



**HAL**  
open science

## L'IA au service du contrôle de produits manufacturés

Pascal Vrignat, Manuel Avila, Frederic Kratz

► **To cite this version:**

Pascal Vrignat, Manuel Avila, Frederic Kratz. L'IA au service du contrôle de produits manufacturés. Colloque sur les Objets et systèmes Connectés 2022, Ecole Supérieure Polytechnique de Dakar, May 2022, Dakar, Sénégal. hal-04397530

**HAL Id: hal-04397530**

**<https://hal.science/hal-04397530>**

Submitted on 16 Jan 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# L'IA au service du contrôle de produits manufacturés

Pascal Vrignat<sup>1</sup>, Manuel Avila<sup>1</sup>, Frédéric Kratz<sup>2</sup>  
pascal.vrignat@univ-orleans.fr

<sup>1</sup>Univ. Orléans, INSA-CVL, PRISME, EA 4229, F45072, Orléans, France

<sup>2</sup>INSA-CVL, Univ. Orléans, PRISME, EA 4229, F18020, Bourges, France

**RESUME :** Avec la mise en œuvre d'applications pour l'industrie du futur également appelée " Industrie 4.0 ", le déploiement de logiciels, capteurs, actionneurs et effecteurs, et différents réseaux numériques est rendu nécessaire. Dans ces conditions, les différents échanges numériques coopèrent pour rationaliser les processus de conception et de fabrication existants. L'arrivée de l'Internet industriel des objets (IIoT) pour l'industrie 4.0 participe à un véritable point de convergence avec les précédentes révolutions industrielles, "c'est aujourd'hui la promotion et le perfectionnement de cette institution moderne, l'usine proactive". À ces nouvelles solutions numériques s'ajoutent, les évolutions de la robotique, du traitement de l'image, de la gestion d'entreprise (agilité, éco-responsabilité). Aujourd'hui, l'Intelligence Artificielle (IA) couplée au contrôle et à la bonne gestion d'une ligne de production est une des briques essentielles à une architecture plus globale. Dans cet article, nous proposons d'apporter des éléments de réponse sur ce thème. Le travail présenté a été réalisé par trois étudiants de 3<sup>ème</sup> année de Licence. Il a fait l'objet de collaborations avec trois partenaires industriels, Phoenix Contact, Skkynt et Sick.

**Mots clés :** Contrôle-qualité, Intelligence Artificielle, Deep Learning, OPC UA, PLCnext, base de données, Proficloud, Profinet, Phoenix Contact, Skkynt, Sick.

## 1 INTRODUCTION

L'industrie 4.0 est une véritable révolution. L'objectif de cette révolution est d'apporter à l'industrie les progrès considérables et les solutions disponibles dans le domaine des technologies numériques. Jusqu'au début des années 2000, le paradigme industriel impliquant l'OT (Operational Technology) séparait l'IT (Information Technology) [1]. Les processus industriels étaient alors fonctionnellement et physiquement structurés et hiérarchisés selon un modèle pyramidal nommé le CIM (Computer Integrated Manufacturing) ou le modèle "Purdue" [2, 3]. Ce type de structure fait désormais converger des briques ou des fonctions différentes qui peuvent être fusionnées selon des besoins spécifiques. Il s'agit par exemples, de nouveaux procédés de fabrication, de machines intelligentes, de nouveaux matériaux, de couplage de procédés, de contrôle et de commande, de suivi et de traçabilité, de fabrication additive, etc. Ces solutions principalement numériques intègrent l'ingénierie numérique (modélisation, simulation, réalité virtuelle ou augmentée), la chaîne numérique (conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO), la gestion du cycle de vie des produits (PLM), la planification des ressources de l'entreprise (ERP), la gestion électronique des documents (GED), etc.), l'Internet des objets (interconnexion, objets intelligents), la communication (protocole, sécurisation des échanges), le Big Data, le data mining, et les fonctions hébergées dans un Cloud donnant ainsi naissance à un nouveau modèle 3D amené à remplacer le modèle CIM : RAMI 4.0 [4, 5]. Le travail présenté dans cet article présente différentes briques numériques répondant aux enjeux actuels. L'article se décompose en cinq sections. Après la section d'introduction, la section 2 présente l'expression du besoin concernant le projet. La section 3 décrit la mission qui a été confiée à

des étudiants en Licence. La section 4 détaille l'architecture de la solution technique retenue accompagnée de résultats significatifs. Enfin et par une conclusion, nous terminons nos propos dans la section 5.

## 2 EXPRESSION DU BESOIN

Indispensable, le contrôle-qualité de produits manufacturés n'est pas nouveau. C'est même une véritable nécessité dans une économie de marché. Cependant, cette branche de service et de compétences dans l'entreprise vit une véritable révolution avec notamment, l'arrivée de nouveaux capteurs de vision. Ces solutions intègrent aujourd'hui, des orientations clairement opérationnelles en matière d'IA et plus particulièrement de Deep Learning. Différents constructeurs proposent aujourd'hui ce type d'orientation. Dans ce travail, Sick, nouveau partenaire de notre Université a donc été retenu. Sur la base d'une solution PLCnext (automate programme industriel proposé par Phoenix Contact), l'objectif était de mettre en œuvre les dispositifs et les solutions nécessaires afin de pouvoir enregistrer, tracer et discriminer des pièces en plastique (moules emporte-pièce, (fig 1)). La solution devait également permettre d'implémenter un système de gestion de base de données (SGBD) locale et décentralisée dans un Cloud (Proficloud i-o).

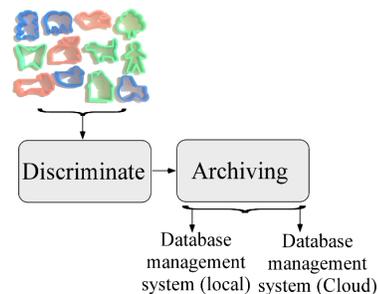


fig 1 : Les contraintes du projet

### 3 MISSION CONFIEE A DES ETUDIANTS EN 3EME ANNEE DE LICENCE

Notre établissement accueille depuis de nombreuses années, une Licence Professionnelle intitulée "Supervision des Automatismes et des Réseaux". Cette formation universitaire répond totalement à la nécessité de former des étudiants aux environnements consacrés aux systèmes de contrôle et d'acquisition de données pour l'industrie 4.0. Le diplôme peut s'acquérir par deux voies : en formation initiale (voie classique) ou en formation par apprentissage. Ce projet d'une durée d'un mois a été confié à trois étudiants en formation par apprentissage (fig 2).



fig 2 : L'équipe projet et une formatrice de Sick pour un après-midi de formation

### 4 ARCHITECTURE DETAILLEE DE LA SOLUTION NUMERIQUE RETENUE

La fig 3 décrit l'architecture qui a été mise en œuvre. Cette architecture répond aux nombreuses exigences et verrous techniques pouvant être rencontrés dans des contextes industriels en matière de contrôle-commande et de vérification de conformité de produits manufacturés. Dans le cadre d'un protocole d'échange commun (Profinet), le premier enjeu a consisté à faire dialoguer, un produit tiers (Sick) avec un automate PLCnext (Phoenix Contact). Le Web Panel était également un produit Phoenix Contact. Le second enjeu était de pouvoir disposer d'un modèle robuste hébergé dans la caméra capable de discriminer les objets en plastique. Le troisième enjeu a consisté à créer une base de données locale à partir d'un canal OPC UA<sup>1</sup>. Enfin, le dernier enjeu associait à la fois, la fonction de stockage et de traitement des objets dans un cloud (Proficloud i-o) et la sécurisation des échanges afin de pouvoir parer aux potentielles cyber-attaques (Firmware adapté, synchronisation temporelle des échanges, certificat crypté, attribution d'une référence de produit unique (PLCnext), localisation géographique de la plateforme). Les étapes du développement ont été les suivantes.

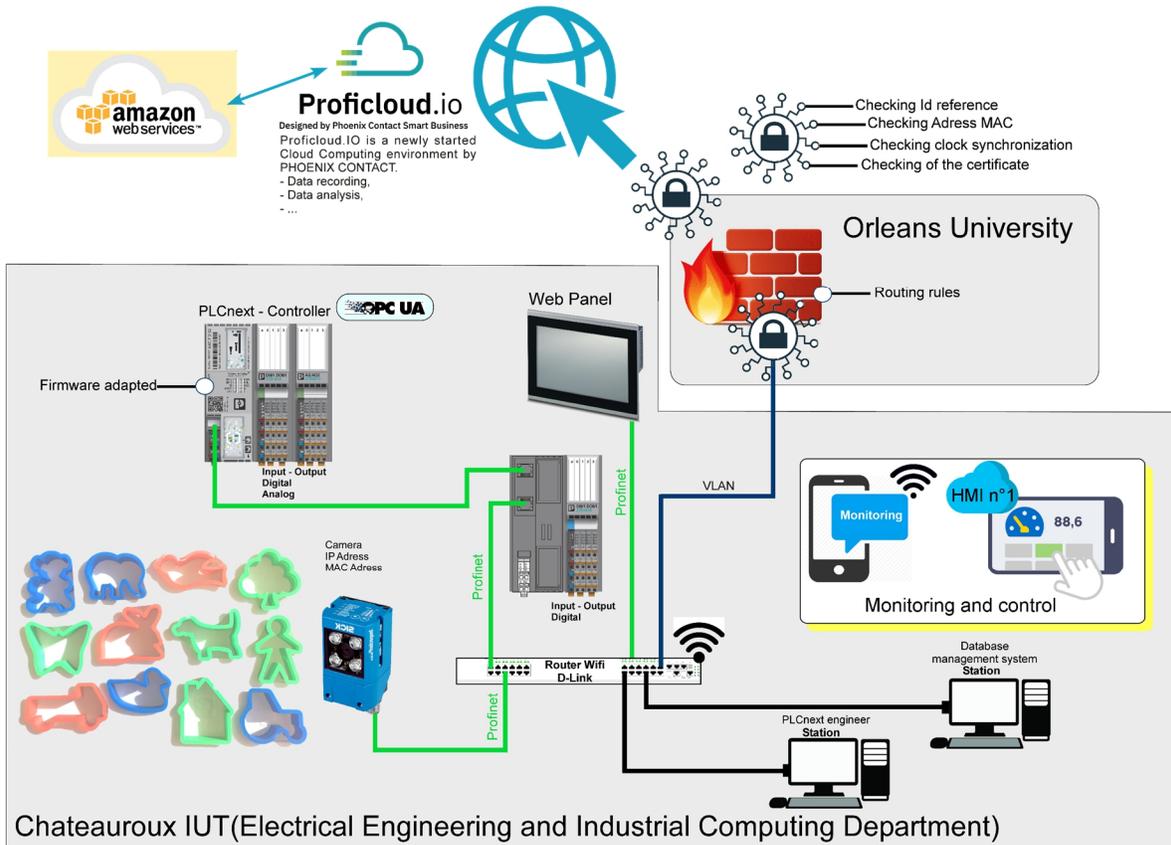


fig 3 : Architecture numérique de la solution

<sup>1</sup> OPC Unified Architecture est une norme IEC62541 multiplateforme et open source pour l'échange de données entre les capteurs et les applications cloud développées par la Fondation OPC.

#### 4.1 Création du modèle de discrimination

Sick propose différents outils logiciels afin d'obtenir un modèle à base de réseaux de neurones qui sera hébergé dans la caméra (InspectorP62x). Le travail préliminaire et fastidieux consiste après validation du contexte environnemental de la caméra (hauteur, apport de lumière, contraste...) d'enregistrer une collection de photos des différentes pièces en plastique. Cette collection sera ensuite traitée par un traitement à base de Deep Learning afin d'obtenir un modèle à l'issue de la phase d'apprentissage. L'outil de configuration de la caméra est hébergé chez Sick. Les traitements gourmands en ressources sont effectués sur le Cloud du constructeur pour obtenir les fichiers de configuration de la caméra. Dans notre cas, nous avons constitué une base de données de 3600 photos (300 photos pour chacune des pièces avec des clichés sous différentes orientations). La base de photos ainsi obtenus concernait des photos à base de niveaux de gris (fig 4 (a)). La caméra qui a été utilisée est une caméra 2D, niveaux de gris. A l'issue de la phase d'apprentissage, un modèle présenté sous forme d'une matrice de correspondance est proposé (fig 4 (b)). La diagonale (bleue) de la matrice doit être complète. Les autres cases doivent contenir la valeur zéro. Dans le cas contraire, il faudra procéder à un enrichissement de la base de photos afin que le modèle soit plus robuste (aucune confusion possible entre les pièces).

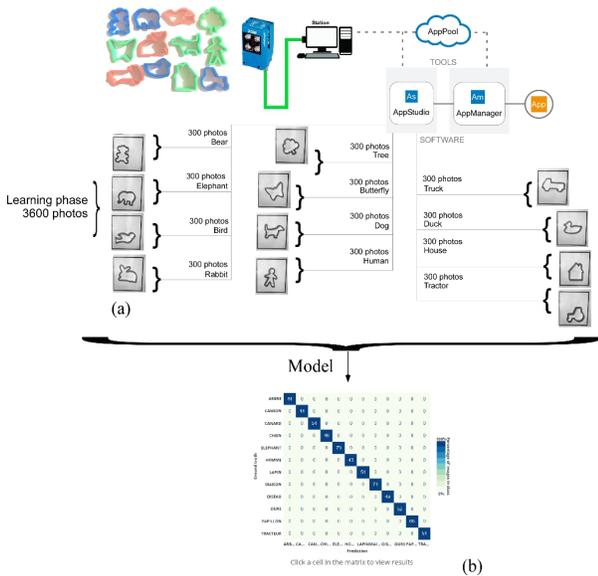


fig 4 : Phase d'apprentissage du modèle

Une fois le modèle établi, la caméra est capable de l'héberger dans un fichier de type JSON (fig 5 (a)). La nouvelle étape du travail a consisté à valider la reconnaissance des différentes pièces (fig 5 (b)).

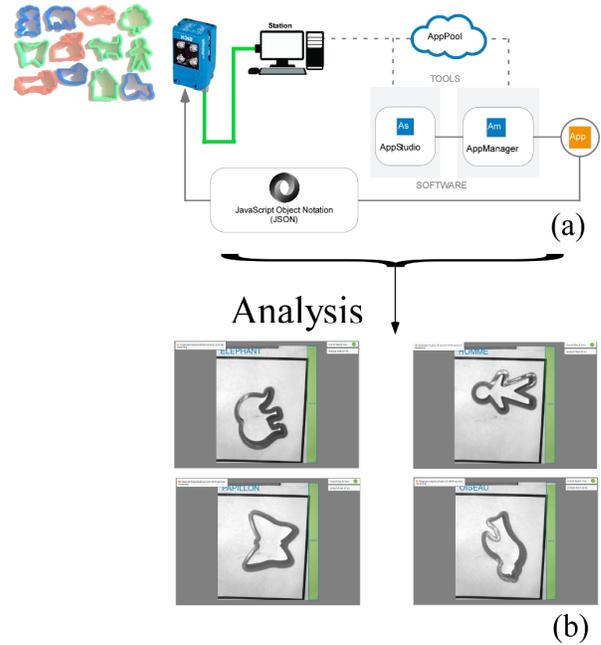


fig 5 : Phase de test du modèle

#### 4.2 Traitement du contrôle des pièces par le PLCnext

Le développement de l'application hébergée dans le PLCnext a été traité avec la plateforme de programmation PLCnext Engineer 2022 (conforme à la norme CEI 61131-3). Cette application traite à la fois, l'algorithme de gestion des pièces (fig 6) et l'application d'interface Homme-Machine du serveur Web hébergé par le PLCnext. L'application d'interface Homme-Machine est consultable avec différents moyens techniques (le Web Panel, une tablette ou un Smartphone (fig 3)). La compatibilité des échanges numériques entre la caméra et le PLCnext est gérée avec un fichier spécifique de type GSDML fourni par le constructeur Sick.

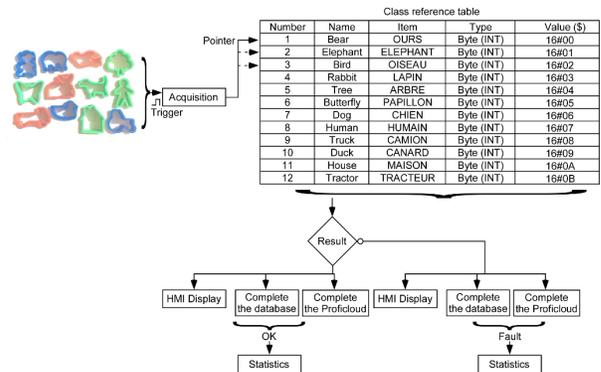


fig 6 : Principe de l'algorithme hébergé dans le PLCnext

### 4.3 Système de gestion de la base de données locale

Le Système de Gestion de la Base de Données (SGBD) a mis en œuvre différents moyens. OPC UA a servi de canal initial pour les échanges de données. Le Client-Serveur Cogent DataHub commercialisé par Skkynet a permis d'établir les différents liens avec la base de données MySQL. Dans ces conditions, nous avons opté pour l'usage de la plateforme MAMP-PRO (fig 7). Ce choix a nécessité d'installer un driver ODBC-MySQL.

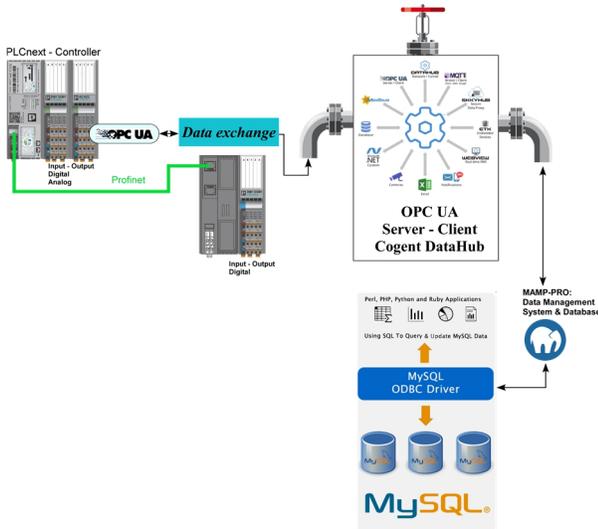


fig 7 : Architecture de principe du SGBD

### 4.4 Système de gestion de la base de données dans le Cloud

Dans ce contexte, Phoenix Contact propose une solution capable de répondre aux enjeux et aux besoins des industriels. Cette solution nommée Proficloud i-o offre un certain nombre de services et de possibilités. Cette dernière partie de travail a concerné essentiellement différents paramètres incontournables et règles à adopter. Le Responsable de la Sécurité des Systèmes d'Information (RSSI) de l'Université a été sollicité afin de pouvoir disposer en toute sécurité d'un accès de notre plateforme vers le Cloud. En la matière, cette démarche de collaboration sera également incontournable dans les entreprises. La fig 8 (a) montre une capture d'écran du point de connexion entre le PLCnext et le Cloud. La fig 8 (b) présente un exemple de la capacité de stockage et d'affichage des pièces traitées. La fonction Cloud engage des services particulièrement sensibles. Par exemples, deux contraintes peuvent être soulevées :

- ✓ Où est localisé le Cloud (service interne à l'entreprise, service externe à l'entreprise) ?
- ✓ Comment rafraichir les données ou accéder aux données dans le cas d'une rupture de service Internet ?

Dans le cas d'une rupture de service Internet, le SGBD local peut garantir une continuité de service.

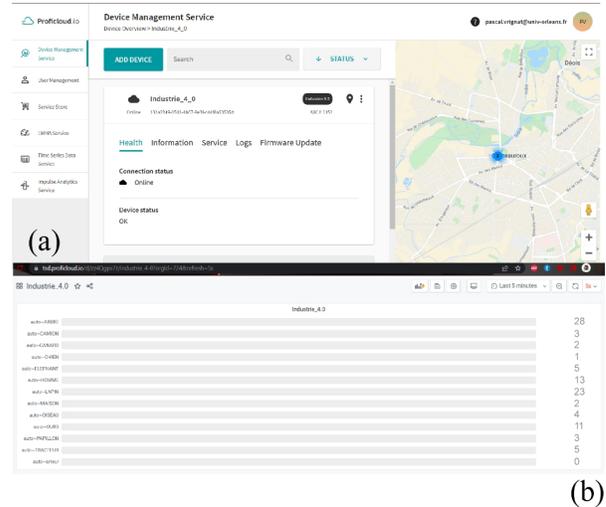


fig 8 : Connexion au Cloud

### 4.5 Validation par une phase de reporting pour analyse des résultats

L'analyse des données en ligne est une phase incontournable. La fig 9 présente un résultat qui pourrait être analysé par exemple par un responsable de production. Dans notre cas et en mode automatique, toutes les pièces ont été correctement analysées et traitées sans erreur.

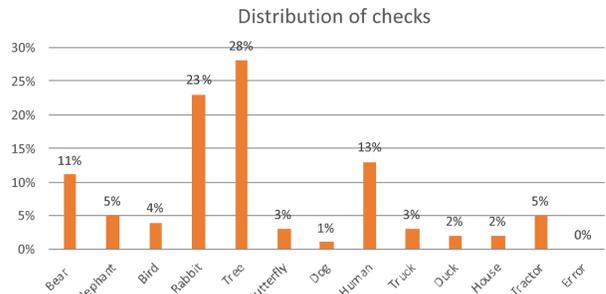
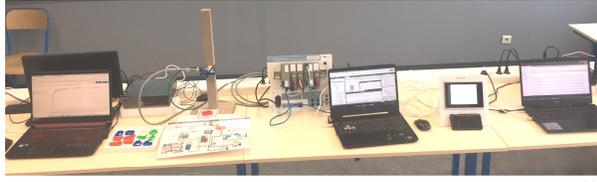


fig 9 : Analyse d'une campagne de contrôle

## 5 CONCLUSION

Nous avons montré dans cet article que de nouvelles solutions techniques étaient proposées par différents constructeurs bien connus. Différents enjeux pour l'industrie 4.0 ont été validés dans ce projet. Nous avons également démontré que la mise en place de collaborations avec différents partenaires industriels est une réelle opportunité pour nos formations universitaires. Ces collaborations permettent à la fois, de disposer d'une vitrine technologique et de former au mieux nos étudiants compte tenu des besoins des industriels. Enfin, nous avons démontré que des étudiants en Licence 3<sup>ème</sup> année peuvent relever des défis techniques conséquents. La fig 10 (a) présente la plateforme de travail finalisée. La partie (b) permet d'accéder à une vidéo de présentation du projet.



(a)

Scan  
to discover !



(b)

*fig 10 : La plateforme de travail*

## Bibliographie

- [1] Dhlamini, T. and T. Mawela, "Critical Success Factors for Information Technology and Operational Technology Convergence Within the Energy Sector", in International Conference on Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications. 2021. Springer.
- [2] Williams, T.J., "The Purdue enterprise reference architecture", Computers in industry, 1994. 24(2-3): p. 141-158.
- [3] Rehg, J.A., "Computer-integrated manufacturing", 1995: Prentice-Hall, Inc.
- [4] Cheng, B., et al., "Industrial cyberphysical systems: Realizing cloud-based big data infrastructures", IEEE Industrial Electronics Magazine, 2018. 12(1): p. 25-35.
- [5] Hankel, Martin, and Bosch Rexroth. "The reference architectural model industrie 4.0 (rami 4.0)." ZVEI 2.2 (2015): 4-9.