage

Le développement de robots autonomes, qu'il s'agisse de voitures autonomes ou de robots autonomes en milieu industriel, nécessite la mise en place d'intelligences artificielles capables, à partir de simples caméras de construire une représentation 3D de l'environnement voisin du robot, ceci en vue d'une interaction ou, à l'inverse, pour éviter toute collision. Or, récemment, les approches de type Neural Radiance Fields [1] sont devenues très populaires en raison de leur capacité à reconstruire une scène à partir d'une simple caméra et à représenter la scène 3D reconstruite de manière compacte en mémoire sous la forme d'un réseau de neurone. Cependant, ce type d'approche reste peu adapté aux applications de robotique autonome puisque la reconstruction est réalisée de manière monolithique, ne pouvant être ni étendue ni mise à jour a posteriori. Elles ne sont donc pas exploitables pour des applications de robotique mobile pour lesquelles l'environnement apparaît progressivement et la reconstruction doit être réalisée de manière incrémentale.



Objectifs du stage

L'objectif de ce stage est de mettre en œuvre une solution de reconstruction 3D incrémentale (ie. pouvant être étendue et mise à jour) basée sur une représentation neurale et utilisant uniquement des images RGB. La méthode développée s'inspirera de celle proposée dans [2] exceptée qu'elle exploitera uniquement des images RGB. où la géométrie de la scène est encodée sous forme d'une grille de descripteurs (ou codes).

La première étape consistera donc à apprendre une représentation 3D implicite et locale capable de décrire une scène 3D. La méthode d'apprentissage devra être auto-supervisée.

La seconde étape du stage consistera, comme dans [2], à mettre à jour la représentation 3D de la scène par optimisation successive (à chaque nouvelle image) des zones nouvellement observées. Cette étape pourra considérer le cas d'un système binoculaire.

Compétences

Le candidat devra disposer d'une bonne maîtrise de python et forte connaissance en réseau de neurones.

[1] NeRF: *Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis*. [B.Mildenhall](#), P Srinivasan, [M.Tancik](#), [J. Barron](#), [R. Ramamoorthi](#), and [R. Ng](#). *ECCV 2020*

[2] NICE-SLAM : *Neural Implicit Scalable Encoding for SLAM*. Z.Zhu, S.Peng, V.Larsson, W.Xu, H.Bao, Z.Cui, M.Oswald, M.Pollefeys. *CVPR 2022*.

Proposition de stage 2023

Reconstruction automatique du maillage 3D d'un objet à l'aide de réseaux de neurones

Contact : olivier.gomez2@cea.fr

Contexte du stage

Aujourd'hui, les modèles 3D sont largement exploités dans l'industrie lors de la conception d'un produit manufacturé, dans le cinéma lors de la création d'effets spéciaux ou dans le domaine des jeux vidéos. Cependant, la création de tels modèles reste généralement manuelle, et les solutions permettant de scanner un objet en 3D sont généralement coûteuses et laborieuses à mettre en œuvre.

La mise au point de solutions capables de reconstruire un objet en 3D simplement et avec du matériel grand public (caméra d'un smartphone) est donc un axe de recherche dont les retombées peuvent à la fois impacter les domaines d'application exploitant déjà les modèles 3D mais aussi permettre le développement de nombreux autres cas d'usage. Des avancées importantes ont été réalisées au cours des deux dernières années avec l'usage de *Neural Fields* comme moyen de représentation d'une scène 3D [1]. Cependant, l'exploitation de ces solutions reste limitée du fait que la reconstruction 3D ne permet pas d'isoler facilement l'objet du reste de son environnement et que la représentation de la géométrie (modèle neural) n'est pas gérée par les chaînes d'outils existantes dans l'industrie.



Exemple de Reconstruction 3D

Objectifs du stage

L'objectif de ce stage est de mettre en place un framework permettant une reconstruction simplifiée d'un modèle 3D d'un objet.

Pour cela, ce stage s'intéressera dans un premier temps à la problématique de segmentation 3D d'un objet dans une reconstruction de type Neural Fields. Une solution basée sur un réseau de neurone et un nombre limité d'interaction de l'utilisateur devra être développée et validée sur des objets de diverses natures (objets mécaniques, objet du quotidien,...).

Dans un second temps, la segmentation 3D obtenue sera utilisée pour extraire un maillage 3D classique de l'objet [2] et ainsi permettre d'importer la reconstruction dans n'importe quel logiciel 3D.

Compétences

Le candidat devra disposer d'une bonne maîtrise de python et forte connaissance en réseau de neurones.

[1] NeRF <https://www.matthewtancik.com/nerf>

[2] Extracting Triangular 3D Models, Materials, and Lighting From Images

https://research.nvidia.com/publication/2021-11_extracting-triangular-3d-models-materials-and-lighting-images

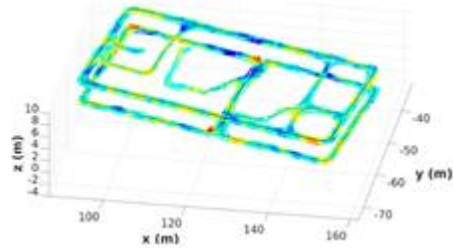
Proposition de stage 2023

Localisation en intérieur par SLAM magnétique

Contact : vincent.gay-bellile@cea.fr

Contexte du stage

Avec la prolifération des smartphones et des appareils connectés, de nombreuses entreprises cherchent des solutions pour fournir à leurs clients des services basés sur la localisation en intérieur. Largement utilisé en extérieur, le GPS n'est pas adapté en intérieur du fait d'une incertitude de plusieurs mètres ainsi que de problèmes de transmission des signaux à travers les structures des bâtiments. De la même manière, l'usage d'une boussole est perturbé en intérieur en raison des déformations du champ magnétique induites par les structures ferromagnétiques du bâtiment. Cependant, ces déformations locales du champ magnétique étant propres à un lieu, celles-ci peuvent être exploitées pour transformer un magnétomètre en un système de localisation en intérieure [1]. Les approches existantes utilisant cette propriété pour en déduire une localisation, le font en comparant la signature magnétique mesurée en ligne à une carte magnétique de l'environnement reconstruite au préalable [2]. Dans de nombreux cas d'usage, il est irréaliste de supposer qu'une telle carte existe déjà. Il est alors nécessaire d'avoir une solution capable de cartographier le champ magnétique en se servant de sa position courante, tout en estimant sa position à l'aide de la carte en cours de construction. On parle alors de SLAM (Simultaneous Localisation And Mapping) magnétique.



Objectifs du stage

Ce stage a pour objectif de mettre en œuvre un algorithme de SLAM magnétique. Une première étape consistera à définir un modèle de carte magnétique plus adapté pour cartographier le champ magnétique de manière incrémental tout en permettant sa mise à jour lors de fermeture de boucle (c'est-à-dire lorsque l'on repasse plusieurs fois au même endroit). En effet, lorsqu'une boucle est détectée les positions du passé (et donc la carte magnétique en cours de construction) sont modifiées pour corriger la dérive accumulée. Le second objectif du stage est d'adapter la solution de détection de boucle magnétique du laboratoire à ce modèle du champ magnétique.

Compétences

Le candidat devra disposer d'une bonne maîtrise du langage C++ et/ou en python.

[1] Guanglie Ouyang and Karim Abed-Meraim. A Survey of Magnetic-Field-Based Indoor Localization. *Electronics*, 11(6) :864, January 2022.

[2] Arno Solin, Simo Sarkka, Juho Kannala, and Esa Rahtu. Terrain navigation in the magnetic landscape : Particle filtering for indoor positioning. In *2016 European Navigation Conference*.

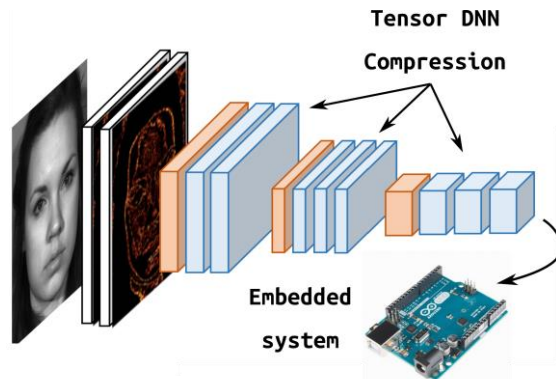
Proposition de stage 2023 Compression des architectures d'IA

Optimisation des modèles d'apprentissage profond via la compression tensorielle

Contact : mohamed.tamaazousti@cea.fr

Contexte du stage

Que signifie l'IA dans notre vie de tous les jours? Comme l'a déclaré Y. LeCun, lauréat du prix A. M. Turing 2018 [1], « l'apprentissage en profondeur (DL) est le fondement des progrès futurs de l'IA ». Les réseaux de neurones (NN) ont *de facto* révolutionné notre façon de vivre : les médias sociaux, les systèmes de recommandation, le commerce électronique sont tous basés sur des architectures NN complexes. Cependant, l'immensité des tâches que nous associons aux grandes entreprises mondiales nous fait souvent tenir pour acquis les objets du quotidien. Un smartphone doit régler rapidement les couleurs pour obtenir une image parfaite. Une voiture autonome doit être capable de prédire une collision avec une précision d'une fraction de seconde. Non seulement la plupart des produits de haute technologie utilisent des modèles DL pour être décisifs dans le monde réel, mais ils présentent en plus le défi majeur de devoir être des systèmes rapides, petits, embarqués et portables, avec des capacités de calcul limitées, consacrées à l'efficacité et à la rapidité. Selon les applications, ces systèmes ont la particularité supplémentaire de nécessiter un certain degré de confiance : la décision d'une voiture autonome de freiner devant un mur doit être digne de confiance ! Des modèles DL plus petits et optimisés, plutôt qu'énormes et inefficaces, ont ce potentiel. Ils peuvent être rapidement interprétés et certifiés, en n'ayant à contrôler que les paramètres absolument essentiels.



Un smartphone doit régler rapidement les couleurs pour obtenir une image parfaite. Une voiture autonome doit être capable de prédire une collision avec une précision d'une fraction de seconde. Non seulement la plupart des produits de haute technologie utilisent des modèles DL pour être décisifs dans le monde réel, mais ils présentent en plus le défi majeur de devoir être des systèmes rapides, petits, embarqués et portables, avec des capacités de calcul limitées, consacrées à l'efficacité et à la rapidité. Selon les applications, ces systèmes ont la particularité supplémentaire de nécessiter un certain degré de confiance : la décision d'une voiture autonome de freiner devant un mur doit être digne de confiance ! Des modèles DL plus petits et optimisés, plutôt qu'énormes et inefficaces, ont ce potentiel. Ils peuvent être rapidement interprétés et certifiés, en n'ayant à contrôler que les paramètres absolument essentiels.

Objectifs du stage

Le stage permettra d'acquérir une expérience pratique pour tester et développer différentes méthodes (au-delà) de l'état de l'art (SOTA) de compression et d'élagage NN, basées sur l'optimisation du cœur des modèles d'IA via des manipulations tensorielles des architectures DL. Les techniques, inspirées d'approches traditionnelles et nouvelles [3], ouvriront la possibilité d'embarquer des modèles complexes sur des appareils portables.

Le stagiaire explorera différentes méthodes de compression, abordant des aspects tels que la parcimonie ou la *quantization*. Les modèles élagués devront être efficaces et conserver le plus possible la précision des architectures d'origine. Dans le cadre du stage, le candidat explorera également de nouveaux outils développés au CEA LIST [4], basés sur l'algèbre tensorielle, capables de tirer parti des performances de compression avec une compréhension plus fondamentale des structures géométriques sous-jacentes. Le développement de ces outils pourrait être suivi d'une thèse ultérieure consacrée à la mise en place d'un nouveau SOTA en compression NN et au développement d'outils et de logiciels prêts à être déployés.

Compétences

Le candidat devra disposer d'une bonne maîtrise de Python et une connaissance de base en réseau de neurones pour lui permettre de développer en autonomie des architectures et tester différentes méthodes de compression. Une forte connaissance de l'algèbre linéaire, *machine learning* et statistique est conseillée (décomposition SVD, *Maximum Likelihood Estimation*, stratégies d'optimisation en DL, etc.).

[1] https://twitter.com/ylecun/status/1574233818298466304?t=0gqX_98O5YFC32WXssGkhw&s=09

[2] <https://github.com/nebuly-ai/exploring-AI-optimization>

[3] <https://towardsdatascience.com/neural-network-pruning-101-af816aeea61>

[4] M. Ouerfelli, M. Tamaazousti, V. Rivasseau. "Random tensor theory for tensor decomposition." In AAAI 2022.

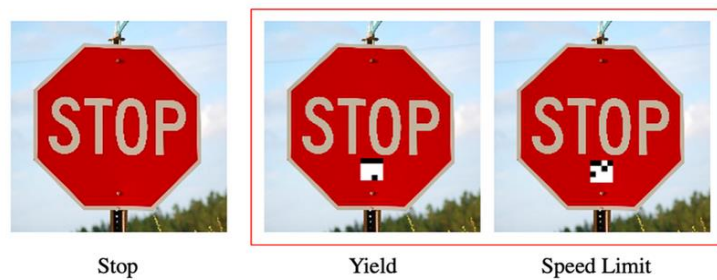
Proposition de stage 2023

Certification et robustesse des réseaux de neurones

Contact : mohamed.tamaazousti@cea.fr

Contexte du stage

Les réseaux de neurones sont des algorithmes très efficaces dans de nombreuses tâches telles que la classification d'images, la détection d'objets et la reconnaissance de la parole. Cependant, ces dernières années, les chercheurs ont montré que les réseaux de neurones peuvent être extrêmement vulnérables à de faibles perturbations des données d'entrées, on parle des perturbations contradictoires (ou *adversarial attacks*) [1]. Ces perturbations sont généralement des données créées de manière malveillante pour amener les réseaux de neurones à faire des prédictions erronées. Ces perturbations posent aujourd'hui un problème critique et constituent donc un sujet de recherche très actif en apprentissage automatique (ou *machine learning*). Récemment, de nombreux travaux ont proposé des méthodes heuristiques de défense destinées à apprendre des modèles robustes à ce type de perturbations. Cependant, la plupart de ces défenses ont été mises à défaut à l'aide d'attaques plus puissantes. Cela a motivé les chercheurs à développer des défenses qui conduisent à des modèles robustes et certifiables [2], c'est-à-dire dont les prédictions pour la plupart des exemples de test peuvent être vérifiées comme étant constantes dans un voisinage (rayon de certification).



Exemple des perturbations contradictoires [3].

Objectifs du stage

Dans un premier temps, il s'agira d'étudier les types attaques contradictoires, les méthodes de défense, ainsi que les différentes méthodes de certification [2,4] qui existent dans la littérature. Par la suite, l'objectif premier de ce stage sera de généraliser ces techniques, principalement développés dans le cadre des problèmes de classification, à d'autres tâches telles que la régression, la détection. Le deuxième objectif sera d'adapter ces outils aux modèles génératifs.

Compétences

Le candidat devra disposer d'une bonne maîtrise de python et forte connaissance en Deep Learning. Des connaissances en Pytorch et/ou TensorFlow sont également requises. Une forte connaissance en probabilité et statistique est conseillée.

[1] Ian J Goodfellow, Jonathon Shlens, and Christian Szegedy. Explaining and harnessing adversarial examples. ICLR, 2015.

[2] Eric Wong and Zico Kolter. Provable defenses against adversarial examples via the convex outer adversarial polytope. In International Conference on Machine Learning (ICML), pages 5283–5292, 2018.

[3] <https://portswigger.net/daily-swig/trojannet-a-simple-yet-effective-attack-on-machine-learning-models>.

[4] G. Yang, T. Duan, J. E. Hu, H. Salman, I. Razenshteyn, and J. Li, "Randomized smoothing of all shapes and sizes," in International Conference on Machine Learning. PMLR, 2020, pp. 10 693–10 705.

Proposition de stage 2023

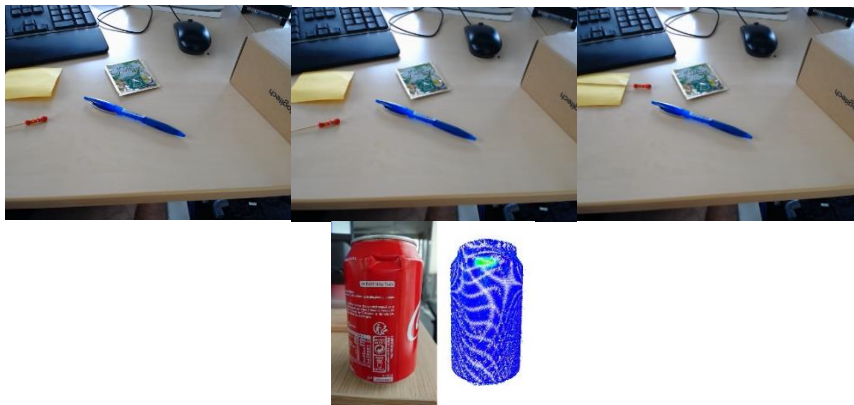
Détection d'anomalies dans des objets par apprentissage profond sur peu de données

Contact : fabrice.mayran-de-chamisso@cea@cea.fr, boris.meden@cea.fr

Contexte du stage

La détection d'anomalies (défauts notamment) dans des objets est une thématique de recherche importante ainsi qu'un enjeu industriel. Détecter une anomalie tôt dans un processus de production représente un enjeu écologique (arrêt et correction avant de produire des éléments inutilisables, gains de matière première) et financier (coût de la matière première et temps machine). Cela vaut aussi pour le domaine agroalimentaire, où par exemple détecter de la moisissure sur un fruit et l'éliminer peut permettre d'éviter la contamination du cageot complet.

L'une des problématiques rencontrées est que la collecte de données présentant des anomalies est complexe (notamment en environnement industriel) et fastidieuse. Et ce sans même compter la nécessité d'annoter lesdites données. La tendance générale de l'état de l'art est donc soit de réduire le nombre de données en entrée nécessaire pour entraîner de l'IA, soit de pouvoir générer de la donnée de synthèse réaliste (par exemple, rendu photoréaliste). Notre laboratoire s'intéresse naturellement à ces deux problématiques : modélisation (pour le rendu) et approches utilisant peu de données tout en permettant de segmenter et localiser des défauts géométriques et colorimétriques par géométrie et par apprentissage (outils statistiques, deep learning).



Haut : Deux images sans anomalies (gauche et milieu) et une image avec une anomalie colorimétrique (droite). Bas : détection d'anomalies géométriques

Objectifs du stage

Le premier objectif de ce stage sera d'étudier et évaluer des approches de l'état de l'art (voir par exemple [1]) de détection de défauts industriels par apprentissage ainsi que d'améliorer une ou plusieurs méthodes développées au CEA:

- Trouver les jeux de données pertinents et les approches utilisées pour les traiter (par exemple, le dataset *MVTEC Anomaly detection*)
- Mettre en place et comparer les approches (évaluation qualitative et quantitative)
- Prendre en main les approches développées par le CEA et les comparer à l'état de l'art

Le second objectif de ce stage consistera à améliorer les approches CEA, par exemple :

- Proposer des modifications sur la donnée (augmentations, ...) et sur l'approche (structure de réseau, procédure d'entraînement, ...)



- Constituer un dataset pour la détection de défauts permettant d’entraîner les approches (le laboratoire dispose d’un robot UR10 permettant d’automatiser certaines tâches)
- Coupler les approches géométriques et deep learning
- Évaluer les performances obtenues.

Compétences

Le candidat devra disposer d’une bonne maîtrise du langage Python. Des connaissances en TensorFlow 2 (ou au minimum de solides connaissances en Pytorch) sont également requises. Des connaissances en vision par ordinateur, en machine learning et en langage C++ sont fortement recommandées. Le candidat disposera d’une grande autonomie, un esprit d’initiative est attendu.

[1] Božič, J.; Tabernik, D. & Skočaj, D., **Mixed supervision for surface-defect detection**: From weakly to fully supervised learning , *Computers in Industry*, **2021**, 129, 103459