# DEEP LEARNING POUR L'AUTOMATISATION INDUSTRIELLE

## Combinaison de l'intelligence artificielle et de la vision industrielle

COGNEX

# TABLE DES MATIÈRES


**Qu'est-ce que le deep learning ? ..... 3**

**La vision industrielle pour l'automatisation de l'assemblage ..... 4**

**Le défi de la variabilité ..... 5**

**Avantages de l'inspection visuelle humaine ..... 6**

**Le deep learning pour les inspections complexes ..... 7**

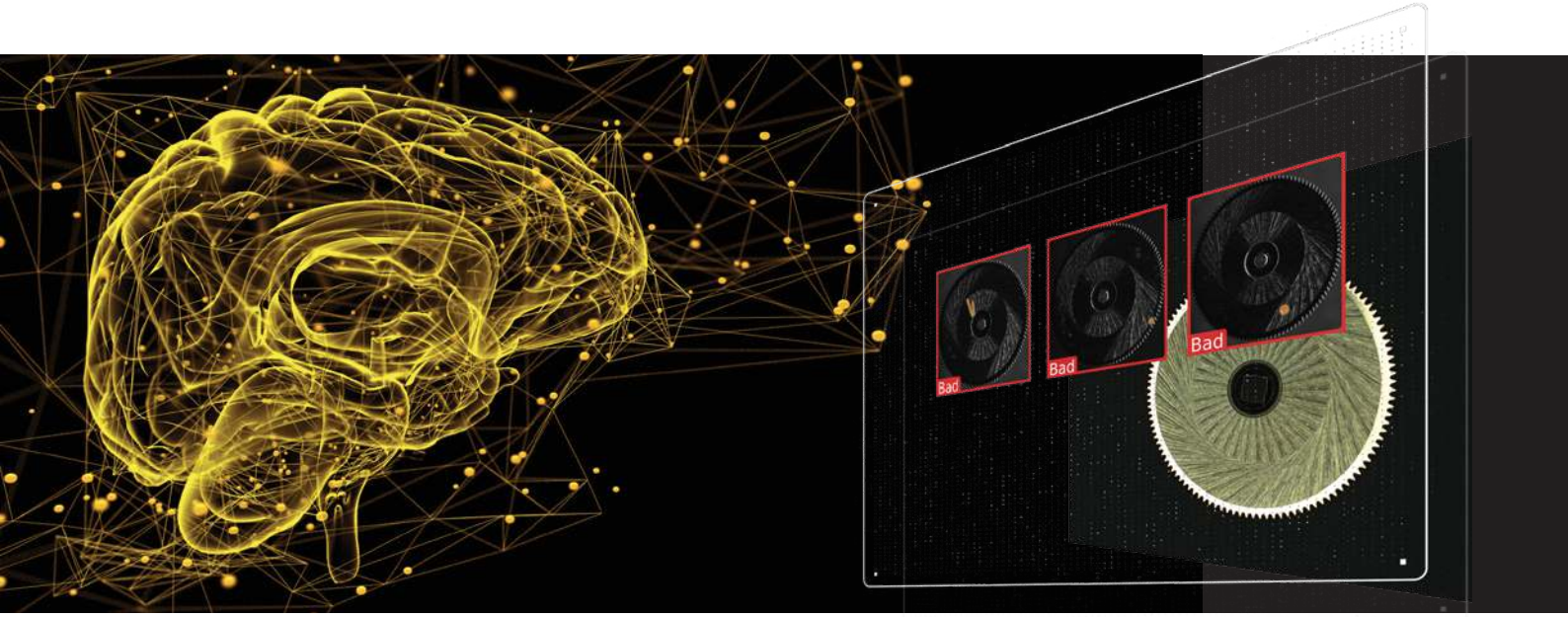
**Choix entre la vision industrielle classique et le deep learning ..... 8**

**Cognex ViDi Suite ..... 9**

**Conclusion ..... 9**

# DEEP LEARNING POUR L'AUTOMATISATION INDUSTRIELLE

## COMBINAISON DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET DE LA VISION INDUSTRIELLE




## QU'EST-CE QUE LE DEEP LEARNING ?

Des téléphones portables à la réalité des voitures autonomes, l'économie de consommation a commencé à exploiter la puissance des réseaux neuronaux de deep learning Le deep learning a émergé comme une technologie fondamentale dans la reconnaissance vocale, textuelle et faciale que nous utilisons dans nos appareils mobiles et portables. Celle-ci commence à être employée dans de nombreuses autres applications, du diagnostic médical à la sécurité Internet, pour prévoir les tendances et prendre des décisions opérationnelles cruciales. Les pratiques de fabrication avancées se servent désormais de cette technologie pour une inspection de qualité et d'autres applications basées sur le jugement.

De par sa nature, le deep learning enseigne aux robots et machines à faire ce qui semble naturel pour les humains : apprendre, par exemple. Le nouveau matériel bon marché a permis de déployer des réseaux neuronaux profonds multicouches biomimétiques qui imitent les réseaux neuronaux du cerveau humain. Ceux-ci confèrent aux technologies de fabrication de nouvelles capacités d'identification des images, de détermination des tendances, d'établissement de prévisions et de prise de décisions intelligentes. Reposant sur une logique fondamentale développée lors de l'apprentissage initial, les réseaux neuronaux profonds peuvent sans cesse améliorer leurs performances lorsqu'ils sont en présence de nouveaux textes, paroles et images.

L'analyse d'images basée sur le deep learning combine la spécificité et la flexibilité de l'inspection visuelle humaine avec la fiabilité, la constance et la vitesse d'un système informatique. Les modèles de deep learning peuvent répondre de façon précise et répétée aux besoins d'applications de vision difficiles qui seraient fastidieuses à développer et souvent impossibles à gérer à l'aide d'approches de vision industrielle classiques. Les modèles de deep learning peuvent distinguer les défauts inacceptables, tout en tolérant les variations naturelles des motifs complexes. De plus, ils peuvent être facilement adaptés à de nouveaux exemples, sans avoir à reprogrammer leurs algorithmes de base.

Les logiciels basés sur le deep learning peuvent désormais relever les défis de la localisation des pièces, de l'inspection, de la classification et de la reconnaissance optique de caractères basées sur le jugement plus efficacement que les inspecteurs ou les solutions de vision industrielle classiques. De plus en plus de fabricants se tournent vers les solutions basées sur le deep learning et l'intelligence artificielle pour relever les défis les plus complexes de l'automatisation.

# LA VISION INDUSTRIELLE POUR L'AUTOMATISATION DE L'ASSEMBLAGE

Fini le temps où les opérateurs géraient directement les lignes de fabrication. Aujourd'hui, les machines automatisent les tâches de fabrication, d'assemblage et de manutention. Les systèmes de vision industrielle équipés d'algorithmes d'alignement et d'identification de précision, ainsi que de fonctionnalités de guidage, ont permis la fabrication de composants modernes compacts impossible manuellement. Sur une ligne de production, les systèmes de vision industrielle peuvent inspecter des centaines de pièces par minute de façon fiable et répétée, surpassant de loin les capacités d'inspection des opérateurs.

Pendant des décennies, les systèmes de vision industrielle ont appris aux ordinateurs à effectuer des inspections pour détecter les anomalies, les contaminants, les défauts fonctionnels et d'autres irrégularités dans les produits fabriqués. La vision industrielle excelle dans la mesure quantitative d'une scène structurée en raison de sa vitesse, sa précision et sa répétabilité. Un système de vision industrielle doté d'optiques et d'une résolution de caméra appropriées peut facilement inspecter des détails d'objets invisibles à l'œil nu, avec une fiabilité supérieure et un taux d'erreur réduit (figure 1).

## Inspecteurs humains

## Vision industrielle

+ Vitesse
+ Précision
+ Répétabilité
+ Inspection des détails invisibles à l'œil nu

**Figure 1.** *Les inspecteurs humains sont doués pour apprendre à partir d'exemples et déterminer les écarts acceptables de la part du système de contrôle. En revanche, la vision industrielle offre la vitesse et la fiabilité dont seul un système informatique est capable.*

## Comparaison de l'apprentissage automatique aux autres méthodes d'inspection

| Comparé à l'inspection visuelle humaine, le deep learningest : | Comparé à la vision industrielle classique, le deep learning est : |
|---|---|
| **Plus constant**<br>Fonctionne 24 h/24, 7 j/7, et maintient le même niveau de qualité sur chaque ligne, pour chaque équipe et dans chaque usine. | **Conçu pour les applications complexes**<br>Répond aux besoins des applications d'inspection, de classification et de localisation complexes, impossibles ou difficiles pour les algorithmes classiques basés sur des règles. |
| **Plus fiable**<br>Identifie chaque défaut en dehors des limites de tolérance définies. | **Plus facile à configurer**<br>Les applications peuvent être configurées plus rapidement, accélérant ainsi la preuve du concept et le développement. |
| **Plus rapide**<br>Identifie les défauts en quelques millisecondes, tenant la cadence des applications à grande vitesse et améliorant le rendement. | **Tolère les variations**<br>Gère les variations des défauts pour les applications qui nécessitent une détermination des écarts acceptables de la part du système de contrôle. |

# LE DÉFI DE LA VARIABILITÉ

Les systèmes de vision industrielle sont performants avec les pièces uniformes bien fabriquées. Ils utilisent des algorithmes basés sur les règles et de filtrage étape par étape, plus économiques que l'inspection humaine. Toutefois, les algorithmes deviennent peu efficaces, avec l'augmentation des bibliothèques de défauts et d'exceptions. Certaines inspections de vision industrielle classiques, telles que la vérification de l'assemblage final, sont notoirement difficiles à programmer en raison de plusieurs variables qu'une machine peut avoir du mal à isoler, notamment les variations d'éclairage, de couleur, de profil et de champ de vision (figure 2).

Bien que les systèmes de vision industrielle tolèrent une certaine variabilité d'aspect des pièces en raison de l'échelle, de la rotation et de la distorsion de position, les textures de surface complexes et les problèmes de qualité d'image présentent d'importants défis d'inspection. Les systèmes de vision industrielle ont du mal à déterminer la variabilité et l'écart entre des pièces visuellement très semblables (figure 3.) Les différences ou anomalies inhérentes peuvent être une cause de rejet ou non, selon la façon dont l'utilisateur les identifie et les classe. Les anomalies fonctionnelles, qui affectent l'usage d'une pièce, sont presque toujours une cause de rejet, tandis que les anomalies esthétiques peuvent ne pas l'être, selon les besoins et les préférences du fabricant. Le plus problématique est que ces défauts sont difficiles à distinguer par un système de vision classique.

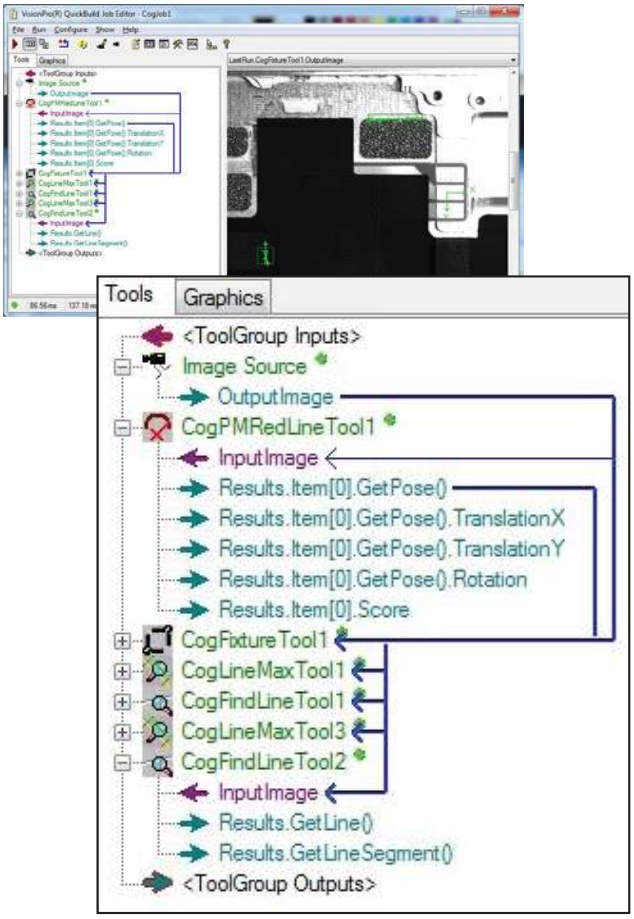



**Figure 2.** *Les développeurs d'applications peuvent avoir du mal à programmer des inspections complexes impliquant des écarts et défauts imprévisibles dans un algorithme basé sur les règles.*

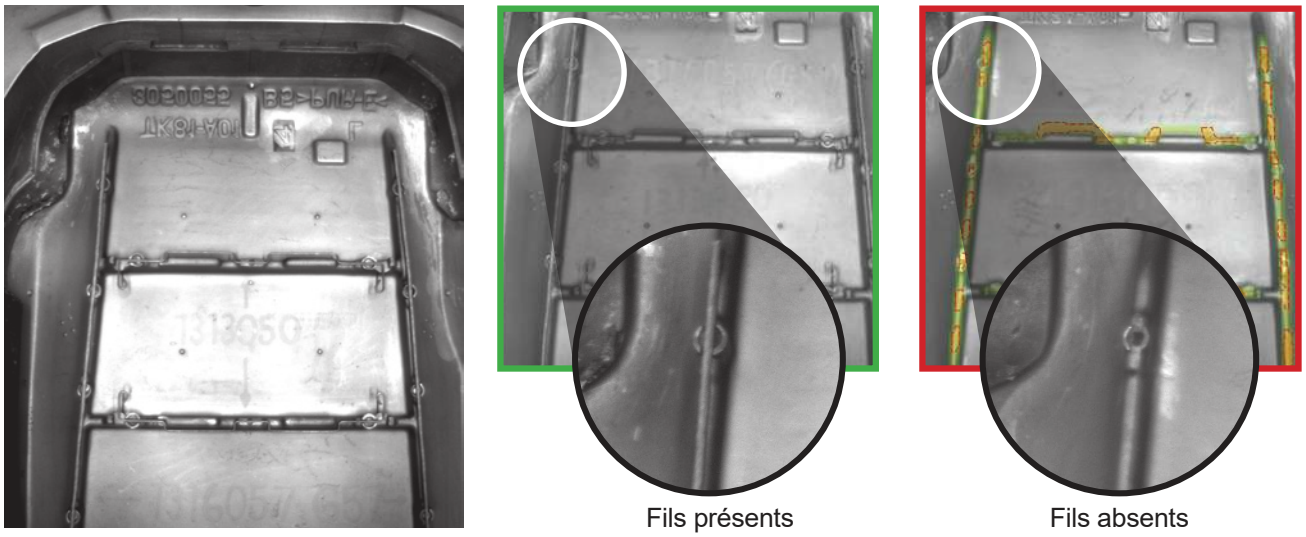



**Figure 3.** *Des arrière-plans confus et brillants peuvent rendre difficile la détermination de légères différences entre les images par les systèmes de vision industrielle classiques. Dans ce cas, un modèle basé sur le deep learningvoit au-delà de la surface métallique et de la réflexion spéculaire afin de détecter les nappes de fils manquantes dans les garnitures automobiles.*

# AVANTAGES DE L'INSPECTION VISUELLE HUMAINE

Contrairement à la vision industrielle classique, les opérateurs sont doués pour distinguer les défauts esthétiques des défauts fonctionnels, ainsi que déterminer les variations d'aspect des pièces qui peuvent affecter la qualité perçue. Bien que leur vitesse de traitement des informations soit limitée, les inspecteurs sont capables de conceptualiser et de généraliser. Nous excellons dans l'apprentissage à partir d'exemples et sommes capables de déterminer les légères anomalies acceptables entre les pièces. Cela fait de la vision humaine le meilleur choix, dans de nombreux cas, pour l'interprétation qualitative d'une scène complexe et non structurée, en particulier celles présentant des défauts subtils et imprévisibles (figure 4).

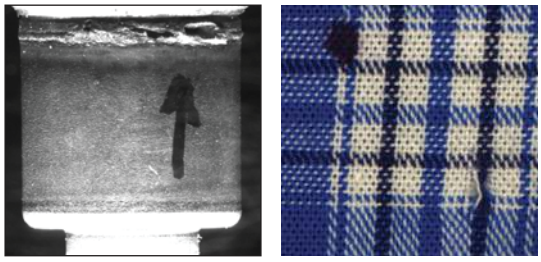


**Figure 4.** *Exemples de scènes complexes que la vision de l'homme excelle à distinguer.*

Par exemple, les inspecteurs sont beaucoup plus précis en présence de caractères déformés et difficiles à lire, de surfaces complexes et de défauts esthétiques. Pour nombre de ces applications, les machines ne peuvent pas rivaliser avec les inspecteurs dans la détermination de la complexité.

# LE DEEP LEARNING POUR LES INSPECTIONS COMPLEXES

Les modèles de deep learning peuvent permettre aux machines de surmonter leurs limitations inhérentes en combinant l'auto-apprentissage d'un inspecteur humaine avec la vitesse et la constance d'un système informatique.

Comme le montrent les exemples dans la figure 5, l'analyse d'images basée sur le deep learning est particulièrement bien adaptée aux inspections esthétiques de surface complexes par nature. En effet, les motifs varient de façon subtile mais tolérable et les variations de position peuvent exclure l'utilisation de méthodes basées sur la fréquence spatiale. Le deep learning excelle dans la détection des défauts de surface complexes, tels que les rayures et les bosses sur les pièces qui sont pivotées, brossées ou brillantes. Qu'elle soit utilisée pour la localisation, la lecture, l'inspection ou la classification de caractéristiques d'intérêt, l'analyse d'images basée sur le deep learning diffère de la vision industrielle classique de par sa capacité à conceptualiser et généraliser l'aspect d'une pièce en fonction de ses caractéristiques distinctives, même lorsqu'elles varient subtilement ou divergent parfois.

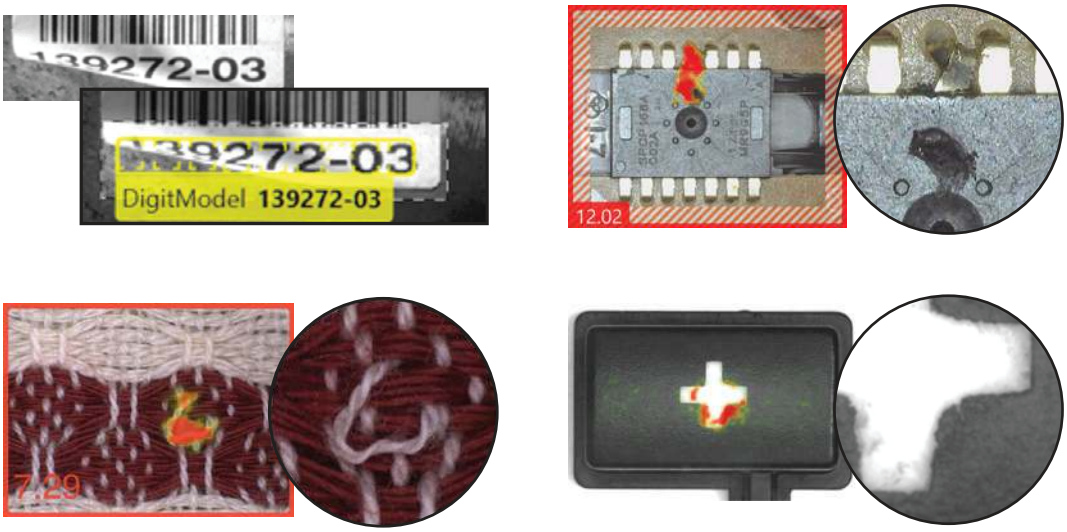



**Figure 5.** *L'analyse d'images basée sur le deep learning excelle dans l'identification des anomalies esthétiques et fonctionnelles qui posent problème à la vision industrielle, de façon beaucoup plus rapide et plus fiable qu'un inspecteur humain.*

# CHOIX ENTRE LA VISION INDUSTRIELLE CLASSIQUE ET LE DEEP LEARNING

Le choix entre la vision industrielle classique et le deep learning dépend du type d'application, de la quantité de données traitées et des capacités de traitement. En effet, en dépit de ses nombreux avantages, le deep learning n'est pas la meilleure solution pour beaucoup d'applications. Les technologies de programmation basées sur les règles classiques sont plus performantes en termes de mesure et d'alignement de précision. Dans certains cas, la vision classique peut être le meilleur choix pour indexer précisément une zone d'intérêt, et le deep learning pour inspecter cette zone. Le résultat d'une inspection basée sur le deep learning peut ensuite être transmis à la vision classique pour prendre des mesures précises de la taille et de la forme des défauts.

Le deep learning complète les approches basées sur les règles et réduit le besoin d'une expertise pointue dans le domaine de la vision pour offrir une inspection efficace. À la place, le deep learning a transformé les applications qui nécessitaient auparavant une expertise en vision en défis techniques pouvant être relevés par des experts dans d'autres domaines. Le deep learning transfère la charge logique d'un développeur d'applications, qui développe et scripte un algorithme basé sur les règles, à un ingénieur entraînant le système. Celui-ci offre également une multitude de nouvelles possibilités pour répondre aux besoins de certaines applications, auparavant impossibles avec un inspecteur humain. Ainsi, l'apprentissage profond facilite l'utilisation de la vision industrielle, tout en étendant les limites d'inspection d'un ordinateur et d'une caméra. La figure 6 identifie les applications les plus adaptées à la vision industrielle classique et/ou aux approches basées sur le deep learning.

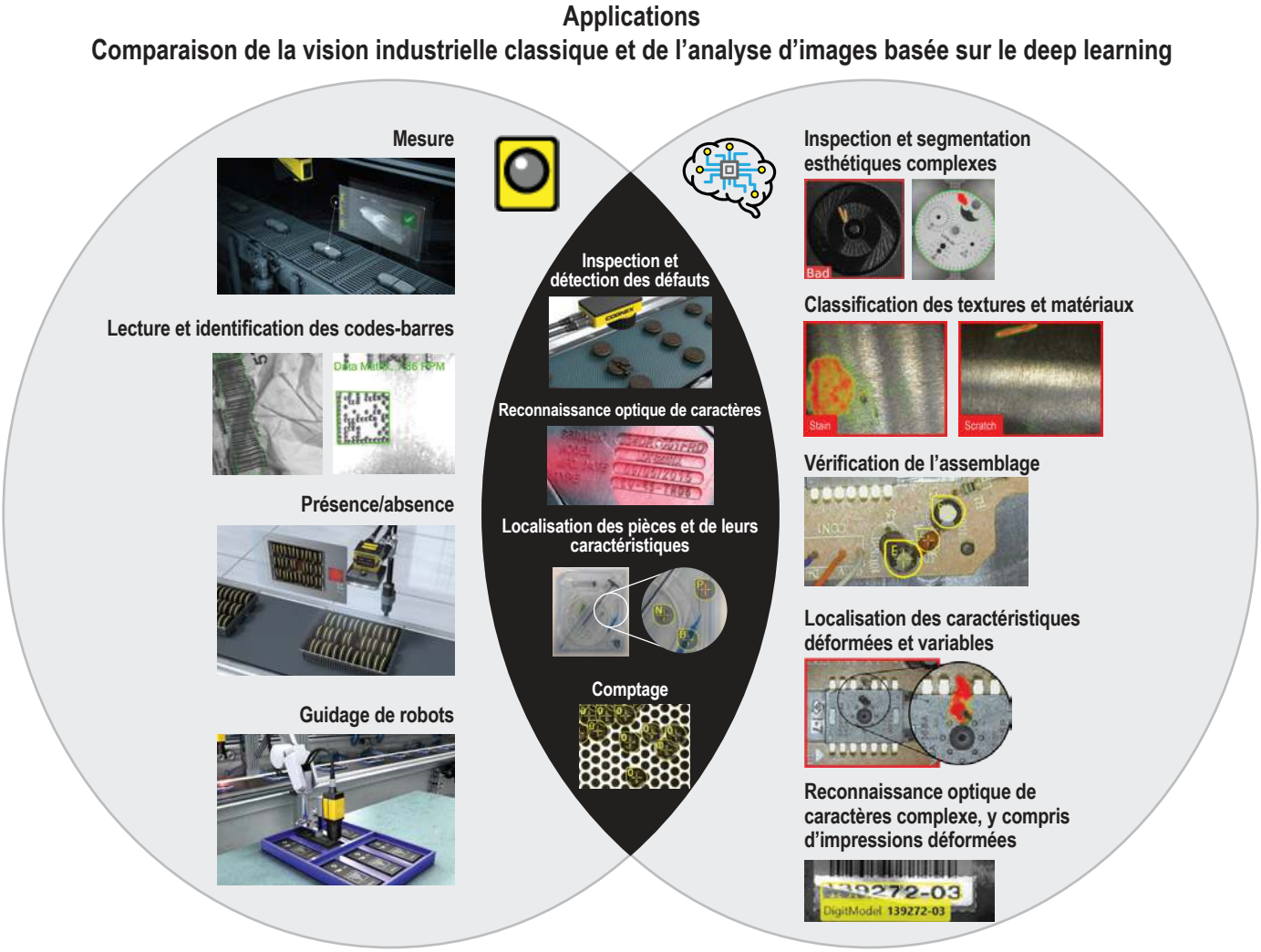



**Figure 6.** *L'analyse d'images basée sur le deep learning et la vision industrielle classique sont des technologies complémentaires, présentant des fonctionnalités qui se recoupent, ainsi que des domaines distincts dans lesquels chacune excelle. Certaines applications peuvent utiliser les deux technologies.*

# COGNEX VIDI SUITE

Cognex ViDi™ Suite est un logiciel basé sur le deep learning, prêt à l'emploi, dédié à l'analyse d'images industrielles. Cognex ViDi Suite est entraîné sur des images étiquetées qui représentent les caractéristiques, anomalies et classes connues d'une pièce, de la même façon qu'un inspecteur humain. Une période d'apprentissage supervisée enseigne au système à identifier les défauts explicites. Pour les défauts qui se présentent sous plusieurs formes, le système s'entraîne de façon autonome, en mode non supervisé, à apprendre l'aspect normal d'un objet, ainsi que ses variations significatives mais tolérables. Le logiciel crée un modèle de référence en fonction de ces images représentatives. Il s'agit d'un process itératif d'amélioration constante, durant lequel les paramètres peuvent être ajustés et les résultats validés jusqu'à ce que le modèle fonctionne comme souhaité. Lors de l'exécution, ViDi extrait les données d'un nouvel échantillon d'images, et ses réseaux neuronaux localisent les pièces, détectent les anomalies et les classent. La figure 7 explique le process d'apprentissage et le déploiement d'une application basée sur le deep learning à l'aide de Cognex ViDi.

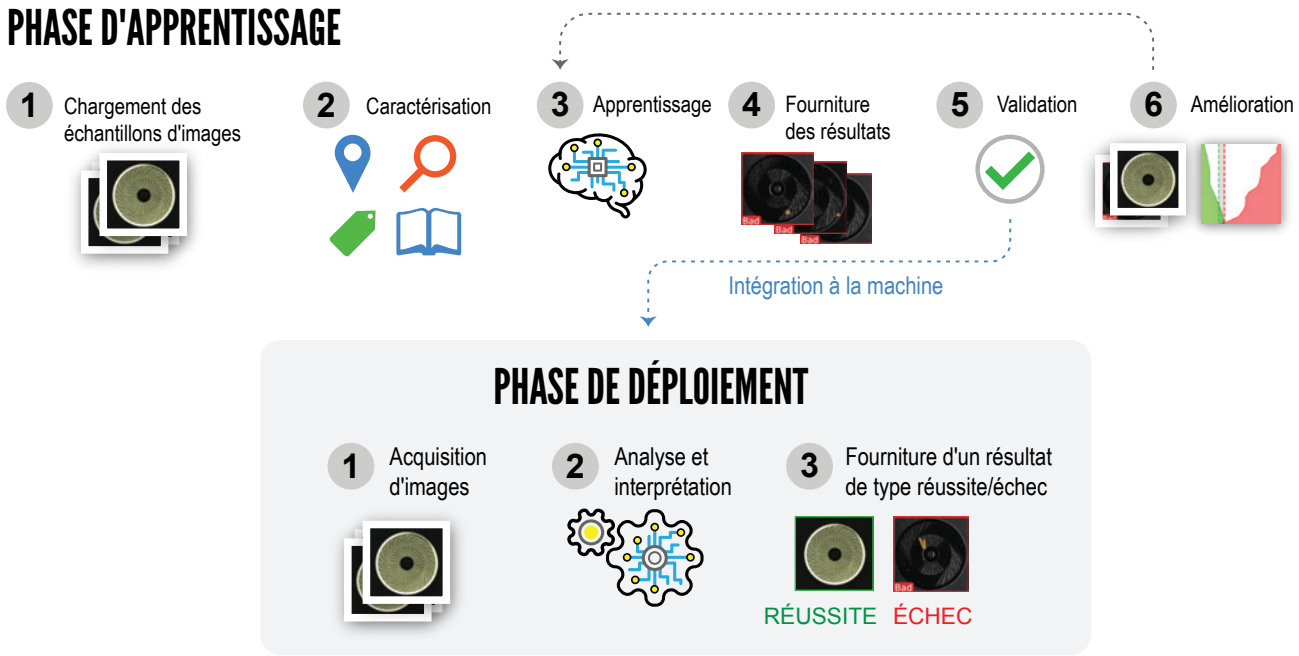



**Figure 7.** *Cognex ViDi Suite permet aux techniciens d'entraîner un modèle basé sur le deep learning en quelques minutes, en fonction d'un petit échantillon d'images. Une fois l'application configurée, ViDi fournit des résultats rapides et précis, et enregistre les images pour le contrôle des process.*

Contrairement aux centaines d'autres logiciels basés sur le deep learning classiques, Cognex ViDi fonctionne avec un petit échantillon d'images d'apprentissage. ViDi utilise également une puissance de calcul réduite, nécessitant une seule carte graphique dans une machine. Ces deux attributs font de ViDi la solution idéale pour les environnements industriels et de fabrication, où le traitement est effectué sur PC et les échantillons d'images sont limités. ViDi peut être géré sur le terrain et réentraîné dans l'atelier sans l'intervention d'un fabricant de machines ou d'un intégrateur de systèmes. ViDi utilise des images haute résolution, notamment couleur et thermiques, pour identifier presque toutes les anomalies. En outre, le logiciel effectue un comptage complexe et déchiffre les caractères difficiles à lire et déformés. Les outils de localisation, de caractérisation, de classification et de reconnaissance optique de caractères fonctionnent individuellement et peuvent être combinés avec d'autres outils de vision Cognex pour relever les défis de vision complexes.

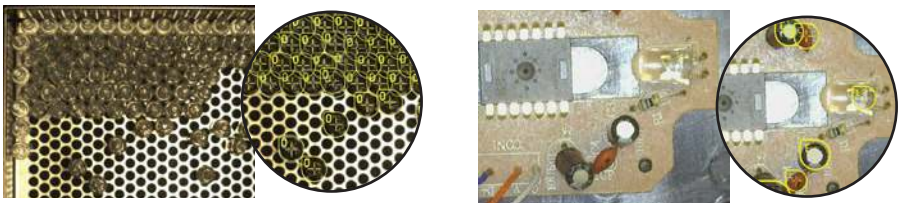
Cognex ViDi permet aux entreprises de nombreux secteurs de créer des systèmes d'inspection révolutionnaires qui repoussent les limites de la vision industrielle et représentent l'avenir de l'automatisation industrielle. ViDi est disponible avec les logiciels de vision industrielle VisionPro et Cognex Designer, permettant ainsi aux clients de combiner des outils dans une application.

## Anthropomorphe, puissant et rapide

Cognex ViDi Suite associe la spécificité et la flexibilité d'une inspection visuelle humaine à la fiabilité, répétabilité et puissance d'un système informatique, le tout dans une interface facile à déployer.

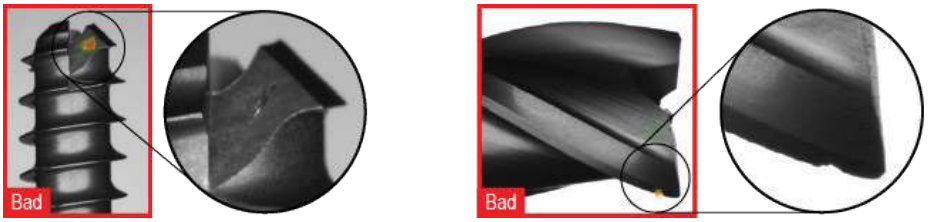
**Localisation**

*ViDi Blue-Locate (outil de localisation bleu) localise les caractéristiques et les objets complexes.*



**Analyse**

*ViDi Red-Analyze (outil d'analyse rouge) détecte les anomalies et les défauts esthétiques.*




**Classification**

*ViDi Green-Classify (outil de classification vert) divise et classe les objets ou les scènes.*

**Lecture**

*ViDi Blue-Read (outil de lecture bleu) déchiffre le texte et les caractères difficiles.*

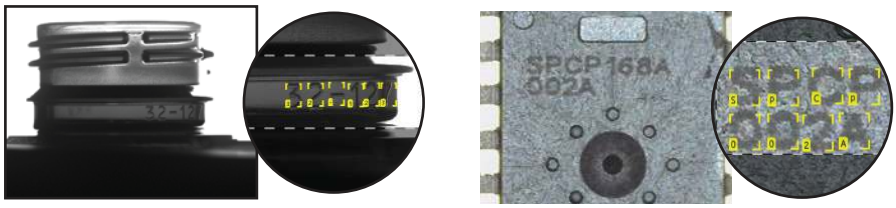


**Figure 8.** *Les algorithmes basés sur le deep learning de Cognex ViDi sont optimisés pour l'analyse d'images industrielles réelles, nécessitant des ensembles d'images infiniment plus petits et des périodes d'apprentissage et de validation réduites. Les outils Red-Analyze (outil d'analyse rouge), Green-Classify (outil de classification vert), Blue-Locate (outil de localisation bleu) et Blue-Read (outil de lecture bleu) répondent aux besoins des applications d'inspection, de classification, de localisation et de reconnaissance optique de caractères.*

# CONCLUSION

L'industrie se tourne de plus en plus vers la technologie du deep learning pour résoudre des tâches d'inspection industrielle trop compliquées, fastidieuses et coûteuses à programmer à l'aide d'algorithmes basés sur les règles. Celle-ci permet désormais d'automatiser les applications auparavant improgrammables, réduisant ainsi le taux d'erreur et le temps d'inspection. Le deep learning donne aux fabricants la possibilité de résoudre les problèmes auxquels font face les applications de vision industrielle classiques, avec une fiabilité accrue.

# BUILD YOUR VISION

## SYSTÈMES DE VISION 2D

Les systèmes de vision industrielle Cognex présentent des capacités d'inspection, d'identification et de guidage des pièces inégalées. Faciles à déployer et à entretenir, ils fournissent des performances fiables et reproductibles pour les applications de vision les plus difficiles.

- Qualité industrielle avec une bibliothèque d'outils de vision avancés
- Acquisition et traitement des images à grande vitesse
- Flexibilité d'application et d'intégration exceptionnelle

www.cognex.com/machine-vision

## SYSTÈMES DE PROFILAGE LASER 3D

Les systèmes de profilage laser et les systèmes de vision 3D Cognex In-Sight offrent la facilité d'utilisation, la puissance et la flexibilité ultimes pour obtenir des résultats de mesure précis et fiables dans les applications 3D les plus difficiles.

- Capteurs étalonnés en usine offrant des taux de lecture élevés
- Logiciel de vision industrielle de pointe avec de puissants ensembles d'outils 2D et 3D
- Conception compacte de protection IP65 pour supporter les environnements industriels les plus difficiles

www.cognex.com/3D-laser-profilers

## LECTEURS IMAGEURS DE CODES

Les lecteurs de codes-barres industriels et les terminaux portables Cognex dotés d'algorithmes brevetés offrent les taux de lecture les plus élevés pour les codes 1D, 2D et DPM, quelle que soit la symbologie, la taille, la qualité, la méthode ou la surface de marquage.

- Réduction des coûts
- Augmentation du rendement
- Contrôle de la traçabilité

www.cognex.com/BarcodeReaders


COGNEX

Companies around the world rely on Cognex vision and barcode reading solutions to optimize quality, drive down costs and control traceability.

**Corporate Headquarter – One Vision Drive – Natick – MA 01760 – USA**

**Regional Sales Offices**

**Americas** +1 508 650 3000

**Europe**

| | |
|---|---|
| Austria | +49 721 958 8052 |
| Belgium | +32 289 370 75 |
| France | +33 1 7654 9318 |
| Germany | +49 721 958 8052 |
| Hungary | +36 800 80291 |
| Ireland | +44 121 29 65 163 |
| Italy | +39 02 3057 8196 |
| Netherlands | +31 207 941 398 |
| Poland | +48 717 121 086 |
| Spain | +34 93 299 28 14 |
| Sweden | +46 21 14 55 88 |
| Switzerland | +41 445 788 877 |
| Turkey | +90 216 900 1696 |
| United Kingdom | +44 121 29 65 163 |

**Asia**

| | |
|---|---|
| China | +86 21 5050 9922 |
| India | +9120 4014 7840 |
| Japan | +81 3 5977 5400 |
| Korea | +82 2 539 9980 |
| Malaysia | +6019 916 5532 |
| Singapore | +65 632 55 700 |
| Taiwan | +886 3 578 0060 |
| Thailand | +66 88 7978924 |
| Vietnam | +84 2444 583358 |



© Copyright 2018, Cognex Corporation. All information in this document is subject to change without notice. All Rights Reserved. Cognex is a registered trademark of Cognex Corporation. ViDi is a trademark of Cognex Corporation. All other trademarks are property of their respective owners.



Lit. No. DLFAWP-04-2018-FR


**www.cognex.com**