

La vision industrielle

selon *VisionIndustrielle.Org*

I. Qu'est-ce que la vision industrielle ?

1. Il y a vision et vision...

Selon l'UKIVA, la vision industrielle (ou visionnique) est « l'application des techniques de vision artificielle à des problématiques de production ». Son premier objet est « d'essayer de reproduire le plus fidèlement possible la perception visuelle humaine au moyen d'un capteur optique associé à un système de traitement de données : le couple caméra-ordinateur ». Plusieurs niveaux de complexité existent selon que l'on essaye de reproduire plus ou moins fidèlement cette notion de perception. Ainsi, un lecteur de code à barres peut être vu, selon l'UKIVA, comme un système de vision.

Selon Jean-Michel Jolion (Projet TELESUN), la vision industrielle désigne la construction des machines aptes à traiter un ensemble connu de tâches visuelles.

Jean-Michel Jolion y voit une approche parallèle à la vision par ordinateur (qui concerne les aspects calculatoires et algorithmiques des processus d'acquisition), englobée par la vision artificielle, dernière née des approches de la recherche sur le mécanisme de la perception visuelle.

Les anglo-saxons parlent pour leur part plus volontier d' « industrial vision » (comme l'UKIVA) ou de « computer vision » (comme la *Computer Vision Homepage*).

La vision trouve également des applications ailleurs que dans l'industrie. Citons les applications liées à l'informatique médicale, à la biométrie (telles que la reconnaissance de visage) ou au contrôle routier (telles que la reconnaissance de plaques minéralogiques).

Nous ferons le choix sur *VisionIndustrielle.Org* de parler de vision en milieu industriel, mais aussi dans des domaines connexes tels que la télésurveillance, la biométrie (identification et reconnaissance de visages,...) ou le contrôle routier, afin de refléter au mieux la réalité du marché de la vision.

2. La vision industrielle

La vision industrielle stricto sensu concerne les problématiques de production. Il s'agira de souvent de problèmes de contrôle qualité ou de guidage, dans le cadre

d'une automatisation d'une chaîne de production.

Rovitech

Basée à Aiseau-Presles, Rovi-Tech est spécialisée dans les applications industrielles de la vision. Elle propose notamment un système officiel en Belgique permettant l'analyse de la conformation de carcasses de porcs et développe des solutions de contrôle de production à partir d'un système de vision à base neuronale.

3. De la vision à la biométrie

La biométrie désigne un ensemble de techniques permettant l'identification* d'une personne sur base de caractéristiques physiologiques ou de traits comportementaux automatiquement reconnaissables et vérifiables. Les systèmes biométriques suppriment dès lors la duplication, le vol, l'oubli ou la perte des « clefs » d'accès.

Parmi les nombreuses technologies existantes, citons la reconnaissance de visages (*face-scan*), considérée en 1998 par le Gartner Group comme une des dix technologies à suivre. La reconnaissance de visages consiste à réaliser une photographie plus ou moins évoluées pour en extraire un ensemble de facteurs qui se veulent propres à chaque individu. Les algorithmes peuvent se baser sur des caractéristiques particulières (comme la distance entre les yeux ou leur position) ou faire appel à des réseaux de neurones. En 2001, un peu plus de 15% des applications biométriques recouraient à la reconnaissance de visages.

Capflow

Basée à Mons, Capflow est un intégrateur de solutions de vision. Capflow propose notamment un système de télésurveillance intelligent, permettant la détection de présence, et développe des algorithmes permettant l'extraction et la reconnaissance de visages dans des scènes complexes.

(*) "Identifier" consiste à associer une personne physique à son identité numérique. L'authentifier revient à vérifier l'identité de cette personne. Schématiquement donc, en saisissant un login, je m'identifie, en ajoutant mon mot de passe, je m'authentifie. Cette procédure achevée, je reçois alors des habilitations qui m'autorisent ou non à accéder à des ressources (applications, données, etc).

4. Vision et contrôle routier

La vision est utilisée dans le domaine du trafic routier pour la détection d'incidents, la détection et la classification de véhicules, les mesures de vitesses et la reconnaissance de plaques minéralogiques.

On peut également ajouter les systèmes de guidages pour automobiles, prometteurs mais encore à l'état de prototypes.

Traficon

Spin-off de la KUL créé au début des années 1980, Traficon a grandi au fil des années et est aujourd'hui spécialisée dans les systèmes de surveillance du trafic routier. Les images numérisées permettent l'extraction de différentes données concernant le trafic.

BATS

Basée à Liège, BATS s'est notamment spécialisée dans les applications basées sur la reconnaissance de plaques minéralogiques. Une des débouchés de cette technologie se trouve dans le contrôle d'accès à des parkings.

5. De la vision dans l'informatique médicale

Les techniques de vision sont utilisées dans le domaine médical, principalement pour de l'aide au diagnostic.

Faculté Polytechnique de Mons

Le Service d'Informatique de la Faculté Polytechnique de Mons a ainsi développé un système permettant l'analyse de la dynamique articulaire de la colonne cervicale. Le système met en évidence l'augmentation ou la diminution de la mobilité d'une ou plusieurs vertèbres.

6. Deux types de matériels

Deux types de systèmes de vision peuvent être distingués :

- les systèmes génériques
- les systèmes spécialisés

Les premiers sont généralement constitués d'un PC et d'une carte d'acquisition et utilisent des caméras matricielles. Les seconds ont généralement recours à des *hardwares* spécifiques (cartes à DSP, par exemple) et à des capteurs spéciaux (caméras linéaires, capteurs IR, etc).

Euresys

Euresys est la plus importante société belge de composants standards de vision industrielle. Basée à Liège, elle propose un large gamme de cartes d'acquisition PCI et quelques cartes de pré-traitement à base de DSP. Ces composants s'intègrent très bien dans des ordinateurs x86, pour constituer des systèmes génériques de vision.

Seldes

Fondée par un ancien d'Euresys, la société montoise Seldes propose une

gamme de cartes d'acquisitions permettant le traitement *hardware*. Cette technologie, qui permet le codage des traitements d'images en VHDL, autorise des vitesses de traitements jusqu'à 1000 fois plus élevées. A la frontière entre le composant pour système générique et spécialisé, les cartes Seldes sont destinées à des applications qui évoluent peu mais nécessitent des traitements lourds.

Visiglas

Basée à Nivelles, Visiglas propose des machines de contrôle qualité pour l'industrie du verre. Il s'agit d'une forme complexe et très aboutie de système spécialisé.

II. Pourquoi utilise-t-on la vision industrielle ?

1. Avantages et inconvénients de la vision

Les systèmes de vision industrielle présentent plusieurs avantages :

- Le contrôle est précis (mesures géométriques, quantité,..)
- La mesure est répétitive et objective
- Le temps de calcul est rapide
- Il n'y a aucune fatigue
- Le système s'adapte à des environnements difficiles
- Le contrôle intègre des connaissances d'experts

Il présente néanmoins des inconvénients :

- Le système est optimisé pour une application
- L'évolution et la flexibilité du système sont limitées
- Le système est sensible aux changements des conditions d'environnement

2. Forces et faiblesses de l'opérateur humain

L'opérateur humain est souple et adaptable. Confronté à un nouveau défaut non prévu dans un cahier des charges initial, le système de vision risque bien de ne rien détecter, au contraire de l'opérateur humain. Par contre, les opérateurs humains sont plus lents et moins précis. Il s'agit donc de laisser au système de vision les tâches qu'il fait bien (les mesures rapides, précises et répétitive ; l'extraction de l'information) et les autres à l'opérateur humain.

3. Justification financière de la vision

La vision industrielle permet de gagner sur :

- le coût des matériaux
- le coût de travail
- le coût de la qualité

Tout d'abord, la totalité des produits peut en effet être inspectée sans interruption, hors ou en ligne. Associée à un système de SPC (*Statistical Process Control*), la vision permet de diminuer la proportion de produits finis défectueux. Le retour sur investissement peut être court, en particulier si le prix des produits finis est élevé.

Ensuite, les tâches ingrates précédemment peuvent être exécutée par des machines de vision, et la main d'oeuvre précédemment affectée à ces tâches reconverties pour des travaux plus valorisants pour l'individu et valorisables par l'entreprise.

Enfin, la vision permet d'optimiser l'usage des matériaux, de vérifier la qualité des fournisseurs et de garantir la qualité des produits finis. Il en résulte une meilleure satisfaction de client, gage d'acquisition de nouveaux clients et de fidélisation.

III. Où utilise-t-on la vision industrielle ?

Dans le domaine du contrôle industriel, les applications sont nombreuses et variées :

- contrôle des dimensions et de l'état de surface d'objets manufacturés
- la qualité d'impression des étiquettes
- le contrôle de montage de composants électroniques
- le monitoring de l'usure des machines
- l'inspection de produits alimentaires (fruits, par exemple)
- la détection de défauts dans des produits plans (verre, papier, textiles, acier, bois, céramique).

Dans le domaine du contrôle routier, la vision permet :

- la mesure des vitesses
- le comptage de véhicules
- la classification des véhicules
- l'extraction et la reconnaissance de plaques minéralogiques
- la détection d'accidents

Dans le domaine de la biométrie, la vision permet :

- le contrôle d'accès
- la détection de personnes suspectes dans des foules

- la détection de colis suspects dans les lieux publics
- le comptage de personnes

IV. Comment fonctionne un système de vision industrielle ?

1. Les cinq étapes d'un système de vision

Un système de vision fonctionne en cinq phases. Il s'agit de :

- l'acquisition
- le traitement
- l'analyse
- l'interprétation
- la communication

L'acquisition concerne l'extraction de l'image sous une forme numérique. Eclairages, optiques, caméras et cartes d'acquisition sont nécessaires pour cette étape. Il s'agit d'une étape importante car, bien réalisée, l'acquisition permet de simplifier les étapes de traitement et d'analyse.

Souvent appelé prétraitement, le traitement regroupe un ensemble de techniques destinées à améliorer la qualité de l'image. Une première étape, appelée restauration, vise à corriger les déformations géométriques, provoquées par l'optique et à la caméra, et les variations d'éclairage. Une seconde étape, appelée amélioration, vise à réduire le bruit et à augmenter les caractéristiques de l'objet contenant les informations souhaitées.

L'analyse a pour but l'extraction de l'information caractéristique contenue dans une image. Elle recourt à diverses techniques telles que celles de segmentation (seuillage, détection de frontière, etc).

Sur base de caractéristiques extraites - telles que la taille et la position des défauts, la position des contours, la couleur des objets et leur orientation -, le système de vision peut réduire le nombre de données et ensuite, soit rapporter le résultat, soit prendre une décision. Suit alors une dernière étape, celle de communication.

2. Concevoir un système de vision

La conception des systèmes de vision ont été simplifiées suite à l'apparition sur le marché de systèmes de vision modulaires et d'outils de programmation visuelle intégré.

Sept étapes doivent néanmoins être respectées :

- la définition du cahier des charges
- l'étude de faisabilité
- la conception de l'éclairage
- le choix du capteur
- la conception logicielle
- les tests
- la mise en production

La définition du cahier des charges permet de préciser les critères visuels, en traduisant les paramètres humains et physiques en normes et mesures. Les exigences de qualité seront ainsi quantifiées. Sur base du cahier des charges, il faut ensuite déterminer si l'application demandée est réalisable, compte tenu de l'environnement, de l'état de la techniques et de l'investissement concédé.

L'éclairage est fondamental car il permet de fiabiliser et de simplifier les étapes de traitement et d'analyse. Ainsi, le choix du spectre permet d'optimiser le contraste dans les images en choisissant une couleur particulièrement révélatrice de l'objet. Mais d'autres paramètres interviennent : la puissance, la géométrie, etc.

Une fois conçu l'éclairage, le capteur peut être choisi. Trois grands critères interviennent : la nature du capteur (qui détermine sa sensibilité dans les différentes zones du spectre), son type (linéaire ou matriciel) et sa couleur (monochrome ou couleur).

Une fois ces quatre étapes achevées, le choix des algorithmes et leur implémentation peut être menée à bien. Cette étape peut inclure un prototypage sur site, permettant de travailler dans des conditions proches des conditions de production (éclairages notamment).

L'implémentation est suivie par une phase de tests, d'autant plus critique que l'applications influe sur le bon fonctionnement d'une chaîne de production, par exemple. Le processus se termine par la mise en production.

V. Quel est l'importance du marché de la vision industrielle ?

1. La vision industrielle dans le monde

Les chiffres suivants donnent une idée de la distribution géographique du marché des systèmes de vision industrielle, en valeur et en nombre d'unités.

Région	Revenus (10⁶ USD)	Unités	Revenus (%)	Unités
Amérique du Nord	1.750	41.685	30,4%	60,9%
Europe	1.338	35.981	23,2%	26,7%
Japon	1.824	44.545	31,7%	33,0%
Reste du monde	845	12.630	14,7%	9,4%
Total	5.757	134.841	100%	100%

Automated Imaging Association : année 2001

En 2001, le marché mondial a connu une contraction de 6,8% en nombre d'unités et de 9,4% en revenus. Le marché européen a connu la même contraction, de 11,3% en nombre d'unités et 26,1% en revenus ! Une partie du déclin important de l'Europe est justifiée par la chute de l'Euro face au dollar (-8,5% en un an).

2. La vision industrielle en Europe

Le tableau ci-dessous donne une idée de l'importance des trois plus gros marchés de la vision en Europe, à savoir l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni.

Pays	Merchant Machine Vision		General Purpose Machine Vision	
	<i>Unités</i>	<i>Revenus (10⁶ USD)</i>	<i>Unités</i>	<i>Revenus (10⁶ USD)</i>
Allemagne	7.330	304,1	6.696	67,1
	37%	36,3%	48,3%	31,4%
Royaume-Uni	2.358	175,9	790	20,3
	11,9%	21%	5,7%	9,5%
France	2.516	156,7	1.608	48,5
	12,7%	18,7%	11,6%	22,7%

European Vision Sourcebook, 1999

L'UKIVA distingue :

- les Merchant Machine Vision, aussi appelées Application Specific Machine Vision (ASMV), c'est-à-dire les systèmes clef sur porte à destination des industries du bois, de l'électronique, de la pharmacie,...
- les General Purpose Machine Vision (GPMV), c'est-à-dire les systèmes pouvant être configurés ou adaptés pour différentes applications.

En 2000, il ressortait par ailleurs que le prix des ASMV continuait d'augmenter, tandis que celui des GPMV diminuait.

3. Le marché belge

Selon l' « European Vision Sourcebook », le marché belge pour les systèmes de vision spécialisés en 1999 était estimé à :

- 1,7% du total des revenus européen (\$837,8 millions), soient \$14,2 millions
- 4,6% des ventes européennes (19.811 unités), soient 911 unités

Le marché belge pour les systèmes de vision généralistes en 1999 était estimé à :

- 4% du total des revenus européen (\$213,8 millions), soient \$8,6 millions
- 1,9% des ventes européennes (13.863 unités), soient 263 unités

VI. Quelques exemples

1. Pilotage par la vision industrielle pour Johnson Matthey

Johnson Matthey est le principal producteur mondial de catalyseurs servant au contrôle et à la réduction des émissions d'échappement des véhicules essences et diesels (pots catalytiques). La fabrication de ces catalyseurs est répartie à travers sept sites dans le monde, dont un Belge.

Le catalyseur est composé de différents métaux précieux. Le catalyseur est projeté sur les composants sur une ligne de production commandée et contrôlée automatiquement. Les quantités projetées doivent être contrôlées avec précision. Trop de catalyseur entraînera une mauvaise circulation des gaz d'échappement ; pas assez provoquera une mauvaise catalyse.

Le pot d'échappement est donc pesé avant et après projection. L'échantillon statistique nécessaire au contrôle et à la commande du processus est obtenu par différentiel de poids. Le pesage en ligne est effectué grâce à trois bras manipulateurs pilotés par vision industrielle.

La responsabilité de ce projet revenait à la société Technord Automation de Tournai.

Source : Technord Automation.

2. Détection de fissures dans des cachets de médicaments

Les cachets de médicaments enrobés de sucre, comme la plupart des produits médicaux, obéissent à des standards de qualité élevés et exigent une apparence visuelle parfaite. Or, des fissures apparaissent quelques-fois dans les cachets enrobés

de sucre, fu fait de variation de compacité de la poudre.

Les tablettes sont disposées à intervalle régulier sur des rouleaux rainurés rotatifs. Une caméra linéaire scanne la circonférence d'un lot de trois tablettes, tandis qu'elles tournent. Des balayages successifs permettent de détecter des fissures de l'ordre de 20 microns grâce à des techniques différentielles. Deux rotation suffisent, après quoi les cachets fissurés sont séparés des autres.

Le système est capable de traiter dix cachets à la seconde. Un lot de 750.000 tablettes prend environ 21 heures. Cinq inspecteurs étaient précédemment affectés à cette tâche fastidieuse mais nécessaire.

Source : UKIVA

3. Visé recourt à la reconnaissance de visage

La ZIP* de la Basse-Meuse a acquis courant 2003 un nouveau système de reconnaissance physiologique.

Une fois interpellé, le suspect est emmené dans une pièce blanche pour y être pris en photo. La photo est prise à distance constante et bénéficie d'un fond uni. La photo est ensuite analysée : les yeux et le nez sont pris en compte.

Grâce à une technique de triangulation, les caractéristiques du suspect sont comparées avec celles de truands figurant dans une base de données. S'il ne trouve pas la personne, le système propose un panel de cinq personnes dont les caractéristiques sont proches de celles de l'interpellé.

Grâce à ce système, il est possible de confondre des personnes ayant changé quelque peu leur physiologie. Le système peut également fonctionner avec des images scannées ou des portraits robots.

Seraing et Visé ont été les deux premières ZIP équipées par ce système dont le prix avoisine les 25.000 euros.

(*) Les ZIP (ou Zone InterPolicies) ont pour objectif de mettre en place une réelle structure de coopération intercommunale entre les polices communales et la gendarmerie.

Source : La Dernière Heure

VII. Bibliographie de la vision industrielle

1. Livres disponibles en 2003 sur Amazon.fr

Livres anglophones – Ouvrages spécialisés

- Batchelor B.G. & Whelan P.F., Selected Papers on Industrial Machine Vision Systems, Society of Photo Optical, 1994
- Snyder W.E. & Qi H., Machine Vision, 2004.
- Myler H.R., Fundamentals of Machine Vision, 1998.
- Zuech N., Understanding and Applying Machine Vision, 2000.
- Fisher R., Computer Vision Dictionary with CD-ROM.
- Solina F. & al., Advances in Computer Vision.

Livres anglophones – Ouvrages techniques

- Whelan P.F. & Molloy D., Machine Vision Algorithms in Java : Techniques and Implementations, 2000.
- Yuichiro A., Pattern recognition and Machine Learning, 1992.
- Arathorn D.Y., Map-Seeking Circuits in Visual Cognition : A Computational Mechanism for Biological and Machine Vision, 2002.
- Hartley R., Multiple View Geometry in Computer Vision, 2003.
- Olver P.J. & Tannenbaum A., Mathematical Methods in Computer Vision, 2004.
- Vincze M. & Hager G.D., Robust Vision for Vision-based Control of Motion, 2000.
- Hancock E.R & Pelillo M., Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition : Second International Workshop Emmcvpr '99, York, UK, July 99 : Proceedings.

Livres francophones

- Anonyme, QCAV contrôle qualité par vision artificielle (conférence internationale), Cepadues, 1997.

2. Autres livres

Livres anglophones

- Davies E.R., Machine Vision, Academic Press, 1990.
- Marshall A.D. & Martin R., Computer vision, models and inspection, World Scientific, 1992.
- Demant C., Streicher-Abel B., Waszkewitz P. ; Industrial Image Processing, Springer Verlag, 1999.

Livres francophones - Programmation

- Toumazet J.-J., Traitement de l'image par l'exemple, Sybex, 1990.

3.Revues

- IEEE Transaction on Image Processing
- Optical Engineering (SPEI)
- Imaging
- Jautomatise

VIII. Sources

- Anonyme, Systèmes de vision industrielle : principe fondamentaux, Imasys.
- Anonyme, Systèmes de vision, Schweizer Automatik Pool (SAP).
- Anonyme, Twenty one financial justification for using vision, UKIVA.
- Anonyme, Machine Vision Handbook, UKIVA, avril 2001
- Braggins D., The European Vision Sourcebook 2000, UKIVA, 2000.
- Braggins D., Report on AIA Business Meeting 6th to 8th March 2002.
- Jolion J.-M., Cours de Vision Artificielle, INSA Lyon, 1997.
- Malaise D. & Lebrun V.; Système d'inspection et de tri en ligne par vision industrielle : enjeux et concepts.
- Viseur R.; La biométrie, clef de votre sécurité, Bulletin de l'AIMS.

Sources des exemples :

- Anonyme ; Ligne d'imprégnation de pots catalytiques Johnson Matthey, Technord S.A : <http://www.automation-technord.com>.
- Anonyme ; Applications of vision systems, UKIVA : <http://www.ukiva.org>.
- Yernaux S.; Truands reconnus sur photos, La Dernière Heure, jeudi 15 mai 2003, p12.

IX. Table des matières

La vision industrielle.....	1
selon VisionIndustrielle.Org.....	1
I. Qu'est-ce que la vision industrielle ?	1
1. Il y a vision et vision.....	1
2. La vision industrielle.....	1
3. De la vision à la biométrie.....	2
4. Vision et contrôle routier.....	2
5. De la vision dans l'informatique médicale.....	3

- La vision industrielle selon *VisionIndustrielle.Org* -

6. Deux types de matériels.....	3
II. Pourquoi utilise-t-on la vision industrielle ?	4
1. Avantages et inconvénients de la vision.....	4
2. Forces et faiblesses de l'opérateur humain.....	4
3. Justification financière de la vision.....	5
III. Où utilise-t-on la vision industrielle ?	5
IV. Comment fonctionne un système de vision industrielle ?	6
1. Les cinq étapes d'un système de vision.....	6
2. Concevoir un système de vision.....	6
V. Quel est l'importance du marché de la vision industrielle ?	7
1. La vision industrielle dans le monde.....	7
2. La vision industrielle en Europe.....	8
3. Le marché belge.....	9
VI. Quelques exemples.....	9
1. Pilotage par la vision industrielle pour Johnson Matthey.....	9
2. Détection de fissures dans des cachets de médicaments.....	9
3. Visé recourt à la reconnaissance de visage.....	10
VII. Bibliographie de la vision industrielle.....	11
1. Livres disponibles en 2003 sur Amazon.fr.....	11
2. Autres livres.....	11
3. Revues.....	12
VIII. Sources.....	12
IX. Table des matières.....	12
