



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

**Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de
Producto**

**Proyecto ETREL: Inspección automática de
defectos en tiempo real y en línea a partir de
datos de múltiples fuentes y mediante el uso
de máquinas de aprendizaje: contribución a
la industria 4.0**

Autor:

Prieto García, Isabel

Responsable de Intercambio en la Uva:

Esperanza Alarcia Estévez

Universidad de destino:

Université de Technologie de Compiègne

Valladolid, febrero 2022

TFG REALIZADO EN PROGRAMA DE INTERCAMBIO

TÍTULO: **Projet ETREL: AuTomatics inspEction of defects in real time and online from multi-source data and via the use of learning machines: contribution to industry 4.0**

ALUMNO: **Isabel Prieto García**

FECHA: **28/01/2022**

CENTRO: **Laboratoire Roberval, Centre Pierre Guillaumat I**

UNIVERSIDAD: **Université de Technologie de Compiègne**

TUTOR: **Benoît Eynard**

RESUMEN: El proyecto ETREL pretende desarrollar un enfoque automatizado y reconfigurable para el control en línea de los productos fabricados. El proyecto pretende combinar soluciones de aprendizaje denominadas "inteligencia artificial" (IA) y sistemas expertos denominados "integración de datos de múltiples fuentes procedentes de adquisiciones" para conseguirlo, en piezas producidas en grandes series a gran velocidad por AML Systems, el socio del proyecto

PALABRAS CLAVE: Inspección Visual, Multi-modalidad, Control de Calidad, Dataset

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE

LABORATOIRE ROBERVAL

**Projet ETREL : AuTomatics inspEction of
defects in real time and online from multi-
source data and via the use of learning
machines: contribution to industry 4.0**

Autor:

Prieto García, Isabel

Le Tuteur responsable de l'UTC:

Benoît Eynard

Index

- 1. Présentation du projet**
- 2. Compilation de jeux données**
- 3. Module ESL**
- 4. Robot KUKA**
- 5. Conception du système d'inspection multimodal du module ESL**
- 6. Incorporation du système d'inspection à la plateforme AMS**
- 7. Animation Robot KUKA**
- 8. Construction du système d'inspection**
- 9. Mise en service du module ESL**

1. Presentation du projet ETREL- auTomatics inspEction of defects in real time and online from multi-source data and via the use of learning machines: contribution to industry 4.0.

Nom du projet :

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

Entreprise coordinatrice du projet :

Raison sociale : DeltaCAD Adresse de l'établissement en Hauts-de-France : 795 rue des Longues Rayes, 60610 Lacroix Saint-Ouen Contact chargé du projet : Nom : ROWSON Prénom : Harvey Tél : 06 63 94 22 46 Mél. : rowson@deltacad.fr

Partenaires

AML Systems, ZAC de l'Épinette - 02500 Hirson
Université Technologique de Compiègne, rue du Dr Schweitzer – 60200 Compiègne

Objectifs du projet

Le projet ETREL vise à développer une approche automatisée et reconfigurable pour le contrôle en ligne de produits manufacturés. Le projet vise à combiner solutions apprenantes dites « d'intelligence artificielle » (IA) et systèmes experts dits « d'intégration de données multi-sources issues d'acquisitions » pour réaliser ceci, sur des pièces produites en grande série à cadence rapide par AML Systems, partenaire du projet.

Mots clefs (5 au maximum)

Intelligence Artificielle, Inspection visuelle, multi-modalité, Cadence élevée, Customisation, Qualité

Contenu du projet et résultats attendus

L'inspection et la détection des défauts des produits sur une chaîne de production se réalise en temps réel et à des cadences très élevées. Cette activité fait partie intégrante de la stratégie globale d'amélioration de la qualité des produits, elle permet de limiter les retours clients coûteux. Le projet ETREL vise donc à développer une approche automatisée et reconfigurable pour le contrôle en ligne de produits manufacturés. Cet enjeu est adressé dans l'état de l'art scientifique soit par des approches apprenantes ou via des systèmes experts. Le positionnement de ce projet est double et vise à combiner solutions apprenantes dites « d'intelligence artificielle » et systèmes experts dits « d'intégration de données multi-sources issues d'acquisitions ». La mise en place des technologies d'IA et l'intégration de données multisources d'acquisition nécessitent de baser les expérimentations et la comparaison des résultats sur des références. ETREL vise 3 niveaux d'indications : (1) détection défauts potentiels, (2) localisation du défaut et (3) caractérisation du défaut par mesure. De fait, les réseaux neuronaux mis en œuvre permettraient de rendre intelligible l'identification du défaut. L'approche envisagée sera hybride en couplant à la fois des réseaux de neurones

profonds fonctionnants ensemble et une approche experte génie industriel qui fera de la localisation de défauts jusqu'à la caractérisation.

COÛT TOTAL DU PROJET : 620 069 €

AIDE DEMANDEE : 365 970 €

Ce dossier de demande doit être dûment rempli et adressé par l'entreprise coordinatrice aux services instructeurs, par mail à : aapindustriedufutur@hautsdefrance.fr et par courrier à l'attention de : Monsieur Arnaud RIQUIER Direction de l'Innovation et de la Performance Industrielle Région Hauts-de-France ; 151, boulevard Hoover ; 59555 – LILLE Cedex Une lettre de demande rédigée et signée par chacun des partenaires doit être jointe au dossier.

Description du projet

1. Enjeux industriels et économiques

- Décrire la problématique et les résultats attendus pour la ou les entreprises partenaires du projet.
- Quel impact économique, environnemental et humain en cas de succès ?

Contexte

L'inspection et la détection des défauts des produits sur une chaîne de production se réalise en temps réel et à des cadences très élevées. Cette activité fait partie intégrante de la stratégie globale d'amélioration de la qualité des produits, elle permet de limiter les retours clients coûteux. Il existe déjà des offres sur l'automatisation des inspections. Elles sont souvent spécialisées à une typologie de défauts, comme par exemple le dénombrement de composants sur un poste, le contrôle de la localisation et du positionnement de pièces, la comparaison de contours ou la détection de défauts d'aspects. Même si ces offres disponibles sur le marché répondent au besoin premier en matière d'inspection, elles nécessitent bien souvent d'être reprogrammées et calibrées en cas d'évolution du produit ou de la chaîne de production. Tous les produits même les plus standards d'entre-deux sont susceptibles d'évoluer (e.g. formes, aspects, fonctions) pour répondre aux besoins spécifiques de chaque client. Par exemple, le module ESL d'AML Systems (utilisateur final et partenaire du projet ETREL) est aujourd'hui fabriqué à des cadences sous la seconde et est inspecté manuellement par un opérateur.

Ce module est produit à des millions d'exemplaires par an, avec des différences au niveau des couleurs, des inscriptions et gravures, et des fonctions selon les constructeurs automobiles. Il y a donc autant d'inspection à reprogrammer que de nouvelles configurations du produit, ce qui est un frein au déploiement de l'industrie 4.0. Ainsi, pour rester concurrentielle, l'entreprise doit se doter d'une inspection automatique qui s'adapte rapidement au changement de configurations du produit et qui soit très performante sur la chaîne de production. Cela signifie que dans ce contexte de produits customisés, de nouveaux défauts encore inconnus peuvent apparaître, et doivent donc pouvoir être détectés à moindre frais.

Le projet ETREL vise donc à développer une approche automatisée et reconfigurable pour le contrôle en ligne de produits manufacturés.

Présentation de la méthodologie utilisée pour atteindre les objectifs du projet.

Les très récentes avancées en IA en mode non supervisé, et le couplage de ces méthodes à des techniques de vision par ordinateur permettent d'envisager une réponse performante à ces verrous scientifiques. 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 objets dans des images, voire de générer automatiquement des images à partir d'un jeu restreint de paramètres. Le défaut de ces réseaux de neurones profonds est que pour l'instant 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 montage et de contrôle. Ils agiront comme une assistance à un opérateur le confortant et l'aidant dans son inspection.

Concrètement, les industriels produisent de fait plus de produits corrects que de produits présentant un défaut. La base de données de produits avec défauts est donc par nature bien moins grande en volume que ce que pourrait être la base de données de produits corrects. Ainsi, la posture de recherche technologique adoptée est d'étudier la production de produits « bons » qui sont en grand nombre, et ceci au travers de représentations préalablement définies. Par conséquent, la combinaison de réseaux de neurones apprenant les produits « bons » à un réseau de neurones « génératif » des représentations dites correctes permettrait par superposition de l'image générée et de celle contrôlée de fournir jusqu'à 3 niveaux d'indications : (1) détection défauts potentiels, (2) localisation du défaut et (3) caractérisation du défaut par mesure. De fait, les réseaux neuronaux mis en œuvre permettraient de rendre intelligible l'identification du défaut. L'approche envisagée sera hybride en couplant à la fois des réseaux de neurones profonds fonctionnant ensemble et une approche experte génie industriel qui fera de la localisation de défauts jusqu'à la caractérisation.

Pour permettre une large exploitation des sources d'information multiples issues des différents moyens d'acquisition (e.g. caméra rapide, caméra de profondeur, scan laser), une nouvelle technique de fusion de données 3D sera proposée. Elle permettra de ramener toutes les données 3D (e.g. nuage de points, maillages, modèles B-Rep) dans un espace commun 2.5D (e.g. carte de profondeur) dans lequel les apprentissages et les identifications pourront avoir lieu [9][10]. Cette technique permettra de traiter aussi bien les données issues d'acquisitions réelles, que les données virtuelles issues de configurations simulées sur le jumeau numérique. Le projet ETREL s'appuiera sur une plateforme expérimentale nommée AMS (Agile Manufacturing System) et située à l'UTC. Elle peut convoier, contrôler, assembler des produits de différentes natures : pièces usinées en tournage, pots, flacons transparents et composants mécatroniques. La chaîne numérique et le jumeau numérique CAO de cette plateforme sont maîtrisés et nous disposons des ressources 3D natives et de simulations de l'ensemble Produit et Process. La plateforme AMS et sa chaîne numérique est un avantage important du projet car elle permettra de produire la masse critique de données d'entrée nécessaires pour un bon apprentissage des réseaux neuronaux.

De plus, les données expérimentales issues de la plateforme seront consolidées par des données virtuelles générées à partir du jumeau numérique de la chaîne de production. Sur la plateforme AMS, il sera implémenté des équipements de détections de différentes finalités et cela à différentes cadences. L'intérêt est de fournir des POC (Proof Of Concept) industriels 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. Le projet est ainsi structuré en trois Work Packages.

2. Enjeux scientifiques

- Quels sont les verrous technologiques ou organisationnels que le projet entend lever ?
- Quelles connaissances nouvelles en attend-t-on ?
- Quelles retombées pour les laboratoires partenaires ?

Comme présenté précédemment, le projet ETREL vise à développer une approche automatisée et reconfigurable pour le contrôle en ligne de produits manufacturés.

Cet enjeu est adressé dans l'état de l'art scientifique soit par des approches apprenantes ou via des systèmes experts. Le positionnement de ce projet est double et vise à combiner solutions apprenantes dites « d'intelligence artificielle » (IA) [1,2] et systèmes experts dits « d'intégration de données multisources issues d'acquisitions » [3,4]. La mise en place des technologies d'IA et l'intégration de données multi-sources d'acquisition nécessitent de baser les expérimentations et la comparaison des résultats sur des références.

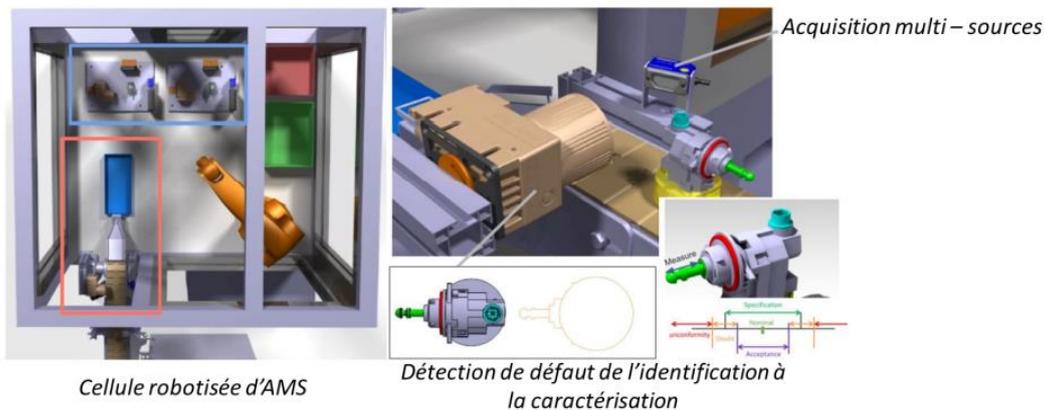
Pour l'IA, ces références sont des « datasets » utiles à la fois pour la validation des entraînements que pour la validation des résultats. Un dataset DAGM a été créé en 2007 (<https://resources.mpiinf.mpg.de/conference/dagm/2007/prizes.html>) pour tester des algorithmes apprenants supervisés pour des surfaces manufacturées. De nombreuses publications y font référence mais peu sur les approches non supervisées comme il est envisagé dans ce projet [5]. Pour l'intégration des données d'acquisition multi-sources, la notion de référentiel commun permet de ramener à la même dimension et donc de faciliter le traitement et l'analyse experte. Le premier verrou de la mise en place de l'IA en contexte manufacturier est le nettoyage et la préparation des données d'acquisition [6]. Elles ne sont pas homogènes et l'ensemble des signaux d'acquisitions doivent être traités afin que les données puissent être prêtes pour l'entraînement. De plus, la quantité de données pour assurer l'entraînement est importante. Un deuxième verrou est donc de pouvoir « apprendre » sur une quantité minimale de données pour obtenir des temps d'apprentissage courts et de bonnes 5 / 11 performances en matière de taux de réponse. Quelques références commencent à s'intéresser à apprendre en considérant les produits « bons » [7]. Ce sera le cas dans ce projet en y ajoutant l'intégration de données d'acquisition multi-sources. Les images, vidéos, scans 3D seront les trois types de données multi-sources considérées et intégrées simultanément afin de rendre performant et intelligible les résultats obtenus. Les verrous scientifiques de ce projet sont : (1) Comment nettoyer les données d'acquisition multi-sources (images, vidéos, scanning) pour les rendre apprenantes ?; (2) Comment intégrer les données d'acquisition et proposer des détections automatiques intelligibles ?

Dans ETREL, l'objectif n'est pas de développer de nouveaux algorithmes de vision par ordinateur ou d'IA. Il s'agit de capitaliser sur les solutions existantes de l'état de l'art permettant de répondre au besoin d'identification de défauts en ligne, et de les adapter sur une plateforme adaptée à l'industrie. La démarche mise en œuvre et les résultats seront mis à disposition en Open Source. La recherche qui sera menée dans ce projet est donc axée sur le Génie Industriel.

L'un des caractères novateurs du projet réside dans l'adaptation méthodologique et technologique des approches usuelles de vision par ordinateur et de Machine Learning au contexte de l'industrie manufacturière.

Un premier élément est d'intégrer le fait qu'il existe de gros volumes de pièces correctes et peu de pièces incorrectes. De plus, l'espace des possibilités de pièces incorrectes est infini et imprédictible (une pièce peut toujours être incorrecte d'une nouvelle façon). Ainsi le fonctionnement des algorithmes doit être « inversé », il s'agit de travailler par exclusion (des pièces correctes) pour identifier les pièces incorrectes. Un second élément est la capacité de générer des bases de cas via l'existence du jumeau numérique de la chaîne de production (qui

est notamment disponible pour la plateforme AMS, cf figure ci-dessous) et qui permettra de disposer d'un gros volume d'occurrences « virtuelles » et de procéder par Transfer Learning sur un nombre potentiellement réduit d'occurrences « réelles ».



Le projet ETREL apporte des réponses à plusieurs enjeux posés de l'« Industrie du Futur ». Il propose une application pertinente des technologies nouvelles issues de l'IA sur les problématiques de contrôle en temps réel d'une usine agile. Le projet ETREL vise également à faciliter le travail des opérateurs tout en tenant compte du contexte de personnalisation croissante des produits (et donc de diversification des contrôles). Le livrable principal du projet ETREL est de proposer une démarche de mise en œuvre générique de l'IA pour l'inspection en temps réel sur une ligne de production.

Nous tâcherons de proposer une méthodologie de mise en œuvre pour assurer la complétude entre reconnaissances de formes 2D et 3D. Les RNCP – Réseaux de Neurones Convolutifs Profonds seront étudiés. Par nature, ces réseaux sont non explicites, ce qui peut, malgré leurs grandes performances être un potentiel frein à leur utilisation. Nous tâcherons dans le cadre de ce projet ETREL d'apporter de l'applicabilité et de rendre le résultat obtenu explicite. Cela donnera un fort niveau de confiance dans la méthode proposée.

Respectivement, les principaux livrables scientifique du projet seront :

Rapport de veille scientifique et technique sur la rétro-ingénierie par intégration de données hétérogènes, appliquée à l'inspection de défauts industriels. (Attendus à t6-t12)

Rapport portant sur la proposition d'un cadre méthodologique sur la complétude des données 2D/3D pour le contrôle de défauts industriels (en ligne/temps réel) (Attendus à t6 - t18)

La proposition principale sera un cadre méthodologique sur la complémentarité des données 2D/3D pour le contrôle de défauts industriels (en ligne/temps réel). Une mise en œuvre à base d'IA de type Réseaux de Neurones s Convolutifs Profond (RNCP) est fortement envisagée. Ce WP tâchera de rendre le résultat de l'IA explicite pour donner un fort niveau de confiance.

Dans le cadre de ce qui précède, mon rôle principal dans le projet est axé sur :

- Étude théorique des jeux de données existants qui serviront de point de départ au développement du machine learning.
- Développement et conception du poste de contrôle situé sur la ligne de production.
- Incorporation du système de contrôle dans la plateforme AMS.
- Simulation de la cellule robotisée.

2. Compilation de jeux de données pour le projet ETREL- auTomatics inspECTION of defects in real time and online from multi-source data and via the use of learning machines: contribution to industry 4.0.

Contexte

Le contrôle de la qualité sur la ligne de production est d'une importance vitale. Pour réaliser une inspection rigoureuse de l'état de chaque produit, on utilise l'IA, qui a besoin de datasets pour pouvoir fonctionner correctement.

Nous nous sommes concentrés sur la recherche de jeux de données qui fournissent des informations sur la détection des défauts dans la production de pièces. Les informations en 2D (images, vidéos, sons...) et en 3D (modèles CAO...) sont requises. Une attention particulière a été accordée à la recherche de bases de données fournissant des informations sur plusieurs modalités pour une même instance.

Par modalité, on entend les différentes manières d'exprimer l'information, qu'elle soit collectée par un capteur, générée par un ordinateur ou observée par un expert. Ainsi, une multimodale serait constituée d'un ensemble de données de nature différente (images, vidéo, audio, texte, modèle 3D...).

Datasets

Afin d'identifier les datasets, nous avons recherché dans Google Scholar et Scopus les articles dans lesquels ces datasets ont été utilisés, étudiés ou même créés.

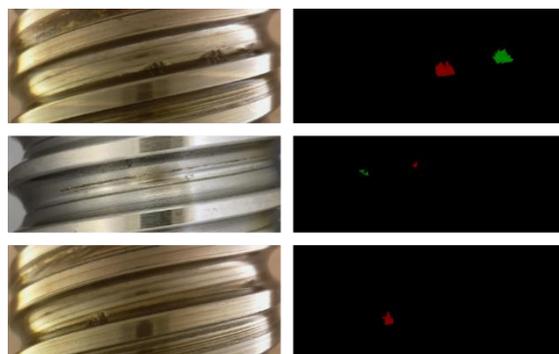
Dans ce document, nous présenterons les bases de données trouvées, organisées par modalité, importance et chronologie, de manière à illustrer d'abord la plus récente.

IMAGES : Inspection des défauts de surface

- **BSDData.** Jeu de données sur les défauts de surface des éléments de machines-outils industrielles (2021).

Le jeu de données contient 1104 images de canal 3 avec 394 annotations d'images pour le type de dommage de surface pitting. Le jeu de données disponible pour le téléchargement est divisé en deux dossiers, données avec toutes les images en JPEG, étiquette avec toutes les annotations, et modèle sauvegardé avec un modèle de base.

[Industrial Machine Tool Element Surface Defect Dataset \(kit.edu\)](#)
[GitHub - 2Obe/BSDData: Dataset for classification, detection and prognostics of surface defects on ball screw drives](#)



- **GC10-DET (2020)**
Metallic surface defect detection.

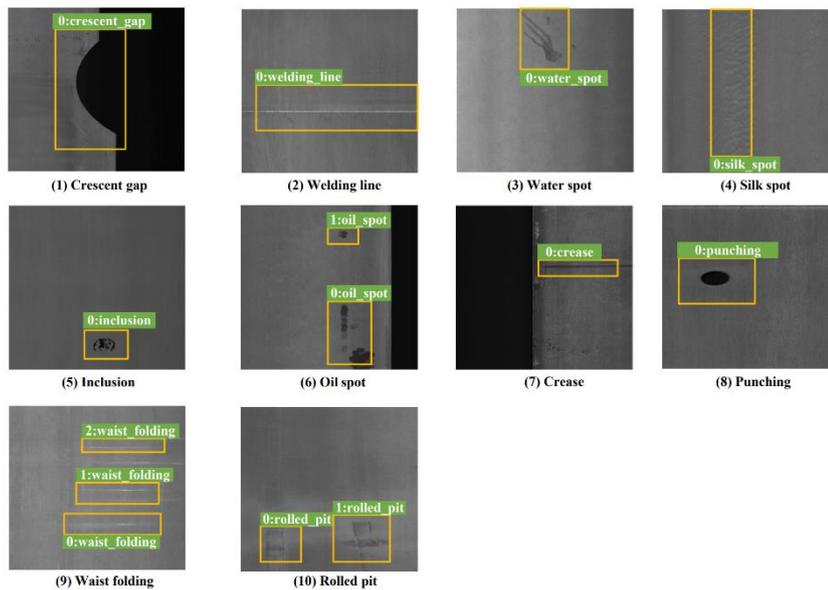


Figure 5. Detection results on the GC10-DET dataset. In sequence, the pictures are: (1) Crescent gap, (2) Welding line, (3) Water spot, (4) Silk spot, (5) Waist folding, (6) Inclusion, (7) Oil spot, (8) Crease, (9) Punching, and (10) Rolled pit.

[GC10-DET | Kaggle](#)

- **SD-saliency-900 (2020)**

Trois catégories : Inclusion, Taches et Éraflures. Il s'agit d'un total de 90 900 images de détection de défauts de surface en acier et les cartes binaires correspondantes par pixel (vérité de terrain).

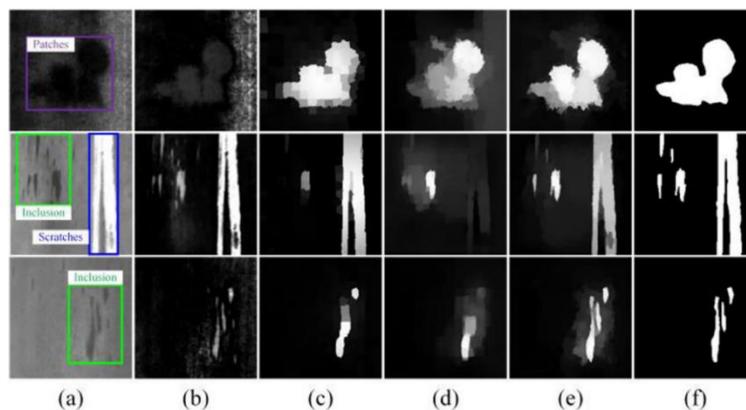
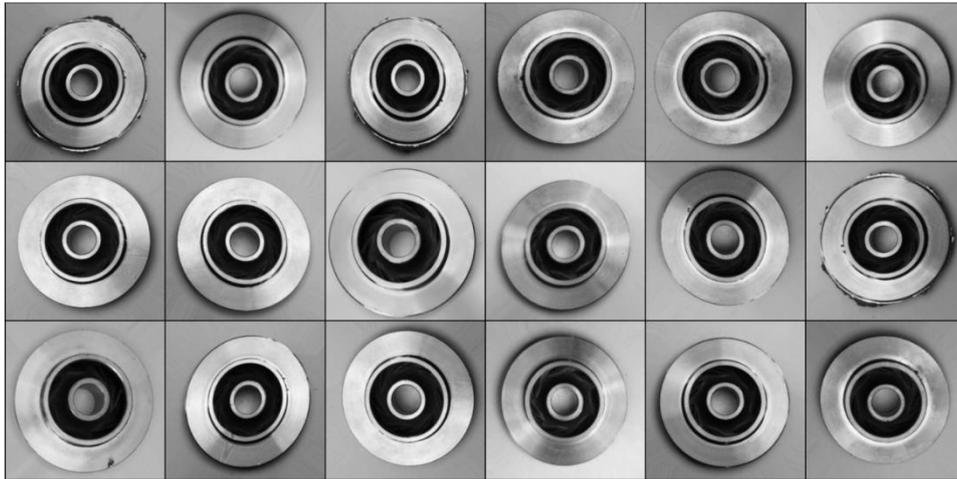


Fig. 1. Typical challenging examples of strip steel surface defects for saliency detection algorithms. From left to right: (a) Source image (b) FT [11] (c) SMD [13] (d) MIL [14] (e) MCITF (ours) (f) Ground truth.

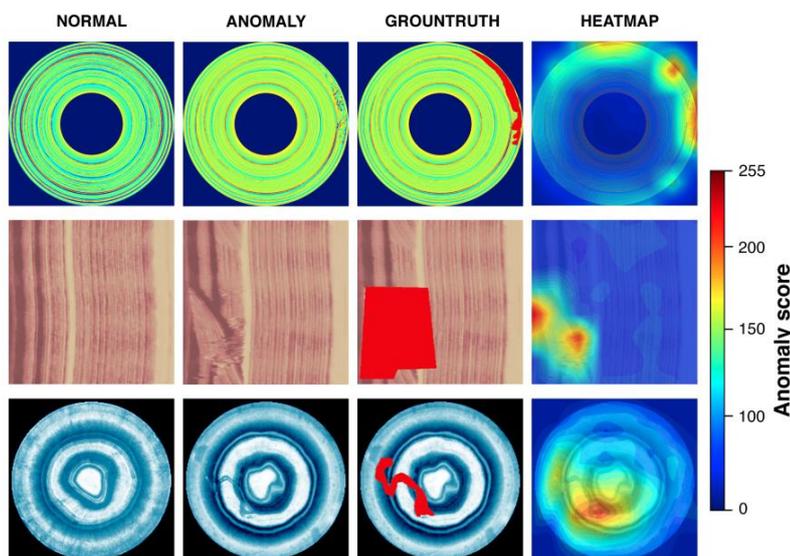
[SD-saliency-900 | Kaggle](#)

- Casting product image data for quality inspection (2020):**
 Cette database contient des photos de la vue supérieure de la roue d'une pompe submersible.
 Le jeu de données contient 7348 images au total. Toutes ces images sont de la taille de (300*300) pixels en échelle de gris. Dans toutes les images, l'augmentation a déjà été appliquée.
 Les images téléchargées sont également de taille 512x512 en niveaux de gris. Cet ensemble de données est sans augmentation. Il contient 519 images de roue avant et 781 images de roue arrière.



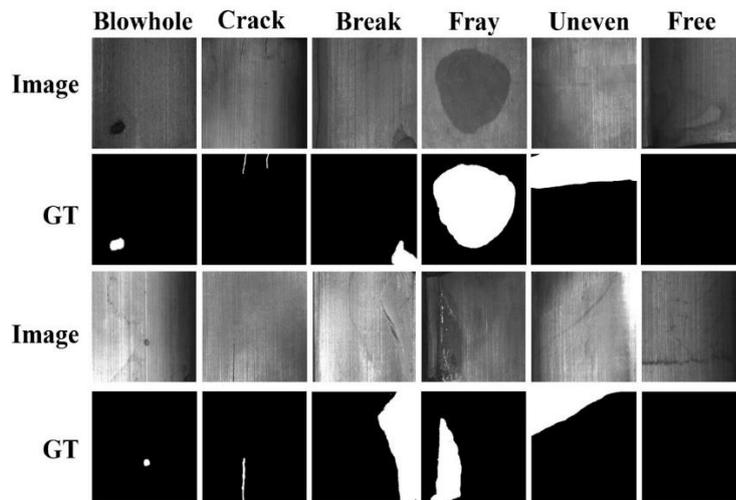
[casting product image data for quality inspection | Kaggle](#)

- BTAD (beanTech Anomaly Detection) (2021):**
 Un jeu de données d'anomalies industrielles du monde réel. Le jeu de données contient un total de 2830 images réelles de 3 produits industriels présentant des défauts de corps et de surface.



[BTAD \(beanTech Anomaly Detection\) | Kaggle](#)

- **Magnetic Tile Dataset (2020):** 6 common magnetic tile defects



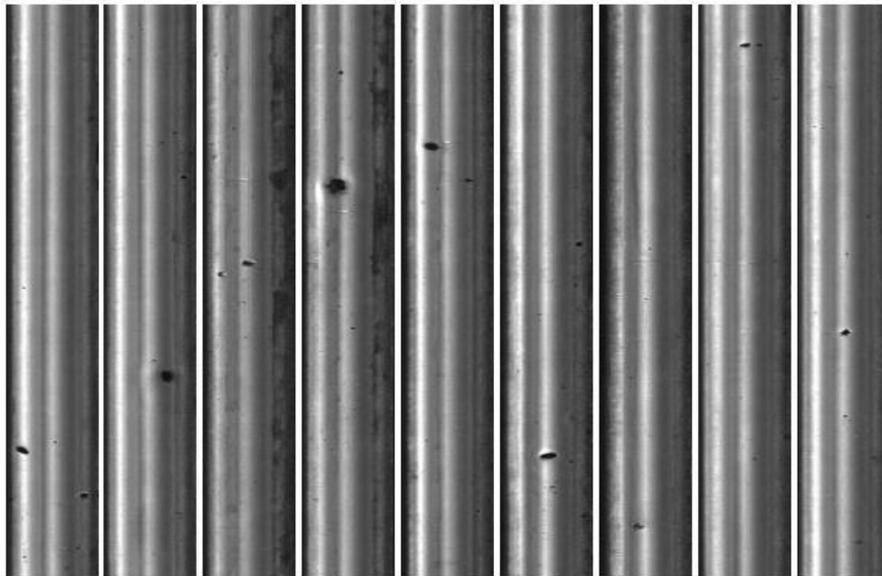
<https://github.com/Charmve/Surface-Defect-Detection/tree/master/Magnetic-Tile-Defect>

- **RSDDs (2020):** Rail Surface Defects Datasets

Ce jeu de données contient deux types de jeux de données : le premier est un jeu de données RSDDs de type I capturé à partir de la voie rapide, qui contient 67 images difficiles. Le second est un jeu de données RSDDs de type II capturé à partir d'une voie de transport normale/lourde, qui contient 128 images difficiles.

Chaque image des deux ensembles de données contient au moins un défaut, et l'arrière-plan est complexe et bruyant.

Ces défauts dans l'ensemble de données RSDDs ont été marqués par des observateurs humains professionnels.

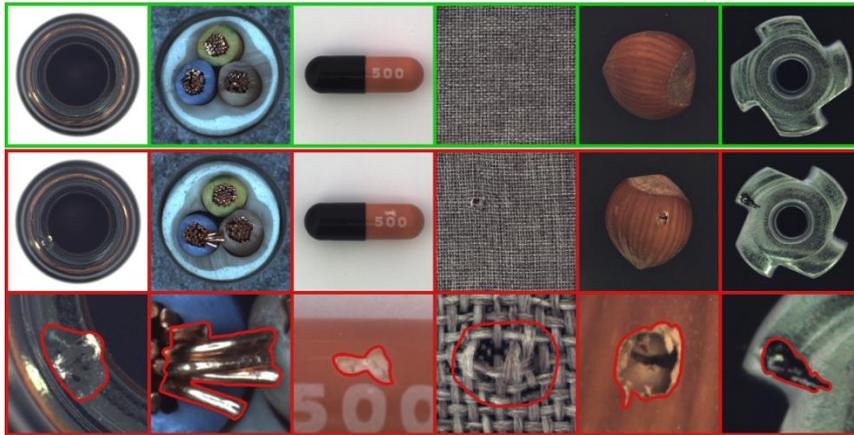


<https://pan.baidu.com/share/init?surl=svsnqL0r1kasVDNjppkEwg> (password: nanr)

- **MVTEC Anomaly Detection Dataset*** (2019)

Il contient plus de 5000 images à haute résolution divisées en quinze catégories différentes d'objets et de textures. Chaque catégorie comprend un ensemble d'images d'entraînement sans défaut et un ensemble de test d'images avec différents types de défauts ainsi que des images sans défaut.

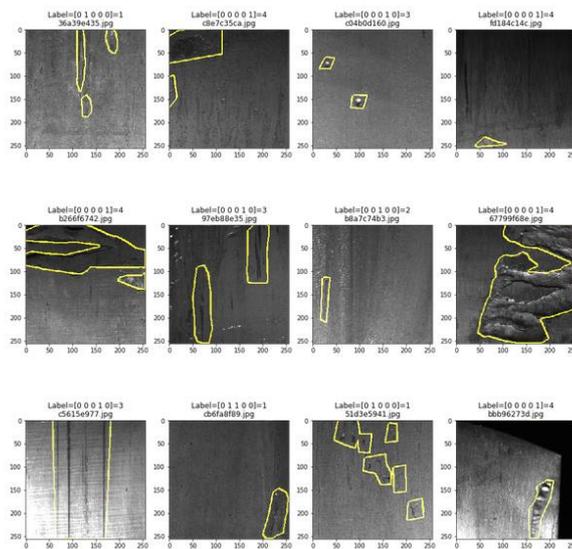
Des annotations précises au pixel près de toutes les anomalies sont également fournies.



[MVTEC AD: MVTEC Software](#)

- **Severstal Steel Dataset*** (2019)

Il contient des images d'acier avec au moins un défaut. Il a été publié pour une compétition de Kaggle.

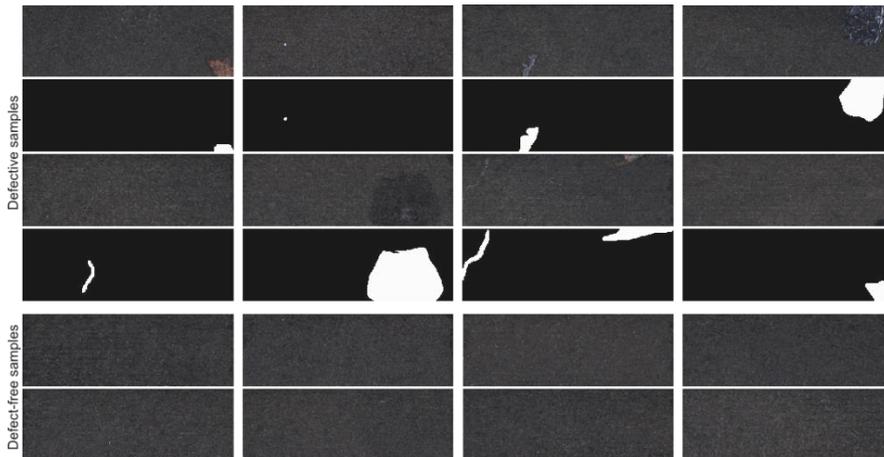


[Severstal: Steel Defect Detection | Kaggle](#)

- **Kolektor (2019-2021):**

Jeu de données de détection de défauts de surface avec plus de 3000 images contenant plusieurs types de défauts, obtenues en abordant un problème industriel réel.

Le jeu de données est composé de 356 images avec des défauts visibles, 2979 images sans aucun défaut, des images d'environ 230 x 630 pixels, jeu d'entraînement avec 246 images positives et 2085 images négatives, un jeu de test avec 110 images positives et 894 images négatives, plusieurs types de défauts différents (rayures, taches mineures, imperfections de surface, etc).

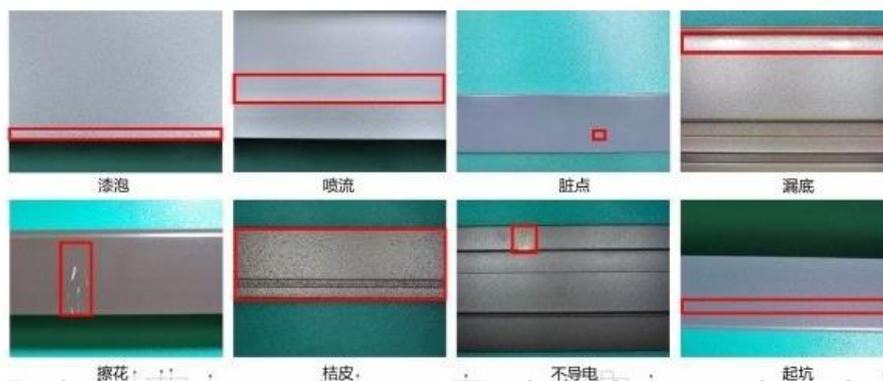


Kolektor SDD: [GitHub - skocec/segdec-net-jim2019: Surface Defect Detection with Segmentation-Decision Network on KolektorSDD](https://github.com/skocec/segdec-net-jim2019)

Kolektor SDD2: [GitHub - vicoslab/mixed-segdec-net-comind2021: Official PyTorch implementation for "Mixed supervision for surface-defect detection: from weakly to fully supervised learning"](https://github.com/vicoslab/mixed-segdec-net-comind2021)

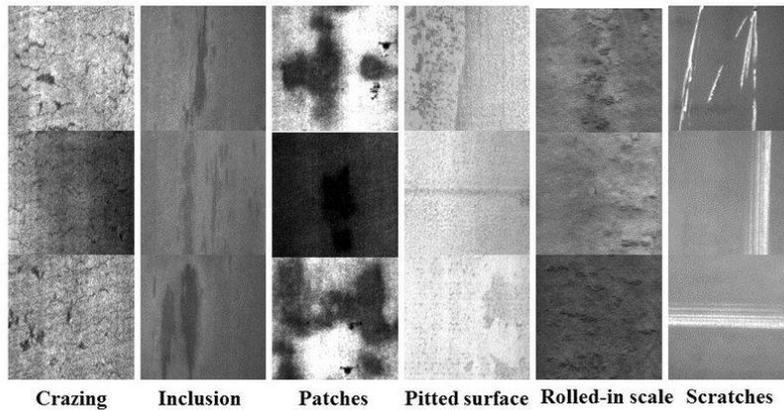
- **Tianchi Aluminium Profile Surface Defect (2018)**

Dans le jeu de données du concours, il y a 10 000 données d'images de surveillance de profilés en aluminium présentant des défauts dans la production réelle, et chaque image contient un ou plusieurs défauts. L'image échantillon pour l'apprentissage automatique identifiera clairement le type de défaut contenu dans l'image.



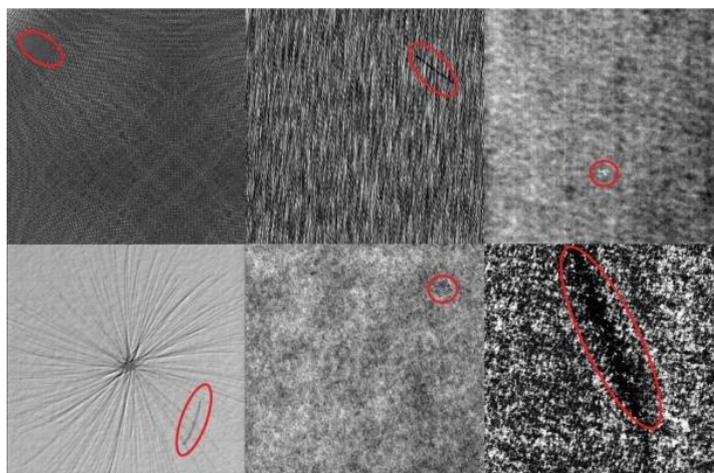
<https://tianchi.aliyun.com/competition/entrance/231682/information>

- NeuSurface Defect Database (2013):**
 Base de données pour la classification de 6 types de défauts de surface par Kechen Song et Yunhui Yan.
 Six types de défauts de surface typiques de la bande d'acier laminée à chaud sont collectés, à savoir, la calamine (RS), les taches (Pa), le craquelage (Cr), la surface piquée (PS), l'inclusion (In) et les rayures (Sc). La base de données comprend 1 800 images en niveaux de gris : 300 (réparties en 240 images pour la formation et 60 images pour le test) échantillons de chacun des six types de défauts de surface typiques suivants.



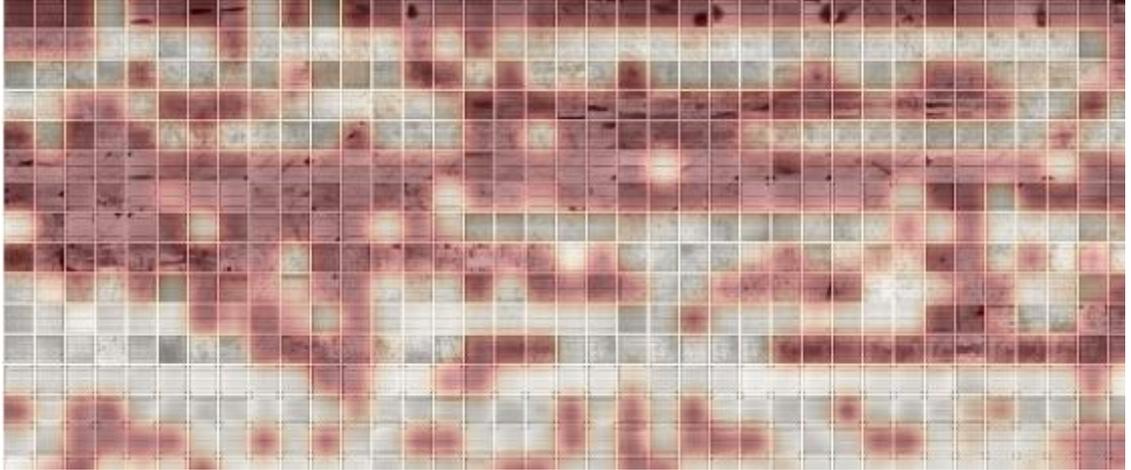
[NEU Surface Defect Database | Kaggle](#)

- DAGM (2007)**
 Un ensemble de données synthétiques pour la détection de défauts sur des surfaces texturées. Il a été créé à l'origine pour un concours lors du symposium 2007 de la DAGM (Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Mustererkennung). Les six premiers jeux de données sur dix, appelés jeux de données de développement, sont censés être utilisés pour le développement d'algorithmes. Les quatre jeux de données restants, appelés jeux de données de compétition, peuvent être utilisés pour évaluer les performances des algorithmes...



- **ELPV Dataset (2018-2019)**

Le dataset contient 2 624 échantillons d'images en niveaux de gris 8 bits de 300x300 pixels de cellules solaires fonctionnelles et défectueuses avec différents degrés de dégradation, extraites de 44 modules solaires différents.



[GitHub - zae-bayern/elpv-dataset: A dataset of functional and defective solar cells extracted from EL images of solar modules](https://github.com/zae-bayern/elpv-dataset)

- **CRACK Forest Dataset (2017):**

Base de données d'images de fissures routières annotées qui peuvent refléter l'état de la surface des routes urbaines.

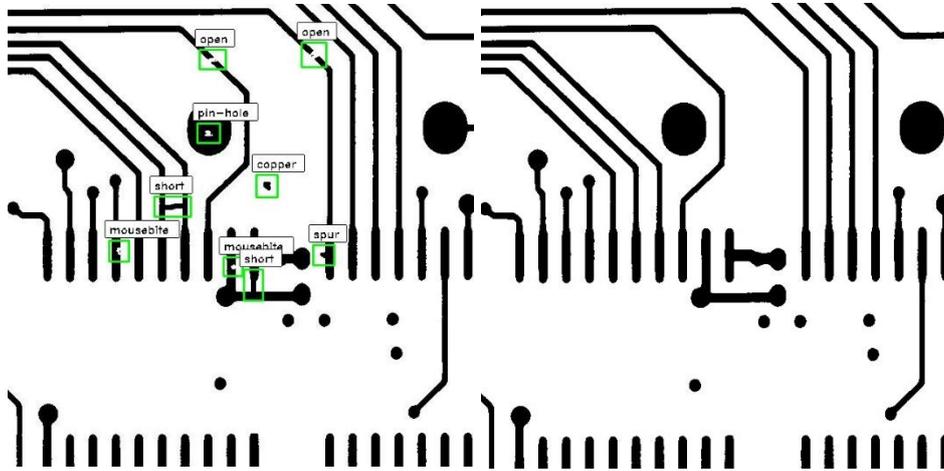


<https://github.com/cuilimeng/CrackForest-dataset>

<https://pan.baidu.com/s/1108j5QbDr7T3XQvDxAzVpg> (password : jajn)

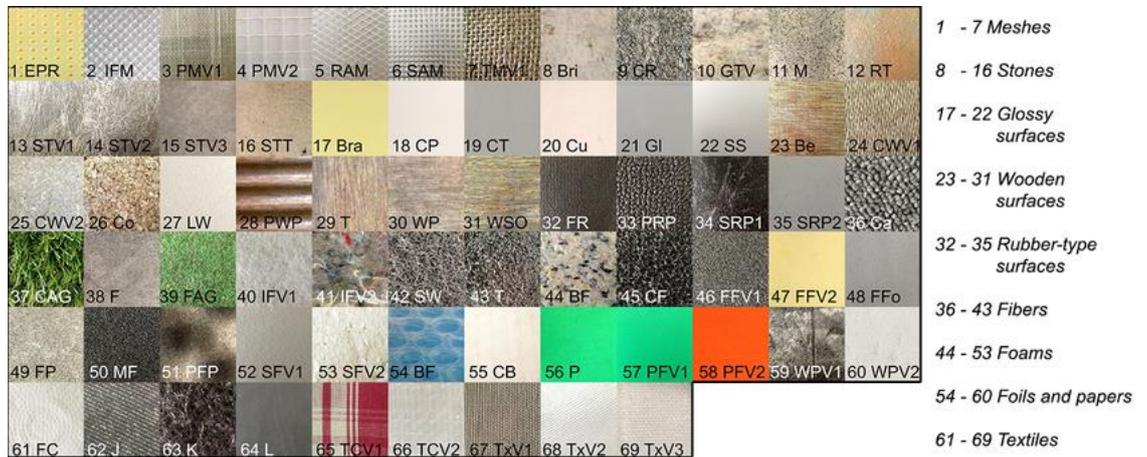
- **Deep PCB**

Dataset contenant 1 500 paires d'images, chacune étant constituée d'une image modèle sans défaut et d'une image testée alignée avec des annotations comprenant les positions des 6 types de défauts de PCB les plus courants : ouvert, court-circuit, mousebite, éperon, trou d'épingle et cuivre parasite.



[GitHub - tangsanli5201/DeepPCB: A PCB defect dataset.](https://github.com/tangsanli5201/DeepPCB)

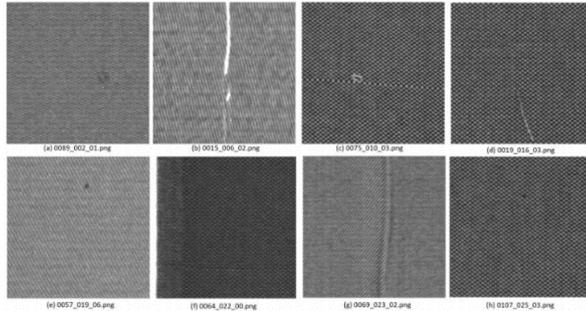
- **LMT Haptic Texture Databe**



[LMT Haptic Texture Database \(tum.de\)](https://www.tum.de/lmt/)

- **AITEX fabric defects dataset (2020):**

Ce jeu de données se compose de 245 images de 4096x256 pixels avec sept structures de tissu différentes. L'ensemble de données comprend 140 images non défectueuses, 20 de chaque type de tissu. En outre, il y a 105 images de différents types de défauts de tissu (12 types) courants dans l'industrie textile.



[百度网盘 请输入提取码 \(baidu.com\)](https://pan.baidu.com/s/1LMbujxvr5iB3SwjFGYHspA) (password: b9uy)

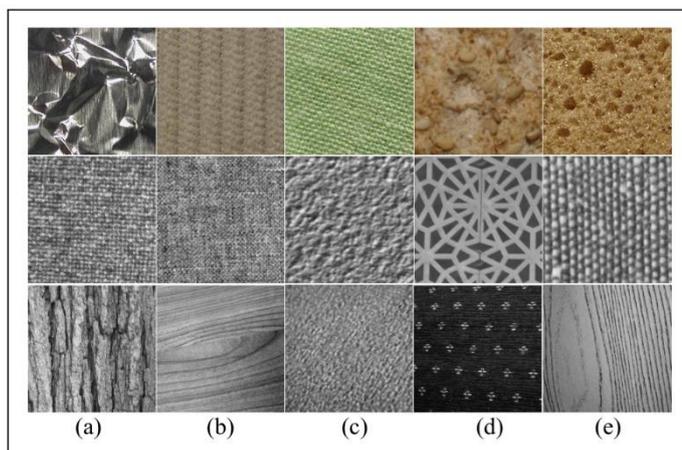
- **Tianchi Fabric Defect Dataset (2020)**

Cet dataset couvre tous les types de défauts importants des tissus dans l'industrie textile, et chaque image contient un ou plusieurs défauts. Les données comprennent deux types de tissus : les tissus unis et les tissus à motifs. Parmi elles, environ 8000 pièces de données de tissus unis sont utilisées pour les matchs préliminaires, et environ 12000 pièces de données de tissus à motifs sont utilisées pour les demi-finales.

<https://pan.baidu.com/s/1LMbujxvr5iB3SwjFGYHspA> (password: gat2)

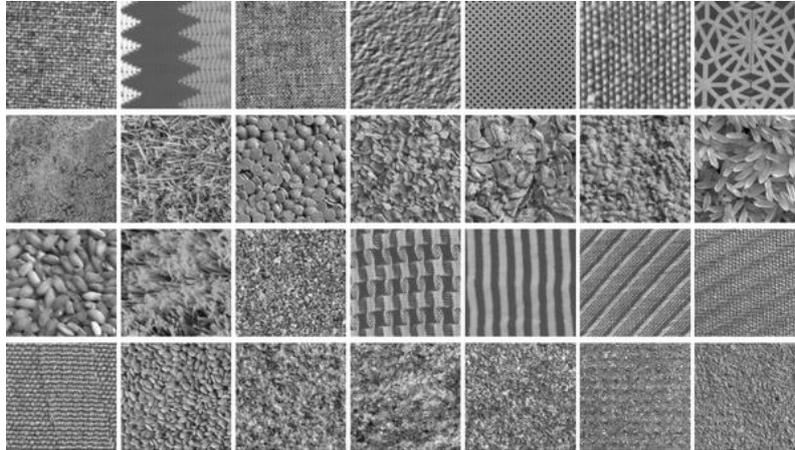
- **Textures Classification Dataset (2020)**

Jeu de données de texture de surface (8674 images), qui contient 64 classes provenant de 3 jeux de données publics. Les images sont uniformément redimensionnées en 331 x 331. Notamment, 11 classes (3194 images) de la base de données de surface KTH (y compris KTH-TIPS et KTH-TIPS2), 28 classes (4480 patches sans rotation) de la base de données Kyberge, et 25 classes (1000 images) de la base de données UIUC. Le jeu de données est divisé en deux de manière aléatoire, l'un pour l'entraînement et l'autre pour la validation.



[GitHub - abin24/Textures-Dataset: This is a dataset of our paper "A compact convolutional neural network for surface defect inspection"](https://github.com/abin24/Textures-Dataset)

- **Kylberg Texture Dataset**
8 texture classes. 160 unique texture patches per class. (Alternative dataset with 12 rotations per each original patch, $160 \times 12 = 1920$ texture patches per class). Texture patch size: 576×576 pixels.



[Kylberg Texture Dataset v. 1.0 – Kylberg.org](http://Kylberg.org)

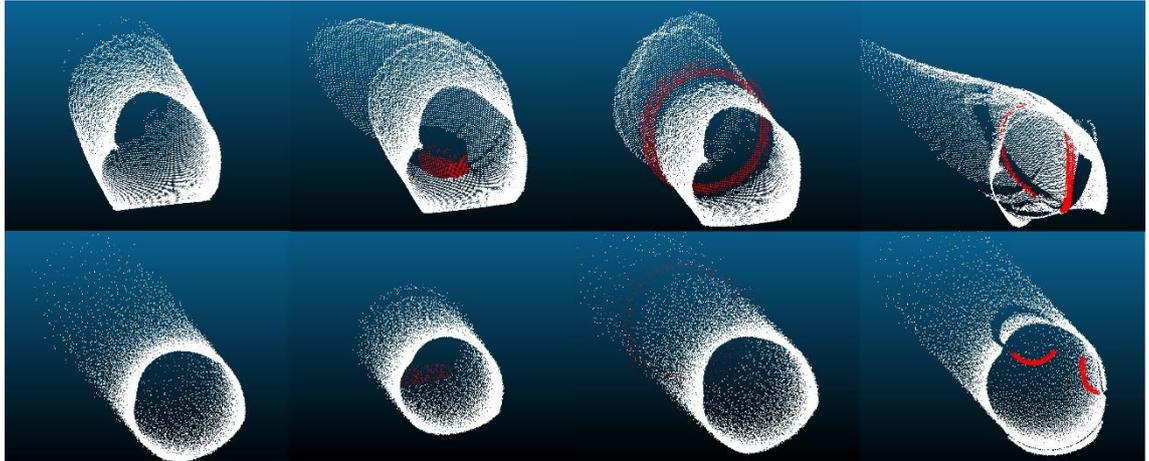
- **KTH Surface Dataset**
- **UIUC**

SON

- **ToyADMOS (2019):**
Dataset sur les sons de fonctionnement des machines (2019) (2 types de machines industrielles) ensemble de données sur les sons de fonctionnement des machines comprenant environ 540 heures de sons normaux de fonctionnement de machines et plus de 12 000 échantillons de sons anormaux. Inspection du produit (voiture-jouet), diagnostic de défaillance pour une machine fixe (convoyeur-jouet), et diagnostic de défaillance pour une machine en mouvement (train-jouet).
[GitHub - YumaKoizumi/ToyADMOS-dataset: Dataset and its sample codes for anomaly detection in sound.](https://github.com/YumaKoizumi/ToyADMOS-dataset)
- **MIMII (2019):**
Jeux de données sonores pour l'investigation et l'inspection de machines industrielles défectueuses. Il contient les sons générés par quatre types de machines industrielles, à savoir les vannes, les pompes, les ventilateurs et les glissières. Chaque type de machine comprend sept modèles de produits individuels*1, et les données de chaque modèle contiennent des sons normaux (de 5 000 à 10 000 secondes) et des sons anormaux (environ 1 000 secondes).
[MIMII Dataset: Sound Dataset for Malfunctioning Industrial Machine Investigation and Inspection | Zenodo](https://zenodo.org/record/3333333)
- **DCASE 2020 Task 2 Dataset**
Détection non supervisée de sons anormaux pour la surveillance de l'état des machines. L'ensemble de données utilisé est une combinaison des deux précédents.

MODÈLE 3D

- **AAU Sewer Defect Point Cloud Dataset (2021):**
Classification des défauts des canalisations d'égouts à partir de points de nuages utilisant des données réelles et synthétiques
Premier jeu de données publiquement disponible de données 3D de canalisations d'égouts et de défauts. La majorité du jeu de données est constituée de données synthétiques, tandis que les nuages de points de canalisations réelles ont été enregistrés dans un environnement de laboratoire à l'Université d'Aalborg, au Danemark.



[AAU Sewer Defect Point Cloud Dataset | Kaggle](#)

- **Thin-walled deformable objects dataset (2017)**
Il s'agit d'un ensemble de données de modèles d'objets à parois minces avec des représentations volumétriques, qui est généré à partir de 13 objets réels. Deux sous-ensembles sont présentés : objectsModelDemo (30 fichiers obj) et ObjectModelsVariants (2214 fichiers obj).

[GitHub - martinajingyixu/thin-walled-objects-dataset](#)

MULTIMODAL

Tout au long de la recherche, de nombreux articles ont été trouvés qui mentionnent des ensembles de données utiles et intéressants pour l'avancement du projet. Malheureusement, ils ne sont pas dans le domaine public.

Par exemple :

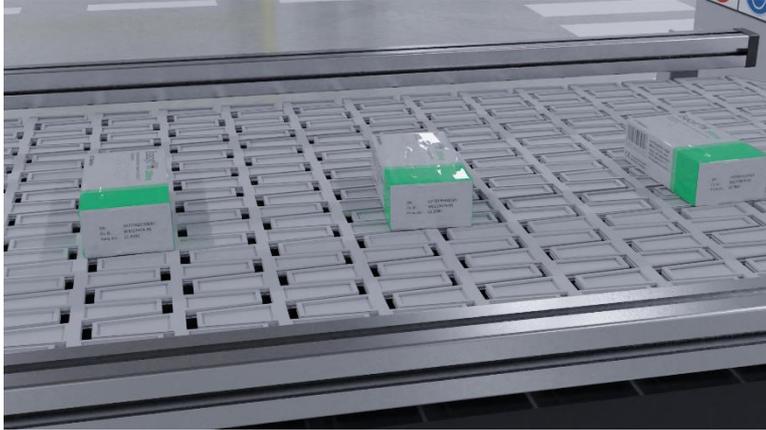
Günther, J., Pilarski, P. M., Helfrich, G., Shen, H., & Diepold, K. (2016). Intelligent laser welding through representation, prediction, and control learning: An architecture with deep neural networks and reinforcement learning. *Mechatronics*, 34, 1-11. DOI 10.1016/j.cirp.2016.04.072

Jovančević, I., Pham, H. H., Orteu, J. J., Gilblas, R., Harvent, J., Maurice, X., & Brèthes, L. (2017). 3D point cloud analysis for detection and characterization of defects on airplane exterior surface. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 36(4), 1-17. DOI 10.1007/s10921-017-0453-1

DES AUTRES

- **Industrial Quality Control of Packages (2020):**

Détecter les paquets endommagés dans un scénario d'inspection de qualité en ligne. Les images ont été créées synthétiquement à l'aide de Blender. Le code pour produire ces images est en libre accès.



<https://github.com/christian-vorhemus/procedural-3d-image-generation>

- Il existe également de nombreuses bases de données utiles pour la détection d'objets en général, mais non spécifiques au domaine industriel et au contrôle des défauts : [CV Datasets on the web \(cvpapers.com\)](http://cvpapers.com)

Compilation de Datasets :

	TYPE	ANNÉE	NOM	DESCRIPTION	ECHANTILLON	PIXELS
1	Images	2021	BSData	Jeu de données sur les défauts de surface des éléments de machines-outils industrielles	1104	
2	Images	2020	GC10-DET	Metallic surface defect detection	2300	
3	Images	2020	SD-Saliency-900	Images de détection de défauts de surface en acier	90900	
4	Images	2020	Casting product image data	Database contient des photos de la vue supérieure de la roue d'une pompe submersible	7348+1300	300x300/ 512+512
5	Images	2021	BTAD	BeanTech Detection d'anomalies industrielles du monde réel	2830	
6	Images	2020	Magnetic Tile Dataset	Des images de 6 défauts communs des tuiles magnétiques		250x350
7	Images	2020	RSDDs	Rail Surface Defects Datasets	195	
8	Images	2019	MVTEC Anomaly Detection	15 catégories différentes d'objets et de textures avec des images avec et sans défauts	5000	600x600/ 1600x1600
9	Images	2019	Severstal Steel	Des images d'acier avec au moins un défaut.	18000	
10	Images	2019 - 2021	Kolektor SDD	Jeu de données de détection de défauts de surface obtenues en abordant un problème industriel réel	3000	230x630
11	Images	2018	Tianchi	Des images de surveillance de profilés en aluminium présentant des défauts	10000	
12	Images	2013	NeuSurface Defect	Base de données pour la classification de 6 types de défauts de surface	1800	200x200
13	Images	2007	DAGM	Ensemble de données synthétiques pour la détection de défauts sur des surfaces texturées		

	TYPE	ANNÉE	NOM	DESCRIPTION	ECHANTILLON	PIXELS
14	Images	2018	ELPV Dataset	Des images de cellules solaires fonctionnelles et défectueuses	624	300x300
15	Images	2017	CRACK Forest Dataset	Base de données d'images de fissures.		480x320
16	Images		Deep PDB	Des images modèles sans défaut et d'une image testée alignée avec de défauts de PCB	1500	
17	Images		LMT Haptic	Database de textures		
18	Images	2020	Textures Classification Dataset	Données de texture de surface provenant de 3 jeux de données publics: Kylberg Texture, KTH, UIUC	8674	
19	Son	2019	ToyADMOS	Sons de fonctionnement des machines	12000	
20	Son	2019	MIMMI	Sons normaux et anormaux générés par quatre types de machines industrielles		
21	Son	2020	DCASE Task 2	Détection non supervisée de sons anormaux pour la surveillance de l'état des machines.		
22	3D	2021	AAU Sewer Defect Point Cloud	Des défauts des canalisations d'égouts à partir de points de nuages		
23	3D	2017	Thin-walled deformable objects	Modèles d'objets à parois minces avec des représentations volumétriques	2200	

CONCLUSIONS :

Dans un premier temps, la recherche s'est concentrée exclusivement sur les jeux de données multimodales, en écartant tous les autres. Cependant, l'absence de ces derniers nous a incités à commencer à collecter des datasets monomodales (audio, 3D, et surtout image), obtenant ainsi 22 jeux de données d'image, 2 de son, et 2 de modèles 3D.

(*) Parmi les ensembles de données d'images, 5 avaient déjà été trouvés lors d'une recherche précédente.

Parmi ceux-ci, on peut distinguer les jeux de données d'images de texture et les jeux de données de détection de défauts (ces derniers sont présentés en premier dans le document car ils sont considérés comme plus pertinents). Ils traitent différents matériaux tels que les métaux, le bois, les textiles, les panneaux solaires, les PCB...

Après cette recherche, et réaffirmée par plusieurs articles, nous pouvons conclure que l'existence d'ensembles de données du domaine public dans le domaine du contrôle de la qualité industrielle pour une utilisation en intelligence artificielle est assez pauvre, surtout lorsqu'il s'agit d'ensembles de données multimodales.

REFERENCES

- Strese, M., Schuwerk, C., Iepure, A., & Steinbach, E. (2017). Multimodal Feature-Based Surface Material Classification. *IEEE Transactions on Haptics*, 10(2), 226–239. <https://doi.org/10.1109/TOH.2016.2625787>
- Cha, Y. J., Choi, W., Suh, G., Mahmoudkhani, S., & Büyükoztürk, O. (2018). Autonomous Structural Visual Inspection Using Region-Based Deep Learning for Detecting Multiple Damage Types. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 33(9), 731–747. <https://doi.org/10.1111/mice.12334>
- Zheng, X., Wang, H., Chen, J., Kong, Y., & Zheng, S. (2020). A Generic Semi-Supervised Deep Learning-Based Approach for Automated Surface Inspection. *School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China*, 12. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003588>
- Drost, B., & Ilic, S. (2012). 3D Object Detection and Localization using Multimodal Point Pair Features. *MVTec Software GmbH Munchen, Department of Computer Science, CAMP, Technische Universität München (TUM)*, 8. <https://doi.org/10.1109/3DIMPVT.2012.53>
- Sipple, J. (2020). Interpretable, Multidimensional, Multimodal Anomaly Detection with Negative Sampling for Detection of Device Failure. *Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning, PMLR*, 10.

Surface Defect Inspection

- Oh, S., Cha, J., Kim, D., & Jeong, J. (2020). Quality Inspection of Casting Product Using CAE and CNN. *Proceedings - 2020 4th International Conference on Imaging, Signal Processing and Communications, ICISPC 2020*, 34–38. <https://doi.org/10.1109/ICISPC51671.2020.00014>
- Huang, Y., Qiu, C., Wang, X., Wang, S., & Yuan, K. (2020). A compact convolutional neural network for surface defect inspection. *Sensors (Switzerland)*, 20(7), 1–19. <https://doi.org/10.3390/s20071974>
- Schlagenhauf, T., Landwehr, M., & Fleischer, J. (2019). *Industrial Machine Tool Element Surface Defect Dataset. Heise 2002*.
- Huang, Y., Qiu, C., & Yuan, K. (2020). Surface defect saliency of magnetic tile. *Visual Computer*, 36(1), 85–96. <https://doi.org/10.1007/s00371-018-1588-5>
- 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*, 7. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0882-0>
- Liu, J., Song, K., Feng, M., Yan, Y., Tu, Z., & Zhu, L. (2021). Semi-supervised anomaly detection with dual prototypes autoencoder for industrial surface inspection. *Optics and Lasers in Engineering*, 136(March 2020), 106324. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2020.106324>
- Liu, H., Sun, F., & Zhang, X. (2019). *Robotic Material Perception Using Active Multimodal Fusion*. 9. <https://doi.org/10.1109/TIE.2018.2878157>

Sound Inspection

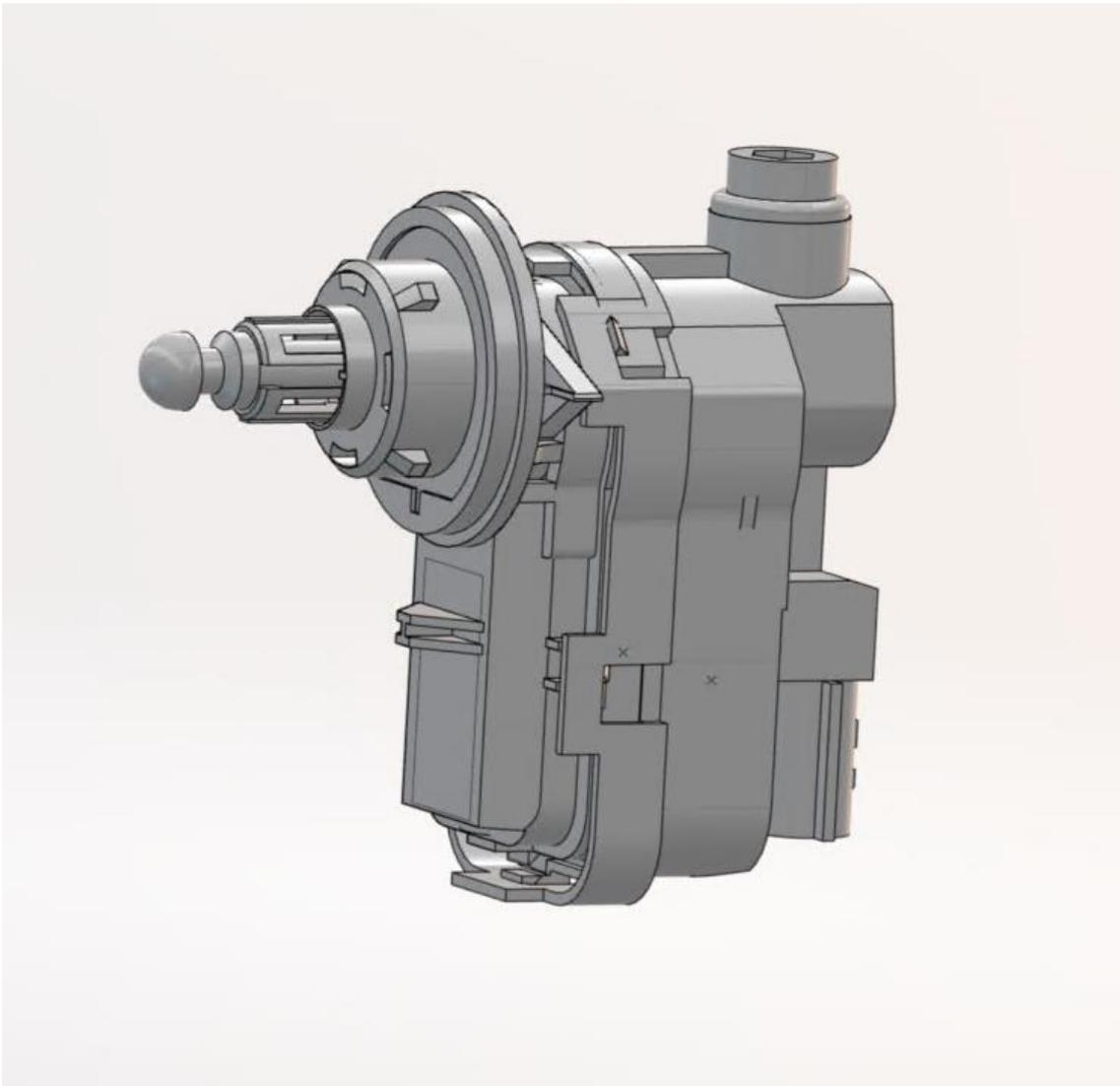
- Giri, R., Tanneti, S. V, Cheng, F., & Helwani, K. (2020). Unsupervised Anomalous Sound Detection Using Self-Supervised Classification and Group Masked Autoencoder for Density Estimation. *IEEE AASP Challenge on Detection and Classification of Acoustic Scenes and Events 2020*, 2.
- Koizumi, Y., Saito, S., Uematsu, H., Imoto, N., & Keisuke, H. (2019). ToyADMOS: A DATASET OF MINIATURE-MACHINE OPERATING SOUNDS FOR ANOMALOUS SOUND DETECTION. *NTT Media Intelligence Laboratories, Tokyo, Japan Ritsumeikan University, Shiga, Japan*, 5. <https://doi.org/10.1109/WASPAA.2019.8937164>
- Purohit, H., Tanabe, R., Ichige, K., Endo, T., Nikaido, Y., Suefusa, K., & Kawaguchi, Y. (2019). MIMII DATASET: SOUND DATASET FOR MALFUNCTIONING INDUSTRIAL MACHINE INVESTIGATION AND INSPECTION. *Research and Development Group, Hitachi, Ltd. 1-280, Higashi-Koigakubo, Kokubunji, Tokyo 185-8601, Japan*, 5.

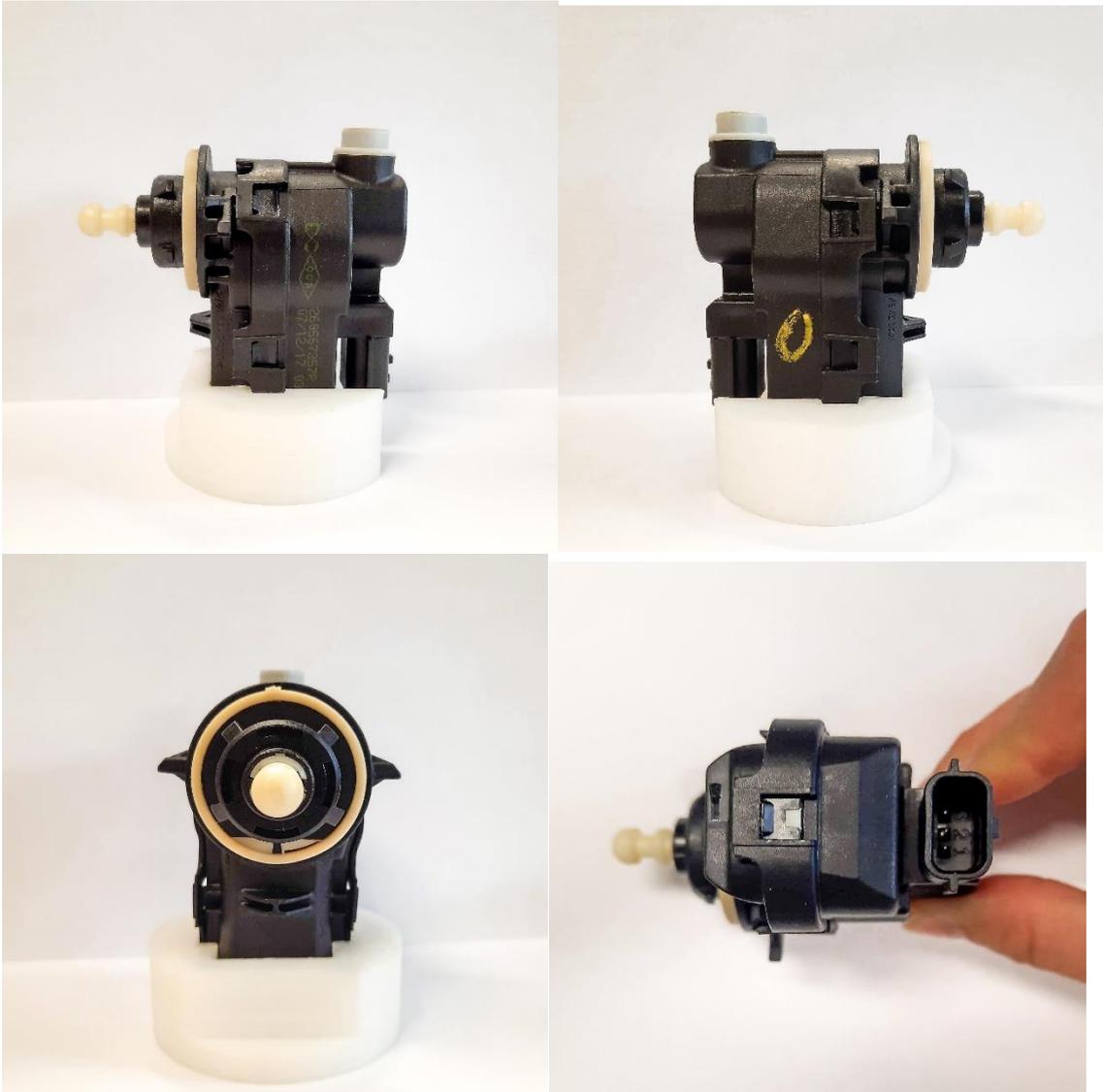
3D Inspection

Haurum, J. B., Allahham, M. M. J., Lyngé, M. S., Henriksen, K. S., Nikolov, I. A., & Moeslund, T. B. (2021). Sewer defect classification using synthetic point clouds. *VISIGRAPP 2021 - Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, 5(Visigrapp), 891–900. <https://doi.org/10.5220/0010207908910900>

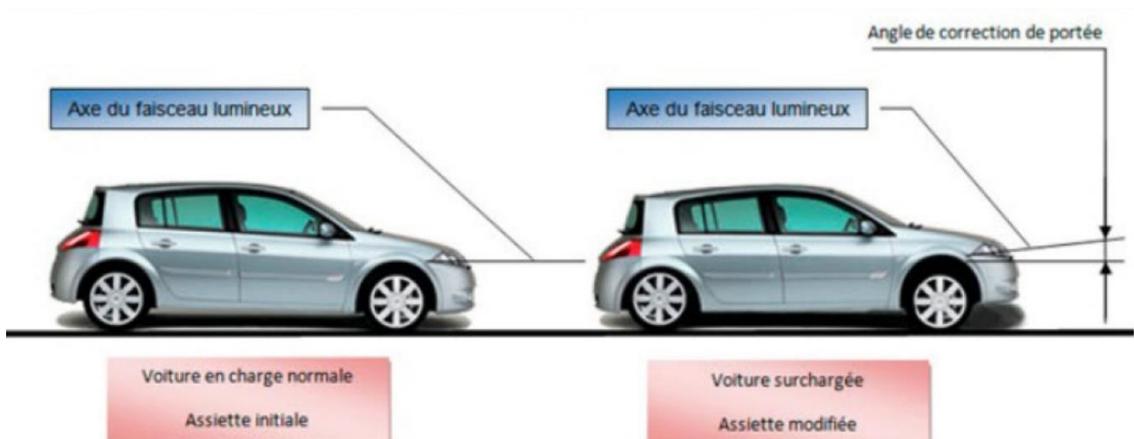
Mot clés utilisés: dataset/database, manufacturing, industrial, inspection/detection/recognition, unsupervised, detection, multimodal/multisource, default/defect.

3. Module ESL: Correcteur de phares externe





Ce petit appareil que l'on trouve sur les véhicules automobiles, le correcteur de phare permet de gérer l'orientation des phares d'une voiture. Une voiture surchargée, modifie l'assiette initiale du véhicule, ce qui a pour conséquence de modifier l'orientation du faisceau lumineux. Dans ce genre de situation, vous éblouissez les conducteurs arrivant en face, et de plus, la route sur laquelle vous circulez, sera mal éclairée par vos phares.



Pour éviter ce désagrément, le système correcteur de phare permet de réorienter le bloc optique afin d'abaisser le faisceau lumineux. Le correcteur pourrait fonctionner dans deux phases, une phase de la sortie de la tige, une phase de l'entrée de la tige. Pour justifier la conformité des modules, non seulement, l'on contrôle la masse, la géométrie ainsi que le bruit et la vibration du module. Notamment dans le monde automobile aujourd'hui, les véhicules ont tendance d'être de plus en plus calme pour le confort de conducteur. Il est important de réduire les bruits et les vibrations de tous les composants dans le véhicule, c'est la raison pour laquelle, l'on réalise une étude acoustique afin de définir les critères qui peuvent justifier la qualité du module.

Principales caractéristiques (typiques)

Précision +/-0.2mm, jeu axial 0.2mm max (10N)
Course électrique 5mm max
Vitesse 1 mm/s (10N, 13V)
Nombreuses pentes disponibles
Disponible en sens normal ou inverse
Angle de verrouillage faible 16.5°
Durabilité > 150 000 mouvements pour une correction manuelle ou automatique
Plage de température -30° / +85°
Disponible en version sans plomb
Disponible sans réglage manuel
12V et 24V

[Version autostatique pour phares LED - AML Systems \(aml-systems.com\)](http://aml-systems.com)

Défauts possibles du module

Afin de développer une base de données compétente et efficace, il est nécessaire de connaître les défauts que l'on peut trouver dans le module ESL. Une attention particulière sera accordée à celles qui se retrouvent le plus fréquemment ou qui sont les plus déterminantes dans le processus de décision exercé par le système d'intelligence artificielle. La validité ou non du module dépend de la présence ou non d'un défaut.

Certains des défauts les plus courants mentionnés ci-dessus sont :

- Impressions incompréhensibles de codes-barres, de codes QR ou d'informations sur les commandes.
- Fissure de l'extrémité horizontale du module car elle est plus faible.
- Problèmes de connexion pour faire fonctionner le module.
- Petites fissures sur la surface du boîtier du module.



4. Robot KUKA

Le robot avec lequel nous allons travailler est le KUKA KR 6 R700-2, qui est déjà installé sur la plateforme AMS de l'UTC.

KUKA



KR 6 R700-2



Caractéristiques techniques

Portée maximum	726 mm
Charge maximum	6,8 kg
Répétabilité de position (ISO 9283)	± 0,02 mm
Nombre d'axes	6
Position de montage	Sol; Plafond; Mur; Angle quelconque
Surface au sol	208 mm x 208 mm
Poids	env. 53 kg

Caractéristiques des axes

Plage de mouvements	
A1	±170 °
A2	-190 ° / 45 °
A3	-120 ° / 156 °
A4	±185 °
A5	±120 °
A6	±350 °

Conditions de service

Température ambiante lors du service	0 °C à 45 °C (273 K à 318 K)
--------------------------------------	------------------------------

Mode de protection

Degré de protection (IEC 60529)	IP65 / IP67
Degré de protection du poignet en ligne (IEC 60529)	IP65 / IP67

Contrôleur

Contrôleur	KR C5 micro; KR C4 compact
------------	-------------------------------

Certificats

Exigences ESD	IEC61340-5-1; ANSI/ESD S20.20
---------------	-------------------------------

Boîtier de commande portatif

Boîtier de commande portatif	KUKA smartPAD
------------------------------	---------------

Temps de cycle

138 Cycles par minute (25 mm / 305 mm / 25 mm, 1 kg)
--



Graphique d'enveloppe d'évolution

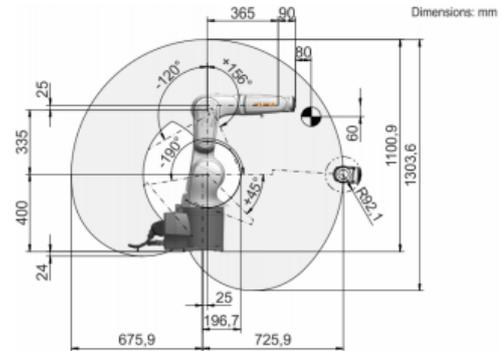
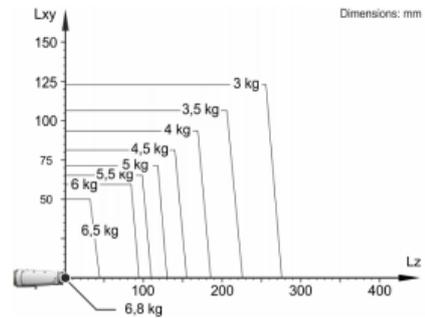
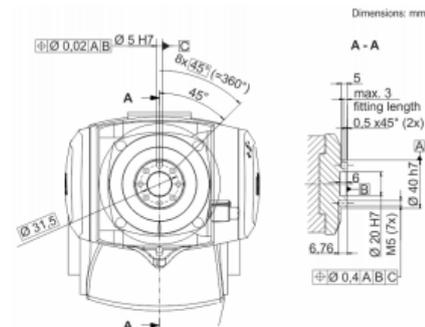


Diagramme des charges



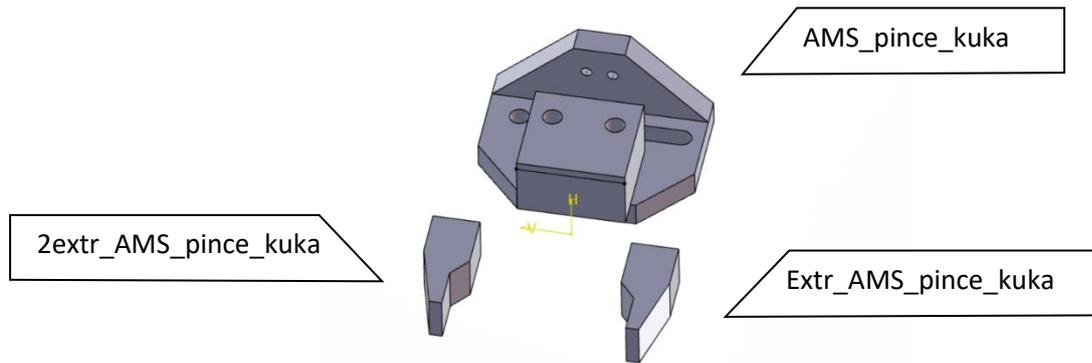
KR 6 R700-2 est conçu pour une charge nominale de 3 kg pour une utilisation optimale de la performance et de la dynamique du robot. En réduisant les distances de charges, il est également possible d'utiliser des charges plus élevées jusqu'à la charge maximum. Les cas de charge spécifiques doivent être contrôlés avec KUKA.Load. Notre assistance technique KUKA Support est à votre disposition pour vous conseiller.

Bride de fixation

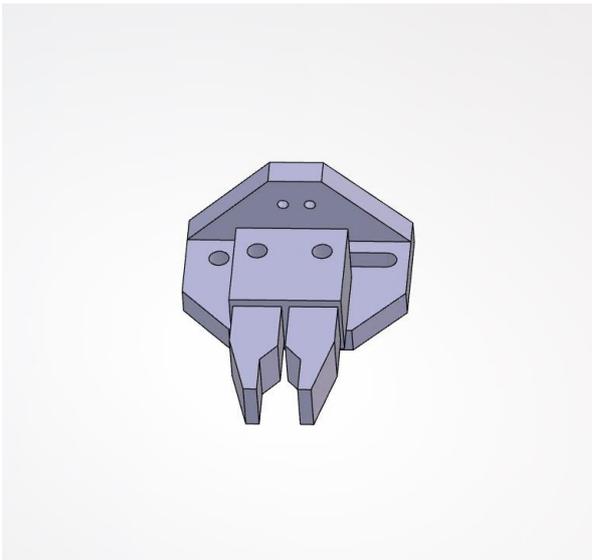


Le robot a été équipé d'une pince qui lui permet de saisir et de relâcher des objets. Cette pince a été obtenue à partir de la plateforme Windchill, et a été modifiée dans 3DEXperience afin qu'elle puisse être ouverte et fermée.

Un nouveau produit a été créé, dans lequel les deux extrémités de la pince ont été insérées avec le support. Il a été intégré dans le robot KUKA.

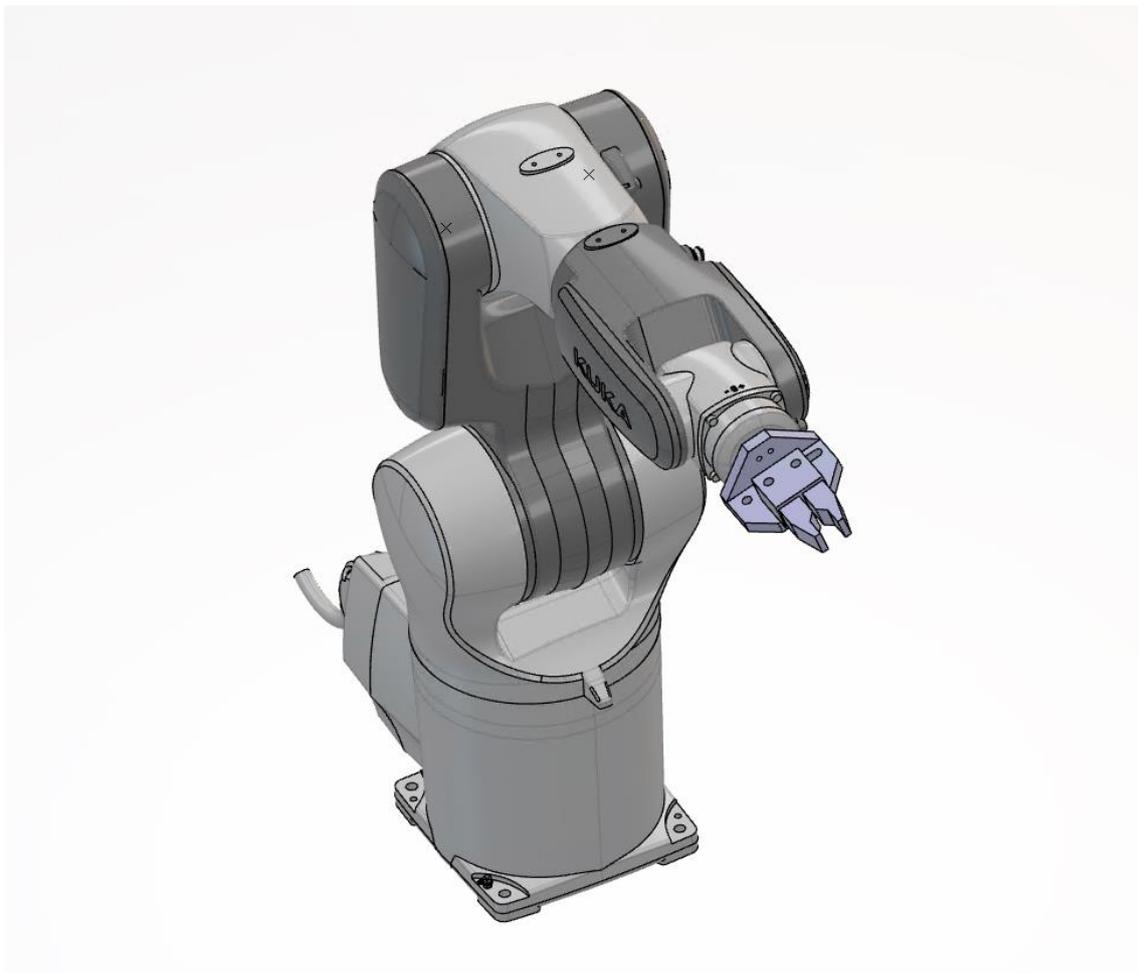
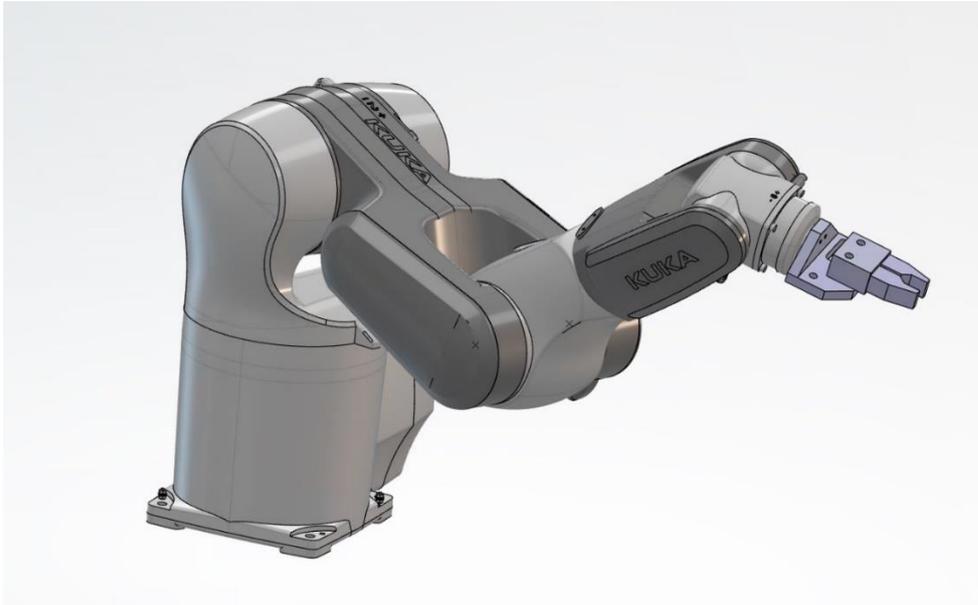


AMS_pince_2



La procédure est la suivante : un contrôle de qualité est effectué sur chaque module ESL, les informations sont traitées et on sait s'il y a un défaut ou non.

Dans l'étape suivante, la disposition des pinces sur le robot est utile. Si le module est défectueux, saisissez-le avec la pince et déplacez-le vers le réservoir No OK ; si le module n'est pas défectueux, placez-le dans le réservoir OK.



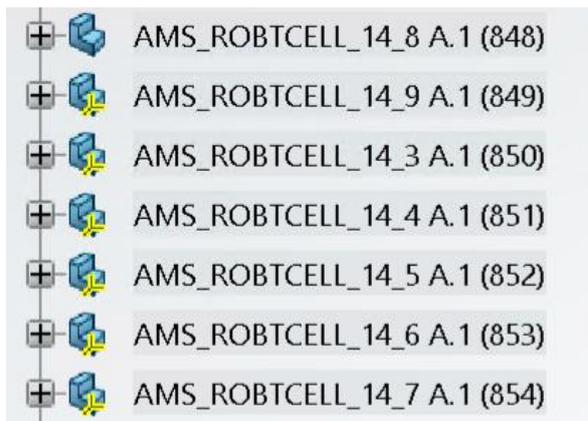
Connexions Mécaniques

Grâce aux informations fournies par le distributeur du robot, nous pouvons connaître l'amplitude des mouvements du robot et les incorporer au robot afin de simuler ultérieurement son fonctionnement.

Caractéristiques des axes

Plage de mouvements	
A1	$\pm 170^\circ$
A2	$-190^\circ / 45^\circ$
A3	$-120^\circ / 156^\circ$
A4	$\pm 185^\circ$
A5	$\pm 120^\circ$
A6	$\pm 350^\circ$

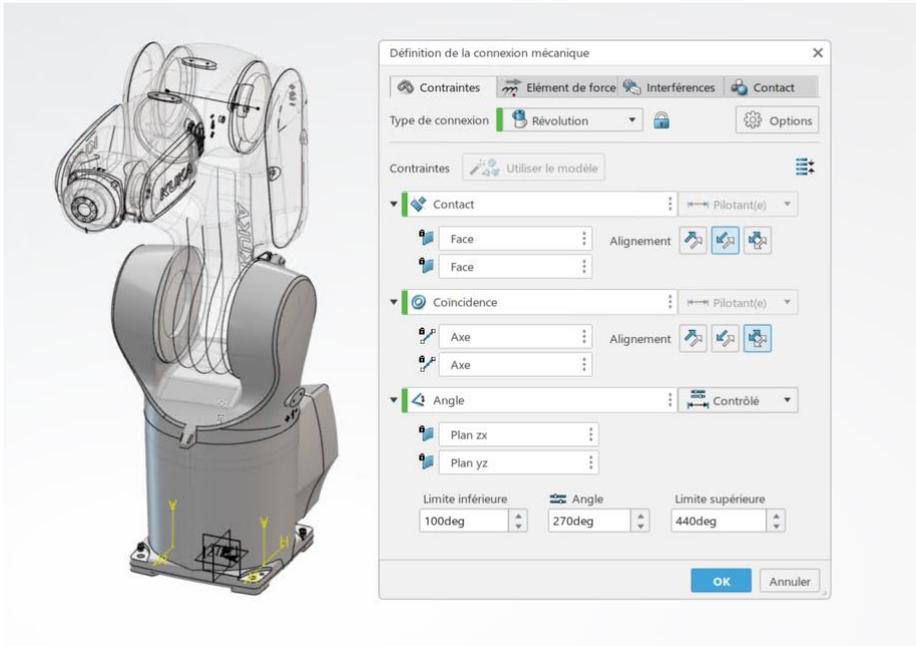
Dans l'application Mechanical System Design, nous allons ajouter les connexions mécaniques entre les différentes parties qui composent le robot.



Il existe au total 6 liaisons mécaniques pivotantes de révolution (A1, A2, A3, A4, A5 et A6). Pour chaque connexion, il faut choisir deux axes coincidentes, deux faces de contact et l'angle d'ouverture indiqué pour chaque connexion.

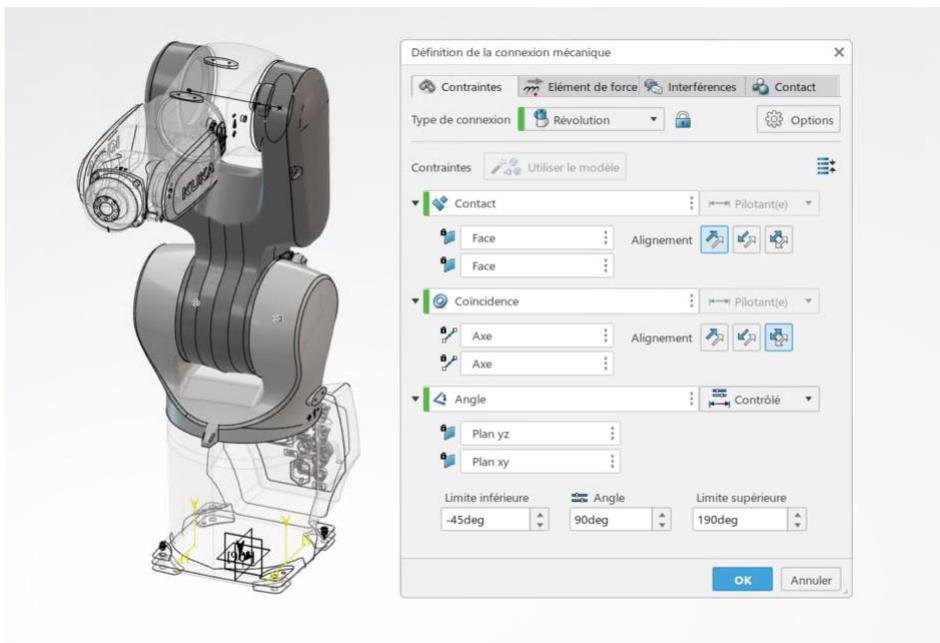
Connexion A1 : révolution

- L'amplitude de l'angle : $\pm 170^\circ$
- Angle initial : 270°
- Limite inférieure : $270 - 170 = 100^\circ$
- Limite supérieure : $270 + 170 = 440^\circ$



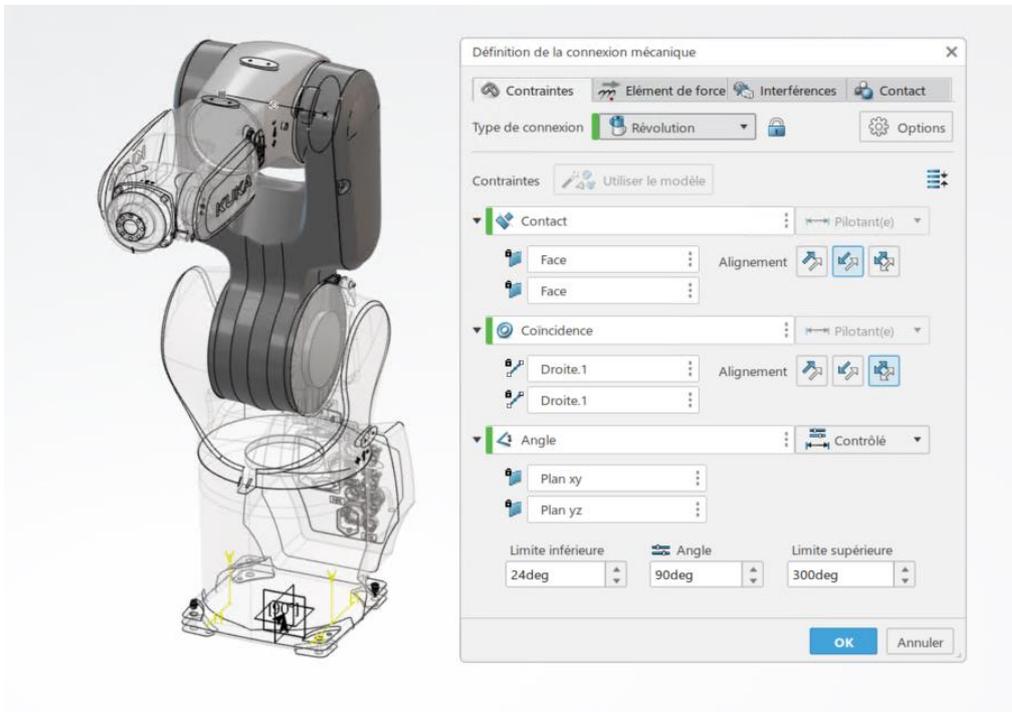
Connexion A2 : révolution

- L'amplitude de l'angle : $-190^\circ/45^\circ$
- Angle initial : 90°
- Limite inférieure : $45 - 90 = -45^\circ$
- Limite supérieure : 190°



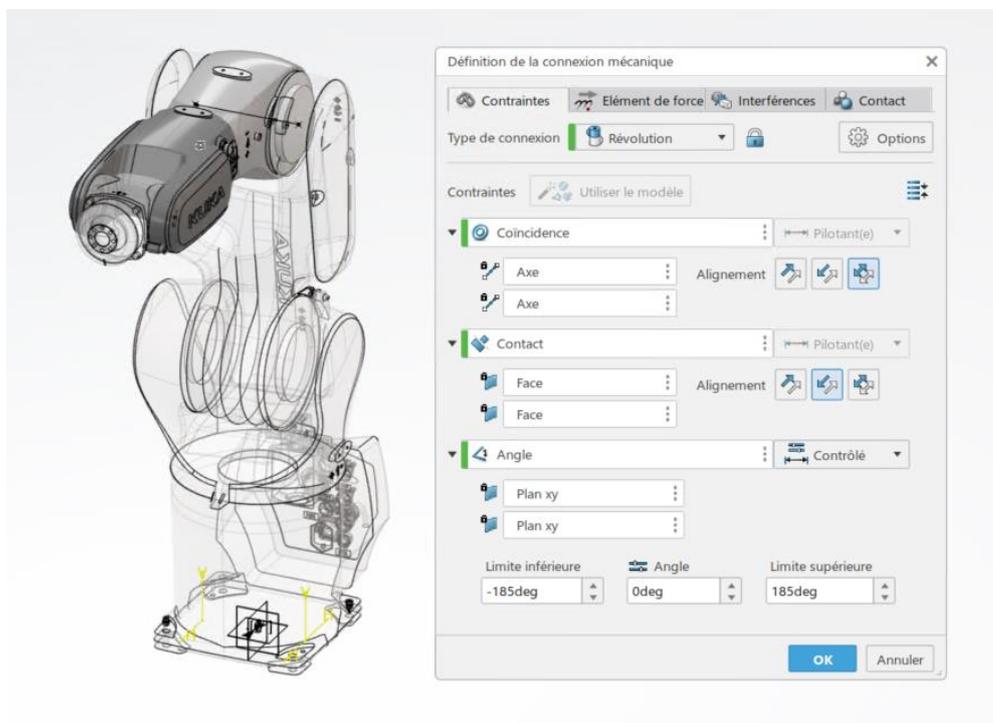
Connexion A3: révolution

- Amplitude de l'angle : $-120^{\circ}/156^{\circ}$
- Angle initial : 90°
- Limite inférieure : $180-156=24^{\circ}$
- Limite supérieure : $180+120=300^{\circ}$



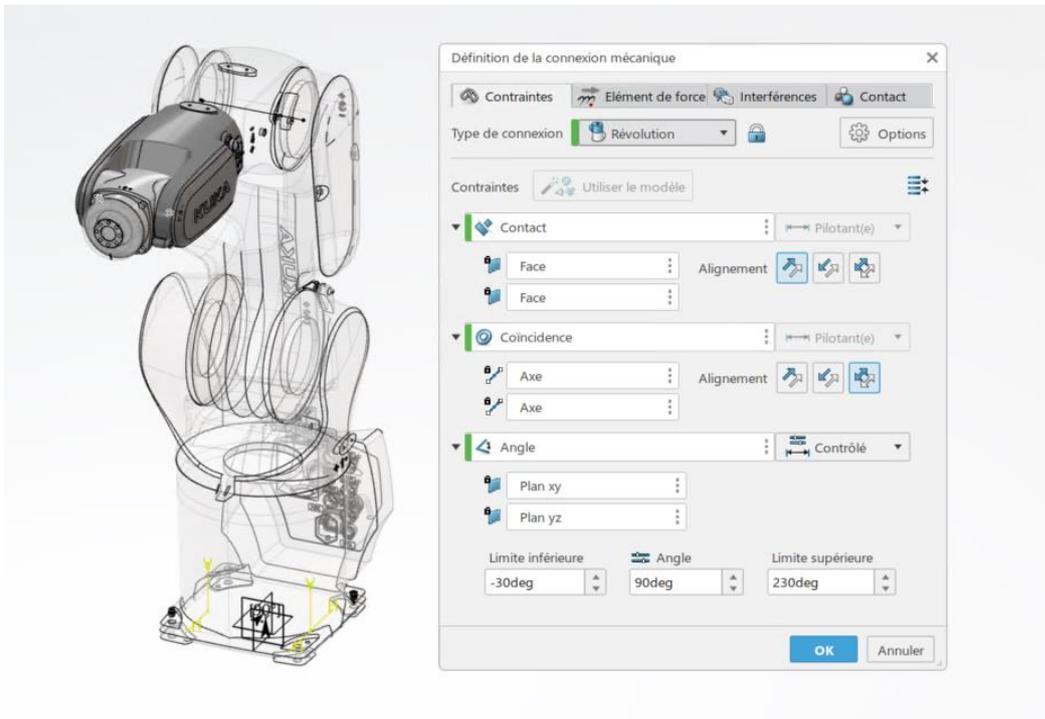
Connexion A4: révolution

- Amplitude de l'angle : $\pm 185^{\circ}$
- Angle initial : 0°
- Limite inférieure : -185°
- Limite supérieure : 185°



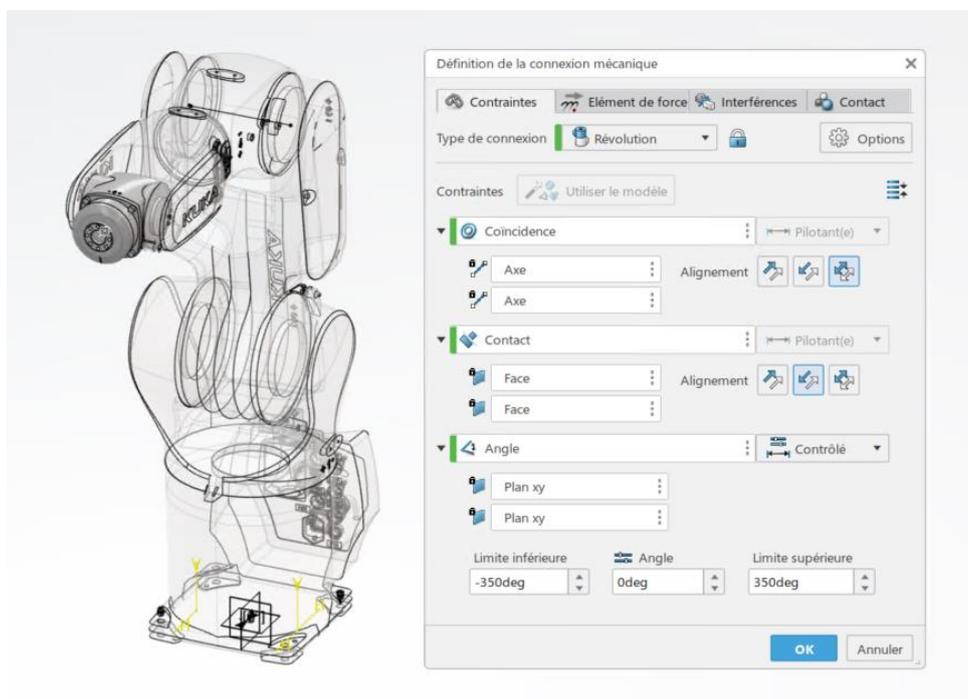
Connexion A5: révolution

- Amplitude de l'angle : $\pm 120^\circ$
- Angle initial : 90°
- Limite inférieure : $-120+90=30^\circ$
- Limite supérieure : $120+90=210^\circ$



Connexion A6: révolution

- Amplitude de l'angle : $\pm 350^\circ$
- Angle initial : 0°
- Limite inférieure : -350°
- Limite supérieure : 350°



5. Conception du système d'inspection multimodal du module ESL



Module ESL

Réalisée avec le group de travail de AM29 ; Hugo Queant, Clémence Vincent, Antoine Blot, Livio Delmaestro, Malo Lefrancois.

Objectifs

Nous avons pour mission de créer un banc d'essais sur la plateforme Agile Manufacturing System de l'UTC afin d'assurer le contrôle du module ESL, capable de contrôler la qualité visuelle et vibratoire.



Plateforme AMS

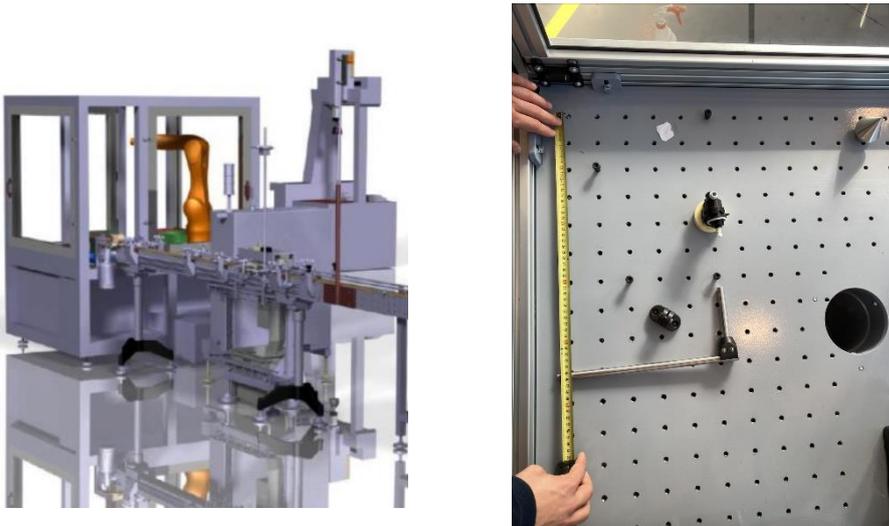
Le **plan à suivre** pour cette section est le suivant :

1. Liste des exigences de conception.
2. Dimensionnement et conception du système et Instructions de montage
3. Le budget
4. Intégration de la conception du module ESL à la plateforme AMS

1. Liste des exigences de conception :

Choix des composants (caméras, micro, pièces mécaniques diverses...) concernant l'ensemble sur la plateforme et l'ensemble du module.

- **Observation et écoute de l'ensemble sur la plateforme AMS**
 - Ajout d'un système à l'AMS **sans le modifier.**
 - **L'espace disponible est limité**
 - La fixation du système d'inspection doit s'adapter à la cellule robotique.
 - Le **robot Kuka doit pouvoir naviguer aisément** pour brancher et débrancher le module ESL sur le socle d'alimentation.



- **Observation et écoute de l'ensemble du module ESL**
 - L'inspection doit être réalisée sur **toutes les vues du module**, à l'exception de la vue du bas, occultée par le socle d'alimentation
 - Limitation de **différences de luminosité.**
 - Le positionnement d'un **microphone** proche de la pièce pour mesurer les vibrations.

2. Dimensionnement et conception du système

2.1 Microphone

- Utilisation d'un microphone positionné à proximité du module pour trouver les singularités dans les vibrations et les sons pendant son fonctionnement.
- Comparaison de plusieurs microphones du marché et sélection de l'un d'eux.

Microphone sélectionné : RS COMPONENT Microphone à col de cygne

- Unidirectionnelle
- Fréquence: 10 Hz à 16 000 Hz
- Léger et flexible
- Connecteur XLR 3 broches



2.2 Caméra

Prises de vues des faces du module

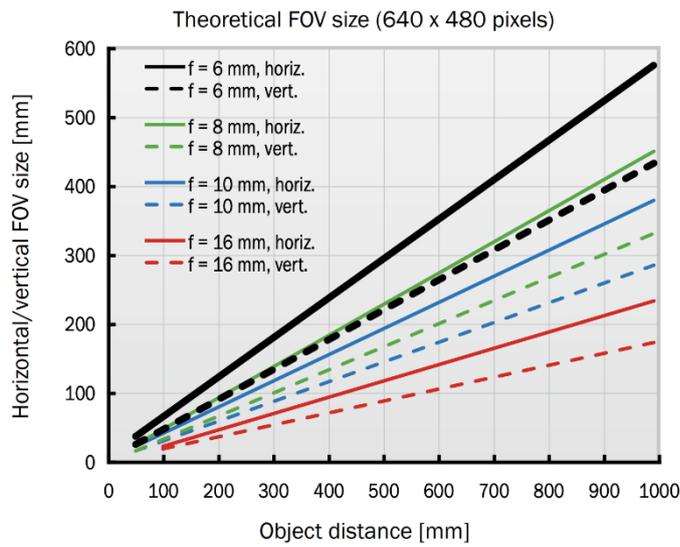
- Utilisation de 5 caméras (1 par côté et une pour le dessus).
- Comparaison de plusieurs caméras industrielles du marché et sélection de l'une d'elle.

Caméra sélectionnée : Vision industrielle 2D Inspector VSPI-4F2111

- Flash Led intégré
- Utilisation industrielle en inspection qualité
- Résolution : 640 x 480 px
- Distance travail : 50 à 200 mm
- Utilisation de la lentille : focale 6mm



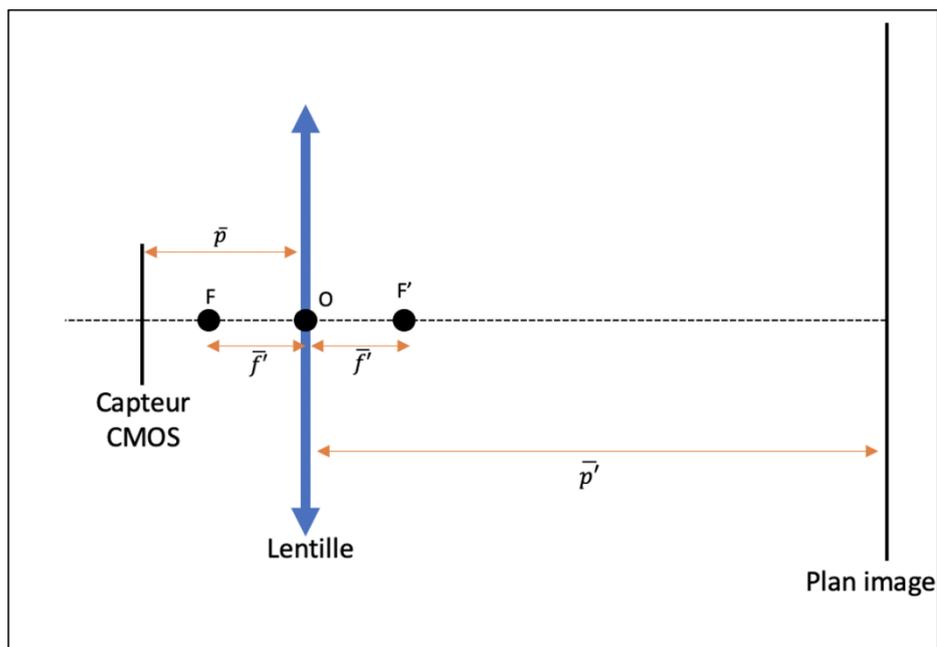
Calcul de la distance Caméra / Objet



Symbole	Désignation en anglais	Désignation en français	Valeur
\bar{f}'	Lens focal length	Distance focale	6 mm
\bar{p}'	Working distance (Adjusting focus manually supported)	Distance de fonctionnement	50mm à 200mm
T	Pixel Size	Taille d'un pixel	6,5 μ m x 6,5 μ m
R	Résolution	Résolution du capteur	640 x 480

$$\text{Longueur capteur} = L_{\text{capteur}} = 640 \times 6,5\mu\text{m} = 4,160\text{mm}$$

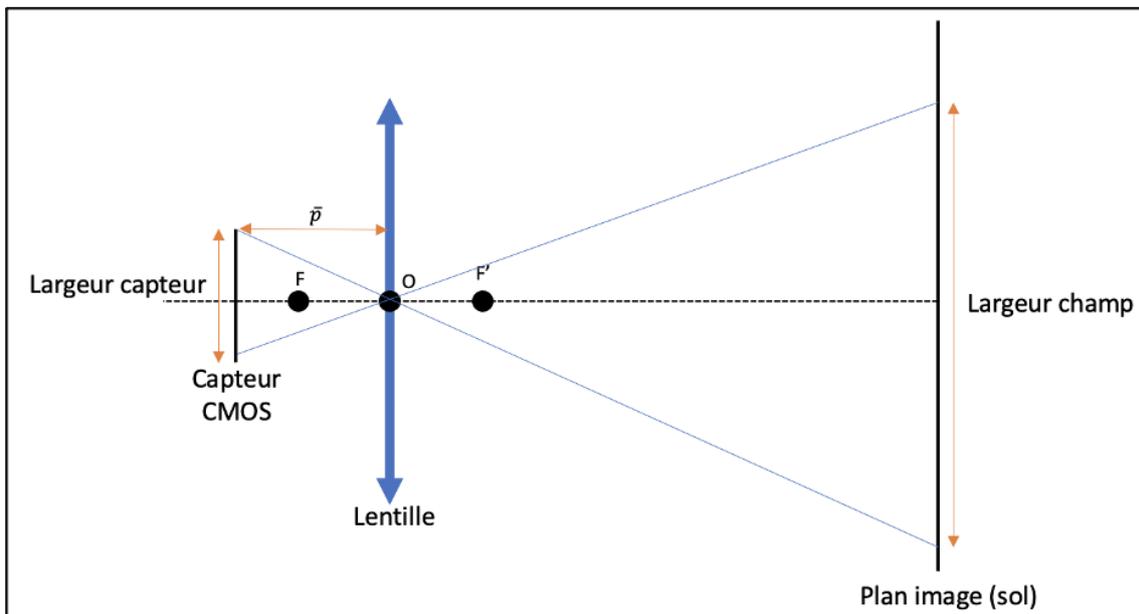
$$\text{Largeur capteur} = l_{\text{capteur}} = 480 \times 6,5\mu\text{m} = 3,120\text{mm}$$



Relation de Descartes.

$$\frac{-1}{\bar{p}} + \frac{1}{\bar{p}'} = \frac{1}{\bar{f}'}$$

avec $\left\{ \begin{array}{l} \bar{f}' = 6\text{mm} \\ \bar{p}' = 50 \text{ à } 200\text{mm} \\ \bar{p} = \text{proximité capteur CMOS} - \text{lentille à déterminer} \end{array} \right.$



Grandissement transversal:

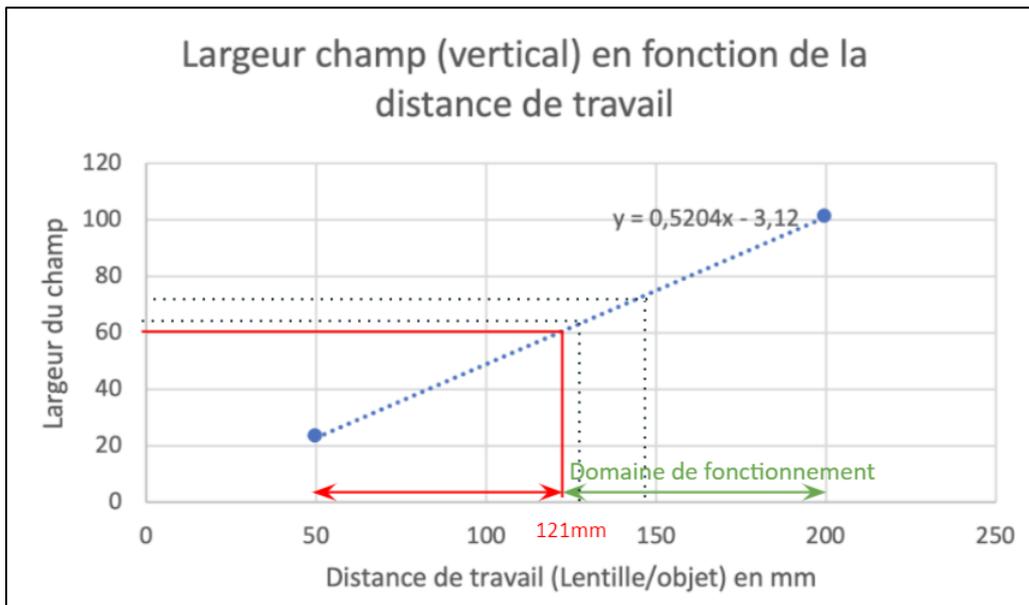
Taille du champ :

$$Gt = \frac{\bar{p}'}{\bar{p}}$$

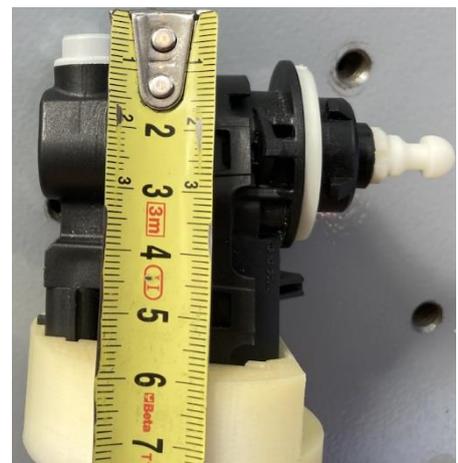
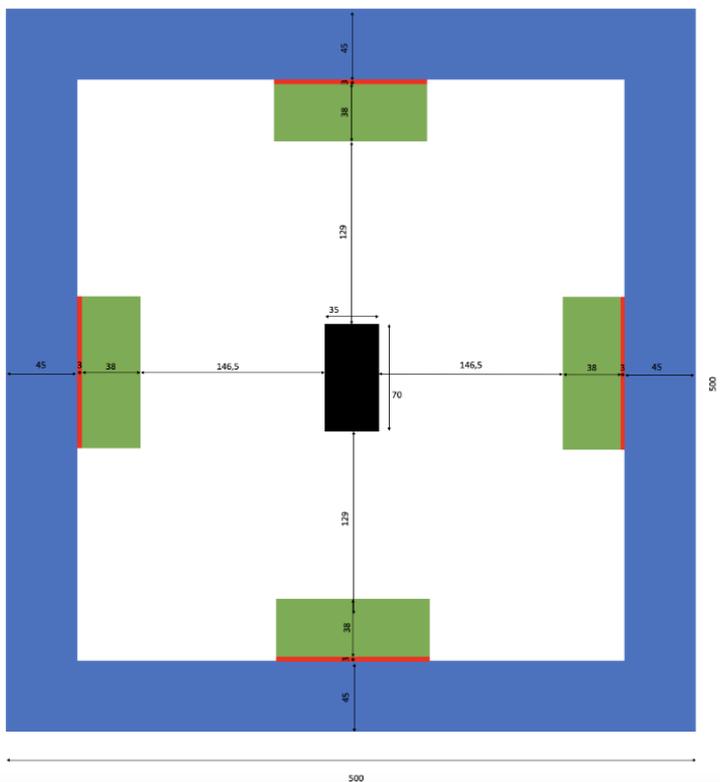
$$\text{Longueur champ} = |Gt| \times L_{\text{capteur}}$$

$$\text{Largeur champ} = |Gt| \times l_{\text{capteur}}$$

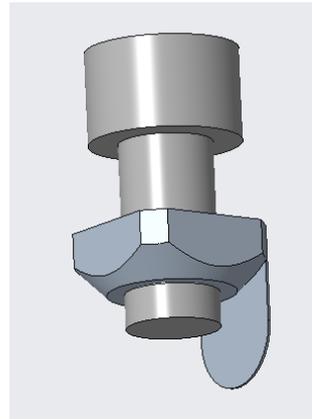
	Cas où $\bar{p}' = 50\text{mm}$	Cas où $\bar{p}' = 200\text{mm}$
\bar{p}	-6,81mm	-6,18mm
Gt	-7,34	-32,36
Longueur capteur	4,160mm	4,160mm
Largeur capteur	3,120mm	3,120mm
Longueur champ	30,53mm	134,62mm
Largeur champ	22,90mm	100,96mm



Vue de haut sans potence

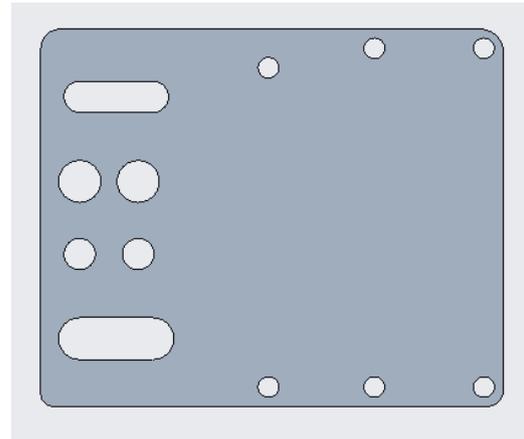
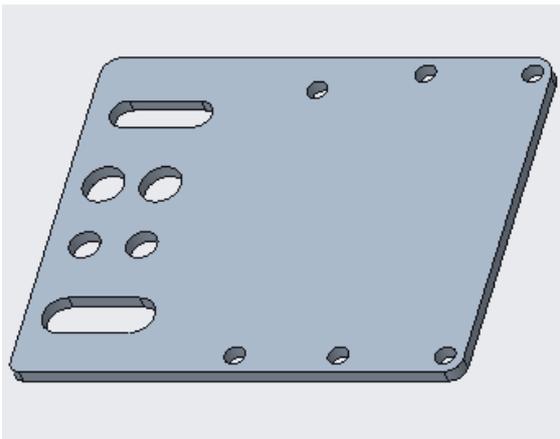


Fixation caméra : BEF-AP-INSPECTOR



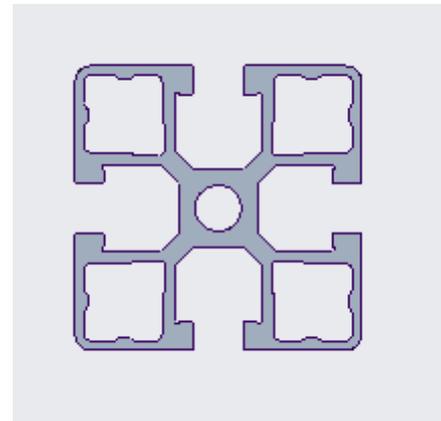
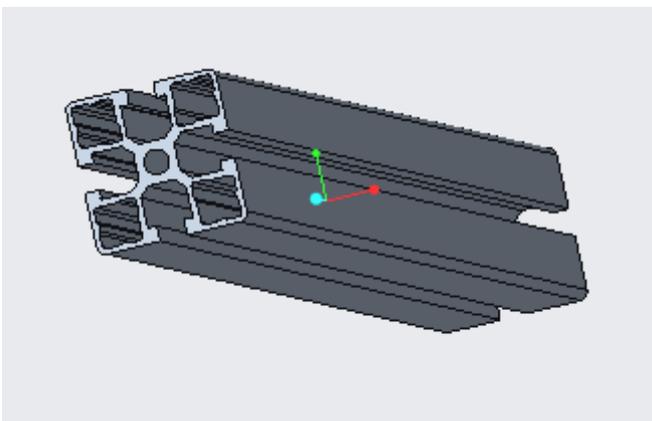
3 x M4

2 x M8

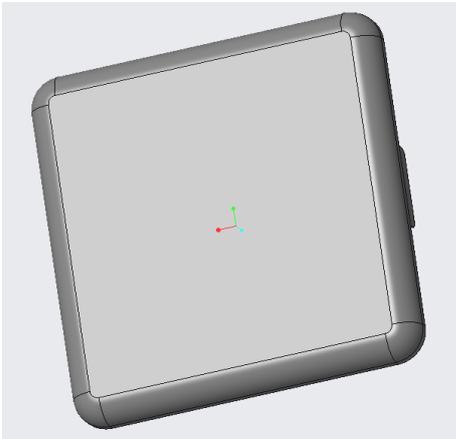


2.3 Profilés

- Utilisation de profilés standards découpés aux dimensions nécessaires.



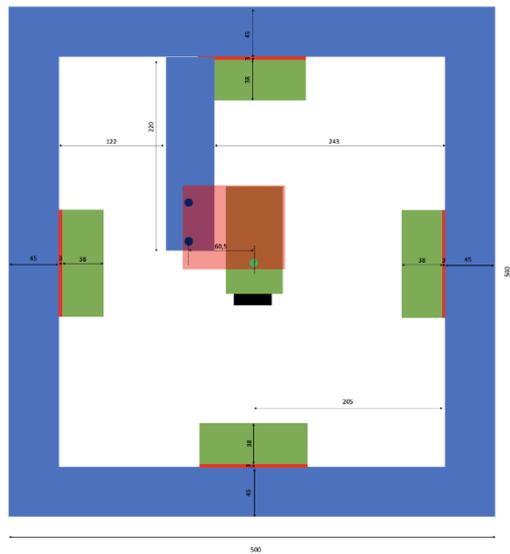
- Cache de protection standard pour éviter les coupures des arêtes tranchantes des profilés.
- Fixation standard entre les profilés.



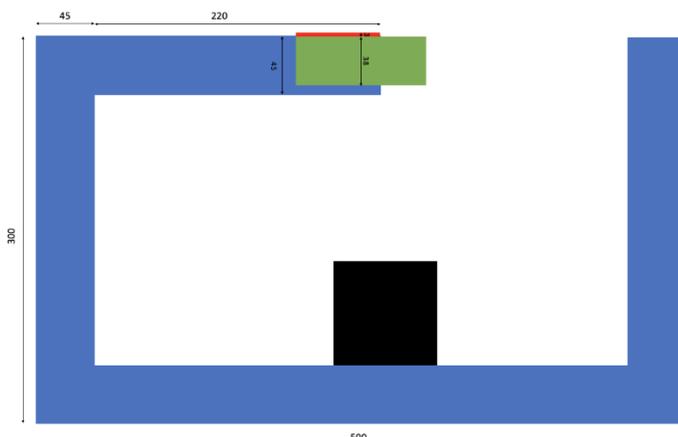
2.4 Structure complète

V= 500x500x300

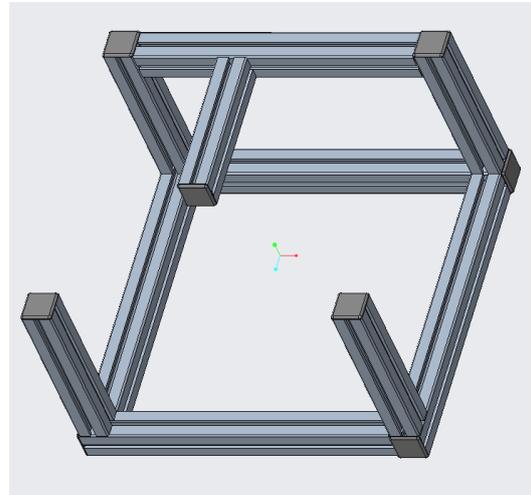
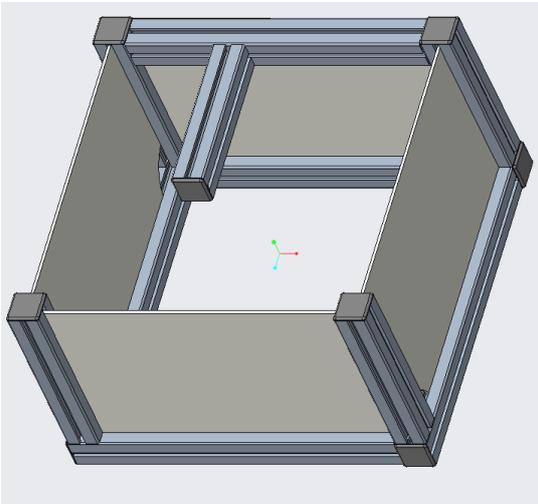
Vue de haut avec potence



Vue de coté

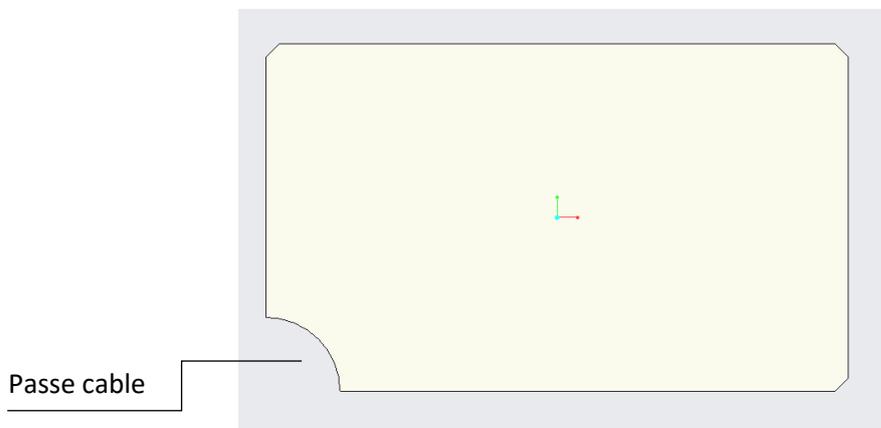


- Assemblage des profilés aux dimensions voulues.
- Pas de fixation des plaques \Rightarrow rainures



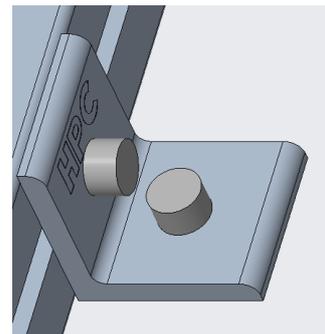
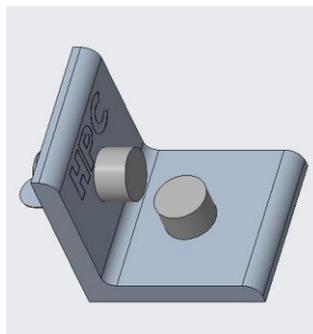
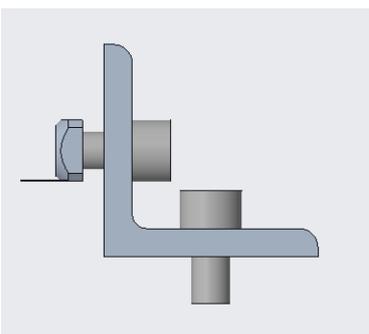
2.5 Conditions de luminosité

- 4 plaques en plexiglass opaque de couleur blanche (1 par côté) pour limiter les différences dans les conditions de luminosité.
- Plaque : stock UTC
- Caméra choisie avec LEDs intégrées \Rightarrow pas d'ajouts d'autres lumières

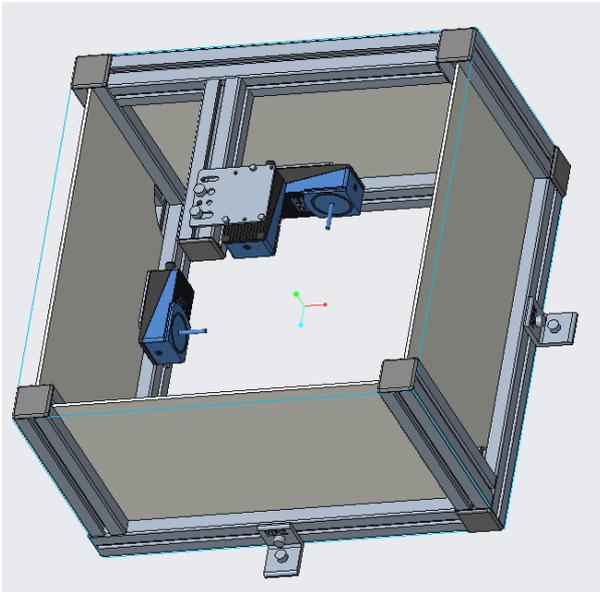


2.6 Intégration à la plateforme

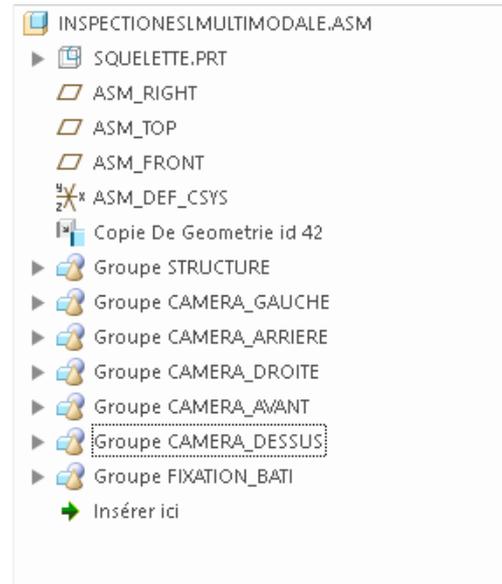
- Utilisation de fixations standards



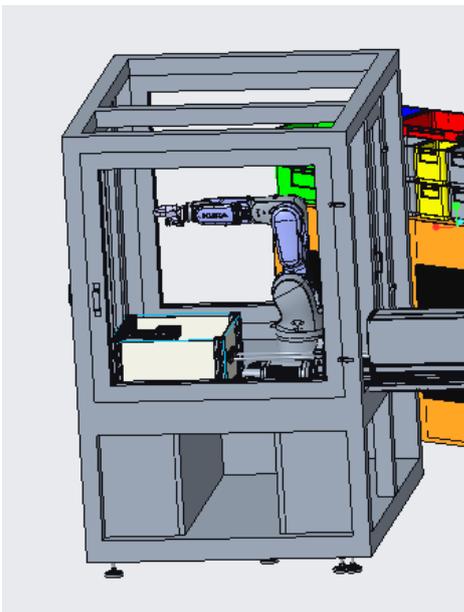
2.7 Assemblage final



Assemblage CAO



Arbre CREO



CAO dans l'ASM

Identity	Q...	Unit		
0000029532, 0000031701.asm, A.1 (Design)				
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029523, 0000031735.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029523, 0000031735.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029524, 0000031734.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029525, 0000031745.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029525, 0000031745.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029525, 0000031745.prt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓

(49 objects)

E-Bom sous WindChill B

3. Budget initial

Produits	Référence	Fournisseur	Quantité	Commentaire	Coûts unitaire (€) HT	Coût total (€) HT
Profilé aluminium court	PRF 4545-3	HPC	3 m		85,08 (pour 3m)	85,08
Assemblage profilé aluminium	PRF-FIX-UNI	HPC	11		13,45	147,95
Caméras	VSPI-4F2111	SICK	5		1927,91	9639,55
Fixation caméra côté	BEF-AP-INSPECTOR	SICK	5		43,38	216,9
Micro	699-7304	RS PRO	1		36,36	36,36
Equerres profilé aluminium	ACL-EPP2-4545	HPC	2		3,09	6,18
Capuchons profilés	PRF4545-C	HPC	8		1,26	10,08
Plaques blanches en polycarbonate			4	En stock à l'UTC		0
Ecrou M8	PRF-ECLM8/SS	HPC	12		2,6	31,2
Vis M8	L=		16	En stock à l'UTC		0
Vis M4			15	En stock à l'UTC		0
Rondelle M8			10	En stock à l'UTC		0
Total						10173,3

4. Intégration de la conception du module ESL à la plateforme AMS et montage

Intégration E-BoM à M-BoM à l'AMS

Current Filter: [Latest] Design, Working

Identity	Q.	Unit	✓	✓
0000029532, 0000031701.asm, A.2 (Design)			✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029522, 0000031719.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029523, 0000031735.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029523, 0000031735.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029524, 0000031734.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029525, 0000031745.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029525, 0000031745.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓
0000029525, 0000031745.pt, A.1 (Design)	1	each	✓	✓

(49 objects)

E-Bom

Current Filter: [Latest] Manufacturing, Production, 005, Working...

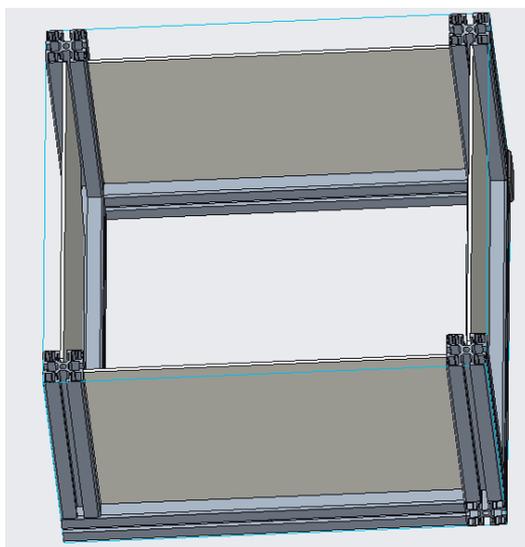
Identity
0000029532, 0000031701.asm, A.1 (Manufacturing, Production, 005)
0000031270, Sous_assemblage_1, A.1 (Manufacturing)
0000031271, Sous_assemblage_2, A.1 (Manufacturing)
0000029531, 0000031713.pt, A.2 (Design)
0000029536, 0000031707.pt, A.1 (Design)
0000031272, Sous_assemblage_3, A.1 (Manufacturing)
0000031273, Sous_assemblage_4, A.1 (Manufacturing)

(7 objects)

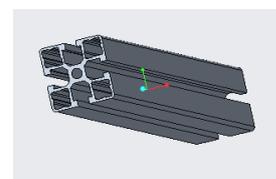
M-Bom

Instructions de montage : El modelado se ha realizado con el software CREO

- Etape de montage 1 : Structure de base + Plaque opaque



x 4

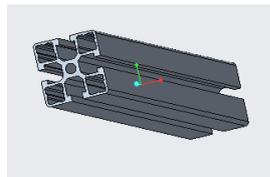
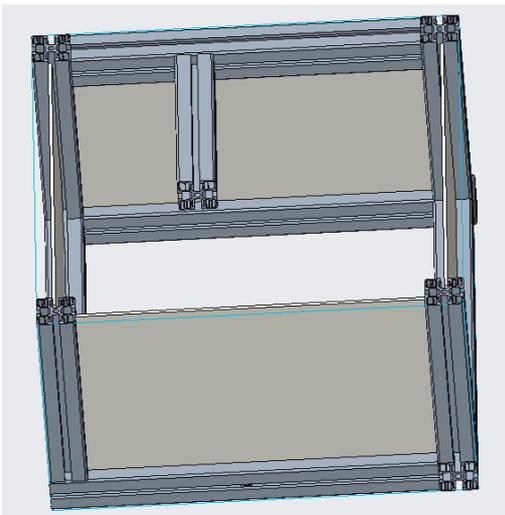


x 8



x 8

- Etape de montage 2 : Fermeture de la structure de base + montant caméra 5

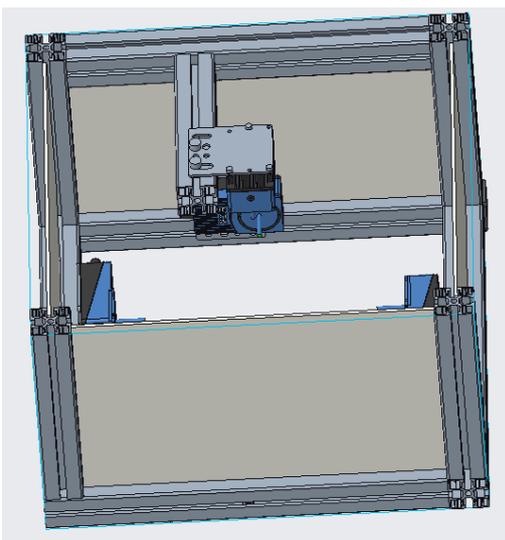


x 2



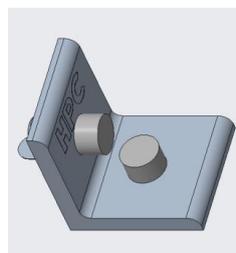
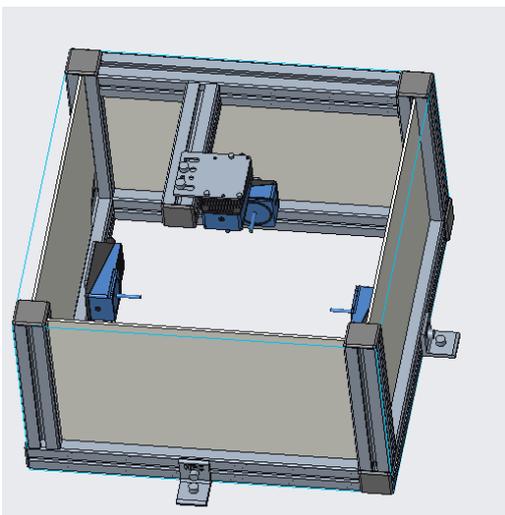
x 3

- Etape de montage 3 : Montage des 5 caméras

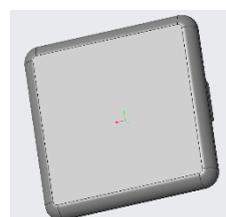


x 5 ensemble: visserie + support + caméra

- Etape de montage 4 : Fixation de l'assemblage à la table

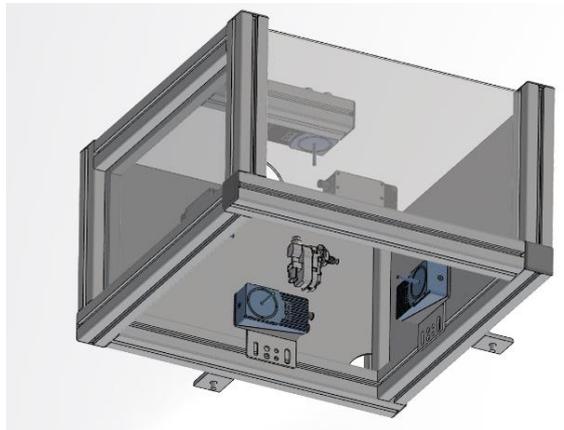
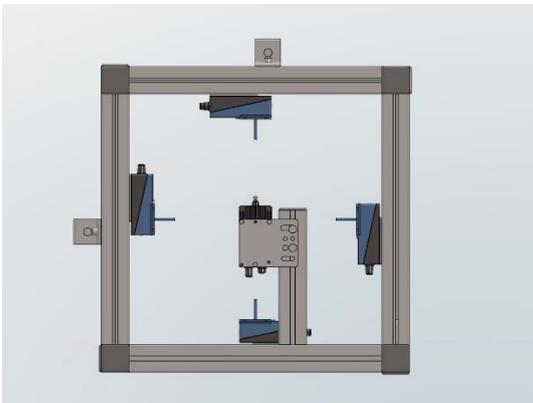
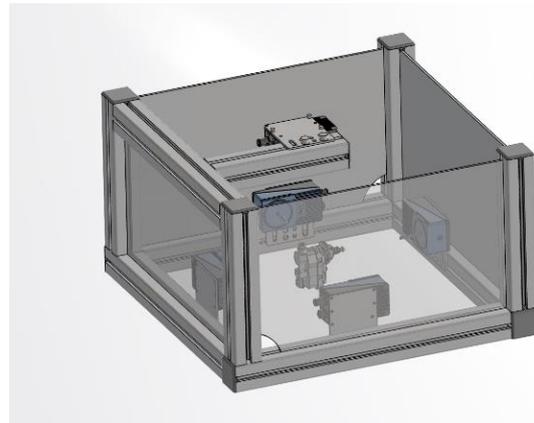
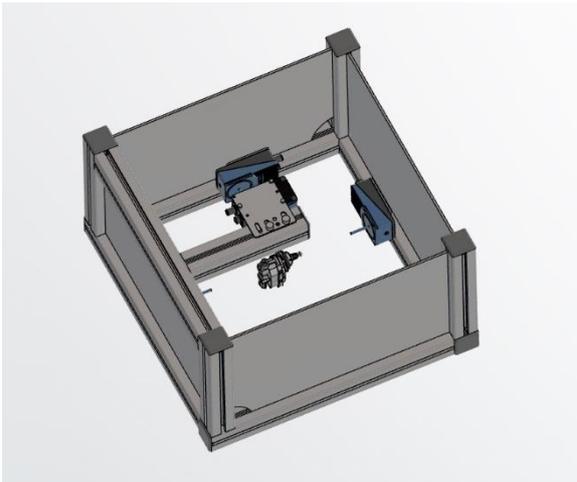


x 2



x 9

Produit final



6. Intégration du système d'inspection à la plateforme AMS

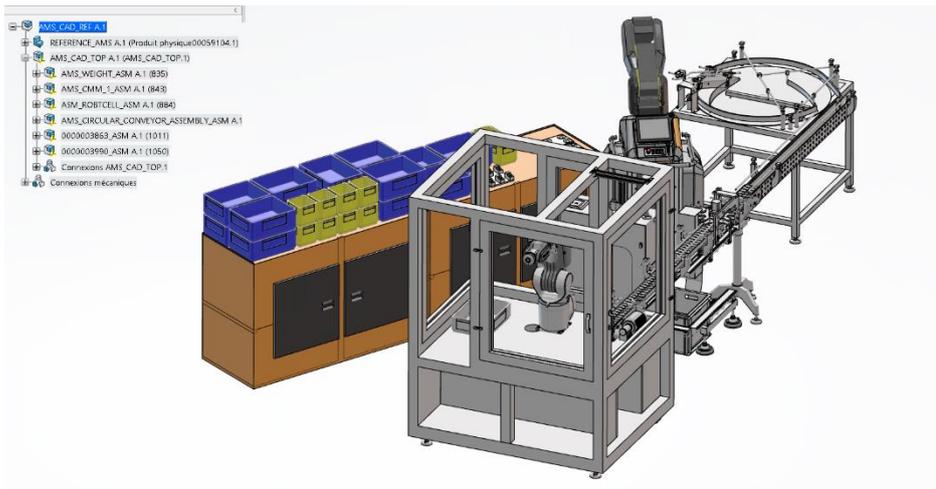
Les produits ont été créés dans le logiciel de modélisation 3D CREO et partagés sur une plateforme de gestion du cycle de vie des produits appelée Windchill.

C'est à partir de là que le travail a commencé avec l'outil 3D Experience, un environnement collaboratif qui permet d'innover de manière entièrement nouvelle et de créer des produits et des services à l'aide d'expériences virtuelles. Il fournit une vue en temps réel de l'activité et de l'écosystème de l'entreprise, en connectant les personnes, les idées et les données. Cette plateforme, développée par Dassault Systems, nous a permis de collaborer, de modifier et d'interagir au sein de projets déjà en cours.

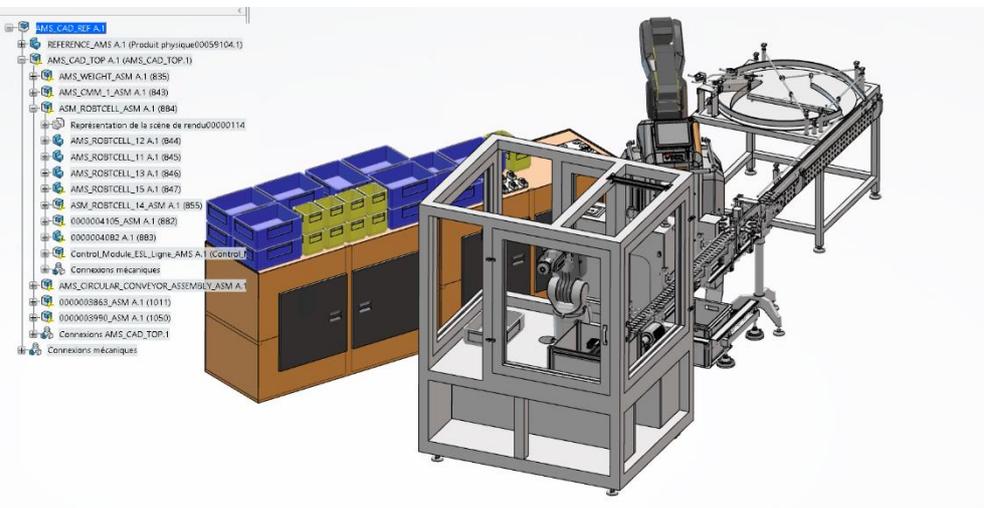
Le poste de contrôle a été transféré de Windchill à 3D Experience.

Une fois téléchargée sur 3DExp, elle a été incorporée dans le jumeau numérique de la plateforme AMS. Nous avons rencontré le problème que cela était déjà mal orienté auparavant, donc le fichier AMS_CAD_REF a été créé, où un plan bien orienté a été créé et a incorporé toute la ligne de production et la station de contrôle à l'intérieur de la cellule robotique.

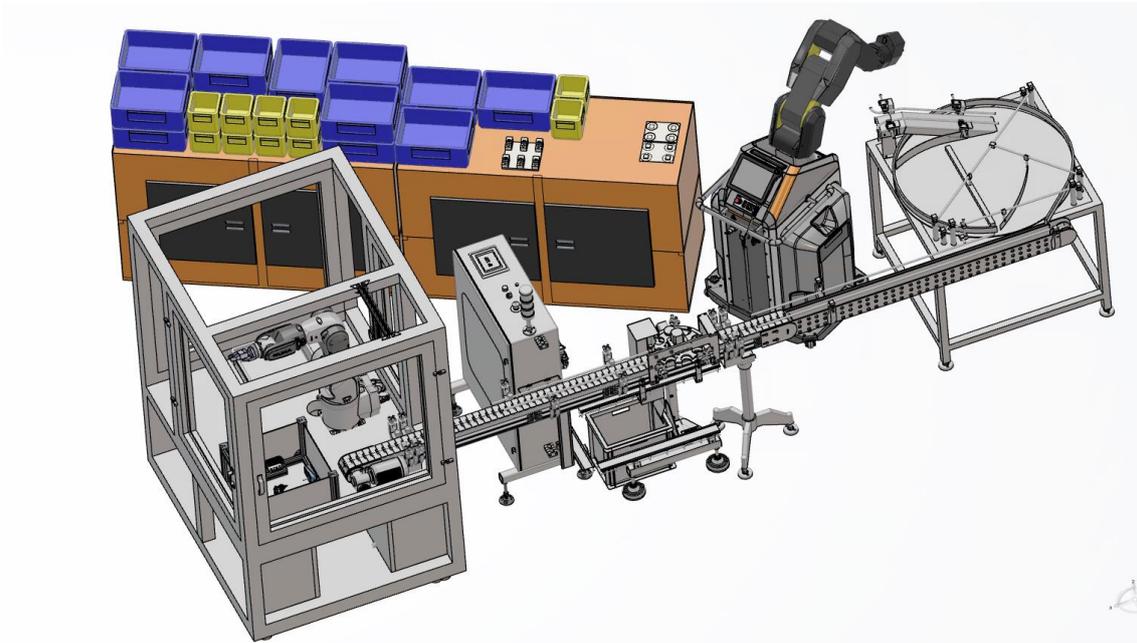
Le modèle 3D du module ESL a également été intégré au système de contrôle, exactement à l'endroit où il serait positionné dans la réalité pour être inspecté de tous les côtés.



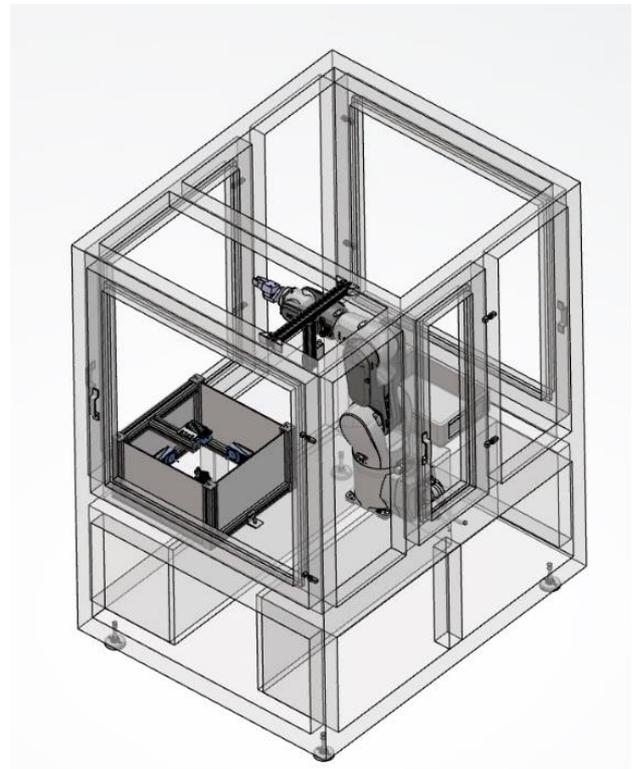
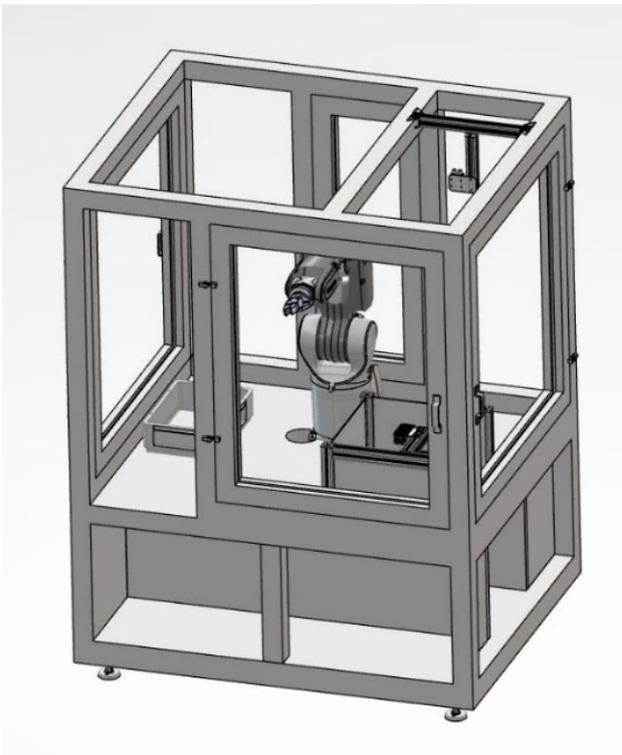
Plateforme AMS sans le système d'inspection



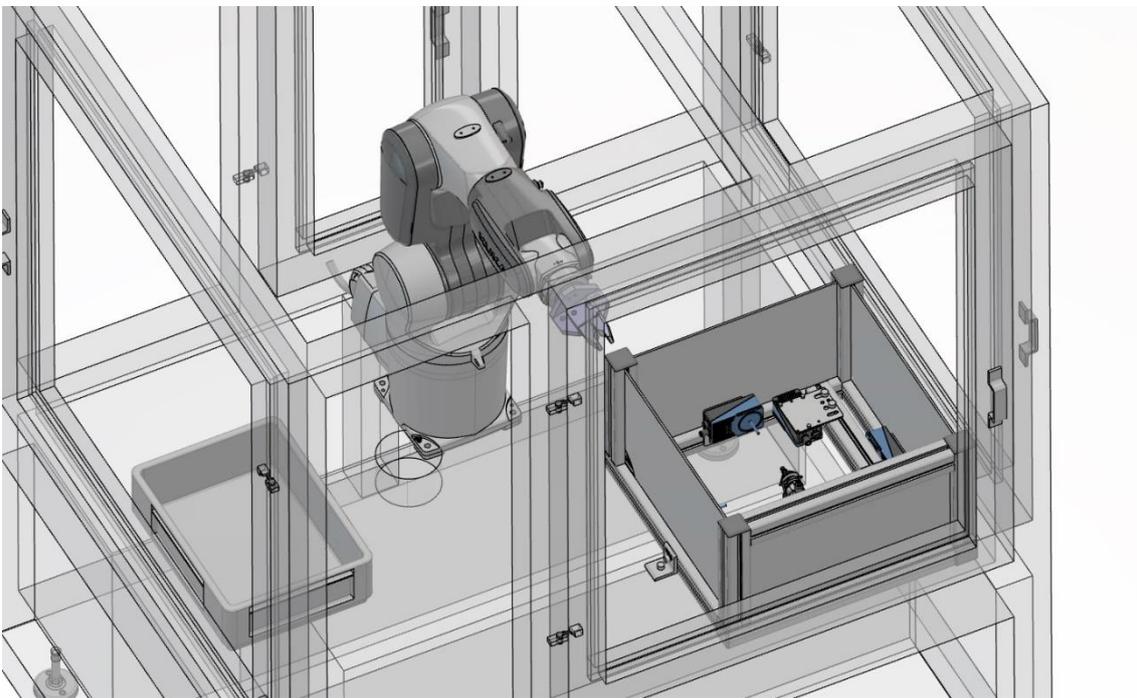
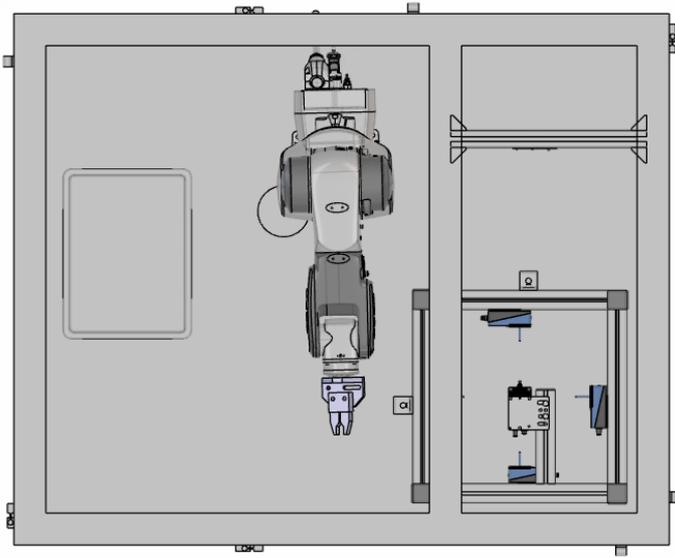
Plateforme AMS avec le système d'inspection



Plateforme AMS



Cellule Robotique



7. Construction du système d'inspection

Nous avons contacté MiniTec pour qu'elle nous fournisse tous les matériaux nécessaires.

Budget



Certifié ISO 9001-2008

DEPARTEMENT INGENIERIE MECANIQUE
UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE COMPIEGNE
RUE DU DOCTEUR SCHWEITZER
CS 60319

60203 COMPIEGNE CEDEX
France

OFFRE DE PRIX

Votre référence M Philippe POUILLE	Tel 03 44 23 52 18	No. document 91862 / 4003033	Date 01.12.2021	N° Client 11868/ROB
Responsable commercial Johanna Maniak\JM	Tel 0387276872 johanna.maniak@minitec.fr	Votre demande E-MAIL du 29.11.2021		
Chargé d'affaires	Tel	Expédition par transporteur	N° de fournisseur 42898163300012	

Page 1 de 3

Pos.	Désignation	Quantité Date expéd.	Prix Unitaire	Prix Total EUR
10	201033/0 Profilé 45x45 F 4 x 0,455m Numéro intracommunautaire 76042100	4 p.	10,25	41,00
20	201033/0 Profilé 45x45 F 4 x 0,255m Numéro intracommunautaire 76042100	4 p.	6,80	27,20
30	201033/0 Profilé 45x45 F 1 x 0,41m Numéro intracommunautaire 76042100	1 p.	9,47	9,47
40	201033/0 Profilé 45x45 F 1 x 0,22m Numéro intracommunautaire 76042100	1 p.	6,20	6,20

Pos.	Désignation	Date expéd.	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total EUR
					Transfert 83,87
50	221004/1 Embout 45x45 Z gris <i>Numéro intracommunautaire 39235090</i>		8 Pièce	0,77	6,16
60	210818/0 Fixation Minitec 45 SF Autotaraudeuse <i>Numéro intracommunautaire 73269098</i>		11 Pièce	3,10	34,10
70	211133/0 Équerre 45 GD revêtement gris <i>Numéro intracommunautaire 76169910</i>		2 Pièce	3,15	6,30
80	211390/2 Écrou carré M08 Z avec languette ESD <i>Numéro intracommunautaire 73181692</i>		12 Pièce	0,65	7,80
90	710002/0 Frais de gestion <i>Numéro intracommunautaire 00000000</i>		1 Pièce	15,00	15,00
<p>Gestion du minimum de commandes et frais administratifs. (calculé sur des valeurs hors taxes et hors frais de port et d'emballage)</p> <p>Commande <50,- € => Plus-value pour arriver à un minimum de 50,- € + 20,- € de frais de gestion. Commande de 51,- € à 100,- € => Application de frais de gestion d'un montant de 20,- €. Commande de 101,- € à 199,- € => Application de frais de gestion d'un montant de 15,- €. Pas de frais de gestion pour toute commande supérieure ou égale à 200,- € HT.</p>					
Val. de march.	Frais de Port.		HT	TVA %	TVA
153,23	18,00		171,23	20 %	34,25
					Prix Total
					205,48 EUR

Siège social: **MiniTec SNC** aus capital de **91470 €**
 Z.I. du Grand Bois - B.P. 91016
 2, rue Charles Desgranges - 57 214 SARREGUEMINES Cedex
 Tél 03 87 27 68 70 - Fax 03 87 27 68 77
 e-mail: info@minitec.fr - URL: www.minitec.fr

Banques: Banque Populaire de Lorraine Champagne
 Compte 08 721 002 221 Clé 22
 CODE 147 0700010
 IBAN: FR7614707000100872100222122
 BIC: CCBPFRPPMTZ

N° identification TVA
 FR 95 413 900 903
 RCS Sarreguemines
 B 4 13 900 903

Tribunal Compétent:
 Sarreguemines

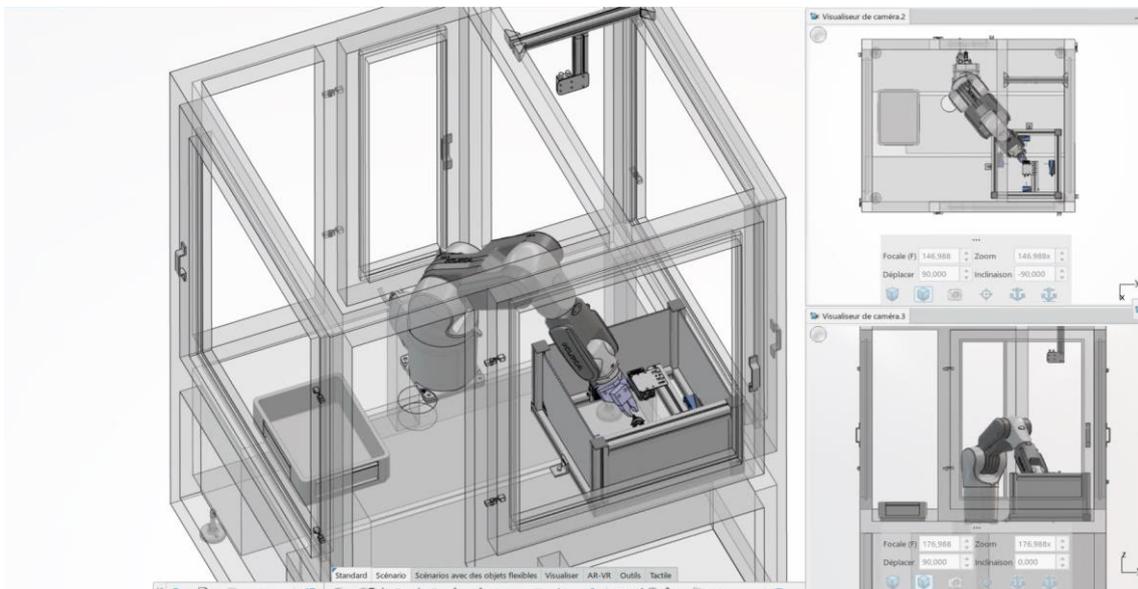
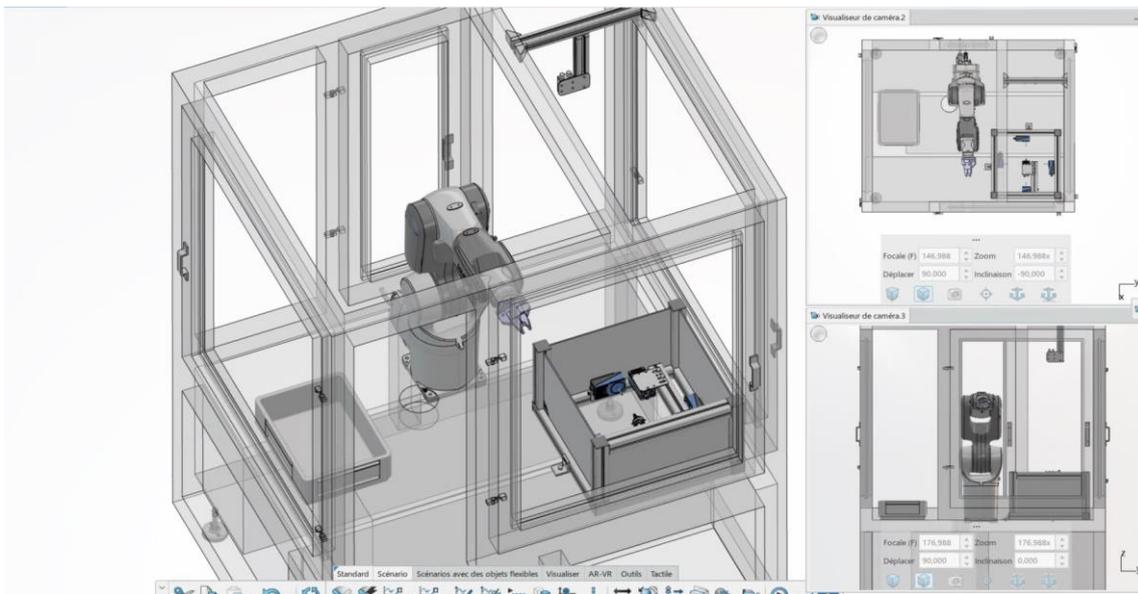
VOIR CONDITIONS GÉNÉRALES AU VERSO.
 CLAUSE DE RÉSERVE DE PROPRIÉTÉ

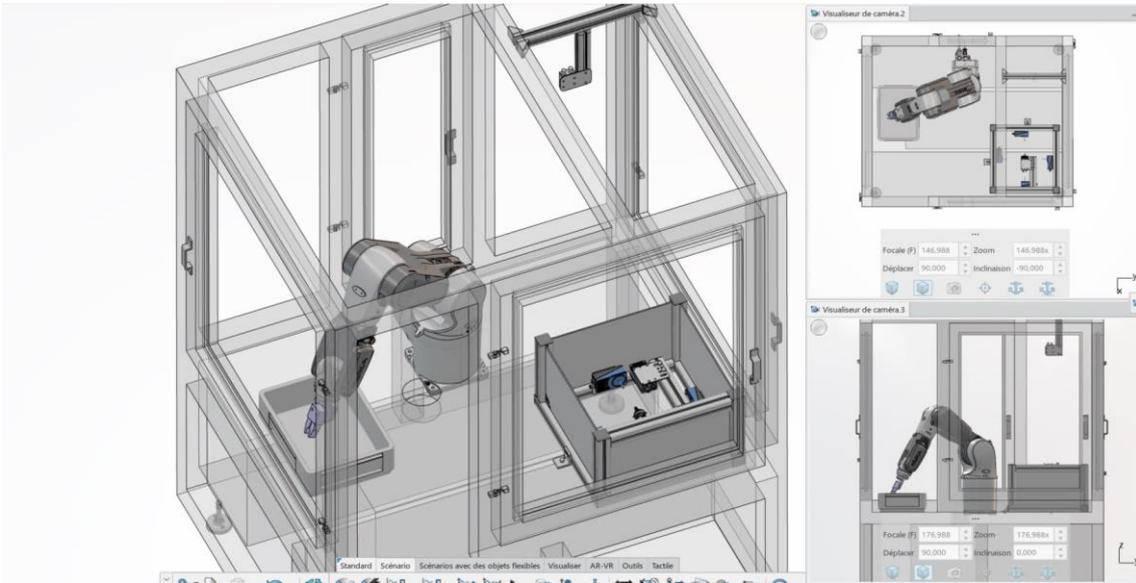
8. Animation Robot KUKA

Nous avons créé une simulation du robot KUKA dans Mechanical System Experience montrant le processus depuis la prise du module jusqu'à sa dépose dans le panier OK.

Les captures d'écran et un enregistrement de l'écran téléchargé sur YouTube sont montrés.

<https://youtu.be/9fdlu2D55Uc>



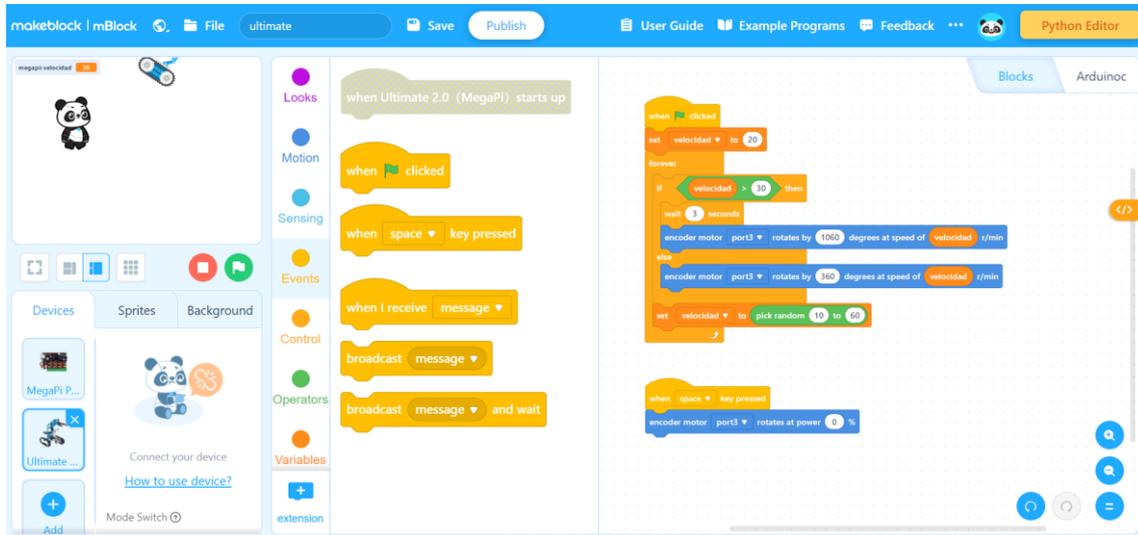


Nous avons également ajouté un tableau illustrant la position de toutes les commandes du robot à un moment donné.

Scene	Commande 1	Commande 2	Commande 3	Commande 4	Commande 5	Commande 6
1	270	90	90	0	90	0
2	251,8	90	90	0	90	0
3	231,8	90	90	0	90	0
4	231,8	70	60	0	90	0
5	231,8	55	70	0	90	0
6	231,8	40	85	0	90	0
7	231,8	30	97	0	85	0
8	231,8	40	85	0	90	0
9	231,8	55	70	0	90	0
10	231,8	70	60	0	90	0
11	231,8	90	90	0	90	0
12	231,8	90	90	0	90	0
13	251,8	90	90	0	90	0
14	270	90	90	0	90	0
15	300	90	90	0	90	0
16	340	90	90	0	90	0
17	340	65	75	0	90	0
18	340	45	80	0	90	0
19	340	37	80	0	90	0
20	340	45	80	0	90	0
21	340	65	80	0	90	0
22	300	90	90	0	90	0
23	270	90	90	0	90	0

9. Mise en service du module

Pour mettre en service le module et vérifier au poste de contrôle son bon fonctionnement, on utilisera l'outil Makeblock avec une MegaPI Carte, et on codera avec mBlock.



Exemple de codage d'un moteur avec des blocs pour savoir que nous pouvons utiliser cet outil pour exécuter tous les modules. Nous y avons défini différentes fonctions pour faire varier la rotation du moteur. Nous avons attribué une vitesse de rotation aléatoire entre 10 et 60 bpm, et selon qu'elle est supérieure ou inférieure à 30, il effectuera un nombre de rotations ou un autre. De cette façon, nous avons prouvé avec succès que nous pouvons tester le fonctionnement du module en utilisant mBlock.

10. Conclusion

Pour clore ce travail, nous pouvons souligner que la recherche d'ensembles de données existants a été menée à bien, ajoutant de manière significative à la liste des ensembles de données déjà collectés. Surtout, de nouveaux jeux de données d'images liés à la production industrielle et à la détection des imperfections ont été trouvés. Cela permettra de développer l'un des nôtres plus facilement et plus efficacement. Il faut noter que l'accessibilité de nombreuses bases de données est encore difficile, car on a trouvé de la littérature qui en mentionne plusieurs qui restent privées, notamment celles qui sont multimodales (images, sons, modèles 3D...).

L'avancée la plus importante de ce projet est la proposition du système qui permet l'inspection et le contrôle du module, en apportant une perspective empirique. L'intégration de ce modèle 3D dans la simulation de la plateforme AMS existante dans le laboratoire Roberval de l'UTC apporte une valeur ajoutée à la gestion du cycle de vie des produits.

Il convient de souligner ici la pertinence d'avoir fixé la pince et spécifié l'amplitude du mouvement sur le robot KUKA, ce qui permet de vérifier si la simulation réalisée à l'aide de 3D Experience peut être effectuée et si elle est compatible avec la station de contrôle de qualité du module ESL.

La projection la plus évidente de ce travail est de poursuivre la construction physique du système d'inspection et de le tester avec le robot KUKA, et à partir de là, d'ajuster ce qui est pertinent et permet un meilleur fonctionnement du bras robotique interagissant avec le module. Les informations recueillies sur les ensembles de données seront appliquées pour développer un ensemble de données spécifique pour ce système.