

ENQUÊTE FROST & SULLIVAN

Les leviers de croissance du marché mondial des automatismes p. 16

Mensuel
N° 822 - février 2010
Prix: 12,20 €
ISSN 0755-219X

Le magazine
de l'instrumentation
et des automatismes
industriels

mesures

www.mesures.com



MOTEURS ÉLECTRIQUES

Le haut rendement bientôt obligatoire p. 20

VIDÉO RAPIDE

Les caméras captent l'éphémère p. 25

ANÉMOMÈTRES

Huit instruments portables contrôlés p. 29

CHEZ CHEVRON ORONITE

Liaison réussie entre l'ERP et la production p. 34

GUIDE D'ACHAT

Les Panel PC industriels p. 44



VIDÉO RAPIDE

Les phénomènes fugitifs captés par l'image

▼ **Capter un phénomène à des centaines, des milliers... jusqu'au million d'images/s est aujourd'hui à la portée des PME, au plus grand bénéfice des professionnels du process et de la maintenance. La gamme des applications est immense, tout comme le spectre de performance et de coût des équipements.**

Les applications militaires et assimilées (balistique, détonique...), aéronautiques (aérodynamique, écoulements...), automobiles (crash-tests, propagation de flamme dans un cylindre...) et bien sûr de la science expérimentale ont suscité les premiers équipements de vidéo rapide qui enregistrent une scène bien au-delà des 25 ou 30 images/s de la vidéo conventionnelle. Mais c'est l'audiovisuel et ses magnifiques ralentis de reportages animaliers ou de gestes sportifs qui popularisent la technologie : l'art de dis-

séquer un mouvement, d'en extraire un phénomène fugitif, hors de portée de nos sens, que ce phénomène soit prévu ou imprévu, trop rapide pour être perçu ou sans apparition régulière. De même que la microscopie opère une dilatation de l'espace, la vidéo rapide augmente notre compréhension du temps. Cette vision amplifiée, augmentée, est précieuse au diagnostic d'une panne, d'un défaut, d'une discontinuité. Cet "éclaté" du temps donne accès à l'origine et au scénario d'un incident. Le moyen d'en comprendre les causes, et accessoirement

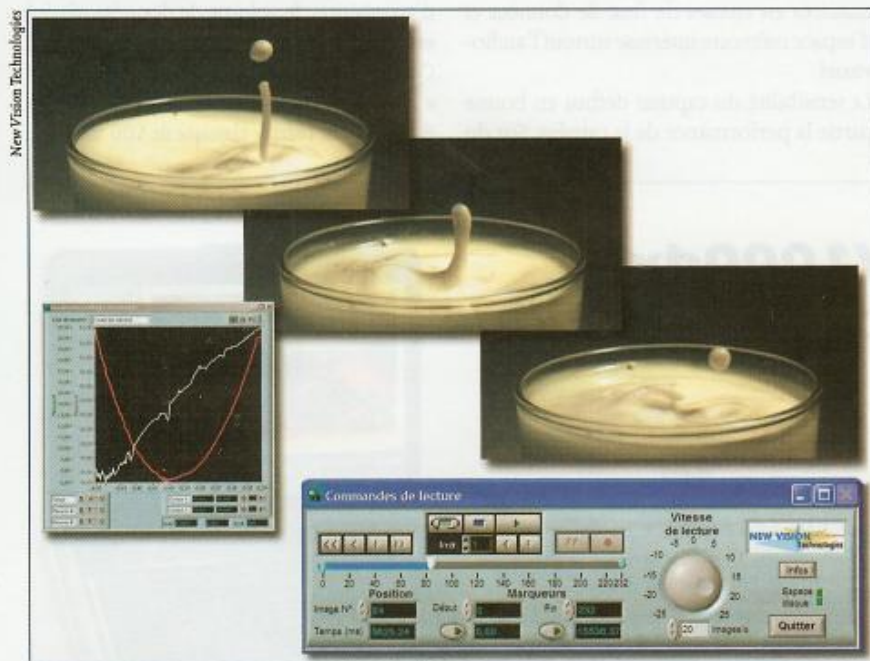
d'y remédier. La vidéo rapide résout en particulier cet "enfer" des professionnels de la maintenance qui est de mettre fin à une panne aléatoire!

C'est un outil précieux d'assistance à la mise au point de process ainsi qu'au dépannage. Ça l'est tout autant lorsque le système vidéo demeure fixe, à des fins de paramétrage, de suivi de dérives, de montée en cadence, d'amélioration continue de la qualité. Les process manufacturiers rapides et répétitifs, comme pour l'emballage, l'embouteillage, intègrent volontiers l'imagerie industrielle. Typiquement, on commence à parler de vidéo rapide au-delà de 150-200 images/s. La limite supérieure est sans cesse repoussée... à l'extrême et dans des modes dégradés, au-delà de plusieurs millions d'images/s! On trouvera un spectre très significatif de ces performances dans l'offre en distribution de la société française Photon Lines. Laurent Colomer, l'un des experts de la PME, explique : « L'objectif de la prise d'images impose une technologie de capteur. En deçà de 250 images/s, si l'on privilégie la finesse et un très bon rapport signal/bruit – ce qui est le cas de beaucoup d'applications industrielles – la technologie CCD s'impose [voir encadré]. Dans les très grandes fréquences et en dépit de quelques défauts inhérents à la technologie, ce sont les capteurs CMOS

qui l'emportent, moins fins, mais imbattables en matière de vitesse d'acquisition. » En effet, pour aller vite, la technologie CMOS contient pour chaque pixel son mécanisme de conversion en un signal numérique. En revanche, le rapport surface sensible/surface d'un pixel est faible. Il y a quelques effets de débord d'un pixel sur →

L'essentiel

- La vidéo rapide pénètre tous les métiers de l'ingénierie industrielle depuis la conception jusqu'à la maintenance.
- Son marché (au-delà de 500 images/s) est restreint: 3M€/an en France, pour une centaine d'appareils vendus.
- La France dispose d'une poignée de prestataires de haut niveau.



L'interface logicielle NV1000 développée par New Vision Technologies à partir de la plateforme de développement logicielle LabView et VDM (Vision Development Module) de National Instruments assure l'analyse d'images et le pilotage de caméras rapides.

Trois interfaces adaptées à l'imagerie haut débit

- Initié par National Semiconductor et gérée par l'AIA (Automated Imaging Association) Camera Link est un protocole de communication entre la caméra et la station d'acquisition spécialement adapté à la vidéo rapide. Il code les données sur 24 bits, gère très bien les mécanismes de synchronisation/pilotage de la caméra.

Dans sa configuration de base, il supporte un flux de 2,04 Gbits/s, soit 255 Mo/s. Mais dans sa version "Full" (limitée à 16 bits), il peut aller jusqu'à 5,44 Gbit/s (680 Mo/s).

- Le Gigabit Ethernet (GbE), est une extension d'Ethernet apte à supporter des taux de transfert de données de 1 Gbit/s. Sa version 10 Gigabit Ethernet (norme 802.3ae de l'IEEE) décuple ce taux de transfert. - La norme IEEE 1394 est mieux connue sous ses noms propriétaires: FireWire chez Apple, i.Link chez Sony... A l'instar de Camera Link, il véhicule à la fois les données et les signaux de commande de la caméra. Son débit théorique dépasse 3 Gbits/s.

→ ses voisins. En contrepartie, la mesure est presque instantanée. Typiquement, au-delà de 200 images/s pleine résolution, les capteurs CMOS occupent tout le marché. A noter que des appareils de laboratoire qui dépassent le million d'images/s mettent à pro-

fit plusieurs capteurs intervenant de façon séquentielle grâce à un mécanisme de miroirs tournants.

En vidéo rapide, on pousse le matériel à ses limites. Aussi, le même expert ajoute: « Il faut souvent accepter un compromis résolution/vitesse, c'est-à-dire dégrader volontairement la définition de l'image au profit de la vitesse d'acquisition. » Ne serait-ce qu'au regard du volume de données et du débit de leur transfert. De fait, si le but est de déterminer sur quel événement un dysfonctionnement intervient, même une image très grossière est pertinente. Dans certaines études comme pour le crash, le suivi dans le temps et l'espace d'un simple jeu de pastilles convient. Agrandir la taille des pixels "logiques" est une solution de paramétrage. Elle revient à moyenner plusieurs pixels ("Binning"). Une autre méthode consiste à se restreindre à un format partiel (ROI, Region of interest), de façon plus ou moins souple. La plupart des capteurs permettent ainsi de travailler en 1/2 format, afin de doubler la vitesse d'acquisition à flux de données constant.

Multiplier capacité et vitesse d'écriture

De même, le monde de l'imagerie industrielle rapide est surtout... gris. Les capteurs travaillent typiquement en 256 niveaux de gris, soit un codage du pixel sur 8 bits. Sur les équipements haut de gamme, comme la caméra Phantom v9.1 de Vision Research, un pixel peut être codé sur 14 bits. En revanche, l'acquisition d'images couleur, très consommatrices en termes de flux de données et d'espace mémoire intéresse surtout l'audio-visuel.

La sensibilité du capteur définit en bonne partie la performance de la caméra. Sur du



La Phantom v710 de Vision Research commercialisée par Photon Lines peut prendre jusqu'à 1,4 million d'images/s! Dans ce cas extrême la définition n'est plus que de 128x8 pixels. En mode "plein capteur" soit 1280x800, la vitesse d'acquisition est de 7530 images/s.

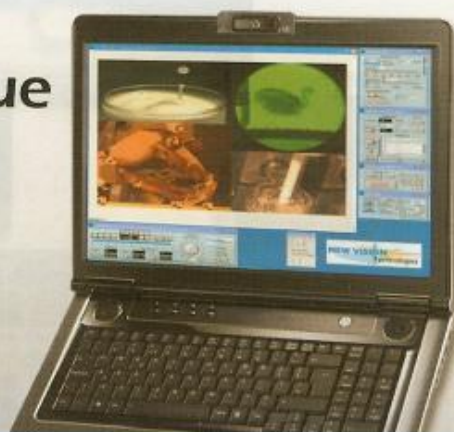
matériel professionnel la sensibilité est de l'ordre de 200 ISO. Mais elle monte à des records de 7 000 ISO en monochrome! Ce qui autorise des temps d'exposition exceptionnels inférieurs à la μ s. Olympus, bien connu pour son expertise en CND et endoscopie industrielle (avec laquelle peut se coupler très utilement la vidéo rapide) vient de mettre la barre encore plus haut: 10 000 ISO pour son capteur CMOS 1280x1024 pixels. C'est le résultat obtenu avec le dernier-né de sa gamme i-Speed, le i-Speed FS, qui atteint ainsi 1 million d'images/s contre 150 000 images/s maximum pour le précédent i-Speed 3. Le i-Speed FS coûte de 50 000 à 60 000 €.

On s'en doute aisément, à une telle cadence d'acquisition, le volume de données généré est considérable. Et le débit intense. Laurent Colomer (Photon Lines) livre un rapide calcul: « Avec un capteur 1020x1024 pixels codés sur 8 bit, et à une cadence classique de 500 images/s,

NEW VISION
Technologies

NV1000dx Vidéo Rapide Numérique

- Surveille automatiquement vos défauts jusqu'à 20.000 coups/min
- Détails et finesse de l'image
- Construction compacte et robuste
- Interface logicielle ergonomique
- Plusieurs heures d'enregistrement
- Solution flexible et personnalisable



A partir de 8500€ HT

www.new-vision-tech.com

une seconde de prise de vue génère 500 Mo ». Ce n'est pas tant la capacité pour stocker ces données qui pose problème que le débit de transmission entre le capteur et le support de stockage. Les caméras disposent d'une mémoire flash. Mais ces dernières n'offrent dans le meilleur des cas qu'une vitesse théorique en écriture de 20 Mo/s (160 Mbit/s). L'enregistrement s'effectue donc, typiquement, sur le disque dur d'un PC déporté. Un disque dur lui-même n'excède pas quelque 80 Mo/s en écriture. La technologie RAID (Redundant Array of Independent Disks, ou ensemble redondant de disques indépendants), conçue dans l'optique de la tolérance aux pannes, est ici mise à profit pour multiplier capacité et vitesse d'écriture – le flux de données se répartissant sur plusieurs disques (RAID-0 ou RAID-5 : mode "striping", volume agrégé par bandes), éventuellement au travers d'une mémoire cache. La vitesse d'acquisition est alors fixée par le nombre de disques, l'électronique, le protocole... mais ne passe pas la barre des 800 Mo/s sur les matériels les plus performants (voir encadré Interfaces). Au delà, bien entendu l'enregistrement s'effectue sur mémoire vive (jusqu'à plusieurs Go/s), mais avec de très fortes restrictions en matière de capacité, donc de temps d'enregistrement. Et de coût.

Si l'on se cantonne à des domaines "raisonnables" de cadence d'acquisition, la vidéo rapide, pour être une technologie de pointe offre désormais des coûts acceptables. Pour seul exemple, la PME française R&D Vision offre un système clé en main dédié au contrôle qualité et au suivi de process à partir de 5 000 €. Prix du système complet incluant la caméra 200 i/s, son optique et la station d'acquisition. On évoque ici une solution d'entrée de gamme. Les prix montent aisément au-

Deux technologies de capteurs

Le capteur photosensible est le cœur du dispositif. Au-delà de 200 images/s, la technologie CMOS, qui s'est d'abord imposée sur le marché des appareils photo reflex, l'emporte sans conteste sur la technologie CCD. Son atout maître: la rapidité.

- Matrice CCD (Charge-Coupled Device, ou dispositif à transfert de charge, 1969) Elle offre une grande sensibilité, une meilleure linéarité, un meilleur rapport signal/bruit et une meilleure finesse, car la surface participant à la capture des photons est optimale.
- Matrice CMOS (Complementary metal oxide semi-conductor, ou semi-conducteurs métal-oxyde complémentaires, 1980). L'image est captée immédiatement sous format numérique (un convertisseur par pixel), sans passer, comme pour les CCD, par une étape de conversion analogique/numérique en fin d'acquisition. Ils sont aussi moins chers dans le principe.

Dans les deux cas, les capteurs pour image couleur sont associés à un filtre coloré et un réseau de lentilles.



Cypress Semiconductor Corp.

Ce sont les capteurs CMOS, comme ici le LUPA 300 de l'américain Cypress, qui ont démocratisé la vidéo rapide haute performance. Le capteur admet des fréquences d'acquisition de 250 images/s à pleine résolution, beaucoup plus dans des modes dégradés.

delà de 200 000 €. C'est pourquoi le marché locatif (souvent accompagné d'une prestation) est en pleine expansion. Cependant, Laurent Colomer estime qu'on peut acquérir autour de 10 000 € un matériel supportant les 250 images/s. Laurent Ogereau (responsable des produits de vidéo rapide et d'endoscopie d'Olympus France) estimant quant à lui le prix moyen à 30 000 € (> 500 i/s). Comme c'est encore un marché confidentiel mais en pleine expansion (il se vendrait une centaine d'appareils en France), les prix sont appelés à baisser fortement, à performance constante. De plus, les caméras rapides sont soumises à une forte obsolescence technologique. Une raison supplémentaire pour envisager la location, sauf usage fréquent et stratégique et forte compétence interne.

Comme en vidéo rapide les durées de capture sont nécessairement très courtes, la question du déclenchement se pose avec acuité. Celui-ci peut s'effectuer de façon cyclique, sur un ordre de départ ou sur un ordre de fin. Dans ce dernier cas, le système d'enregistrement possèdera en mémoire les quelques secondes ou minutes précédant l'événement. Le déclenchement peut être manuel – si le temps d'observation est raisonnable – ou activé sur un signal ("trigger") prélevé sur le système que l'on observe. On s'en doute, c'est ce dernier aspect, en particulier, qui motive une expertise qui va bien au-delà de l'art du vidéaste. C'est l'art de greffer un système sur un système. Un peu comme un photographe animalier demeure des heures "en planque", l'expert en vidéo →

Polytec commercialise des caméras d'IDT qui assurent l'acquisition en temps réel jusqu'à une cadence de 1 200 images/sec à une résolution de 1 504x1 128 pixels. Leurs applications sont nombreuses : l'analyse de crash tests, le test des airbags, la biomécanique humaine ou animale, les études balistiques, le contrôle de process, etc.



→ rapide est un homme patient... mais qui ne s'en remet pas au hasard. Il doit posséder ou acquérir une expertise du système.

Ainsi, en marge des circuits de distribution ont émergé de petites sociétés aux prestations très pointues. Comme *Avi.Speed*, que dirige Philippe Bergerard. Ce dernier dispose de deux caméras très hautes performances (Phantom, 1024x1024 pixels, 2 000 images/s en plein format). Cet ex-ingénieur de l'armement intervient pour l'essentiel en imagerie rapide sur des secteurs industriels ou scientifiques. Il explique : « Nous sommes là, à toutes les étapes du développement, de la mise au point, de l'exploitation et du dépannage d'un procédé. La maintenance industrielle représente 30-40 % de notre activité. L'essentiel se fait aujourd'hui en phase de R&D. Et dans une extraordinaire variété de métiers : emballage, agro-alimentaire, sidérurgie, électroménager... » Ou encore sur des thèmes plus anecdotiques comme l'analyse des réactions d'un pur-sang à des manipulations ostéopathiques !

En revanche, question optique, la vidéo rapide ne pose pas d'exigences particulières. Un constructeur comme *Olympus* utilise ainsi les optiques du marché pour se focaliser sur ses capteurs. « On retrouve les objectifs de Pentax, Zeiss, Nikon, Canon... ce dernier étant bien posi-

tionné sur le marché. Mais on privilégie bien sûr de grandes ouvertures afin de recueillir le plus de lumière », explique Laurent Colomer (*Photon Lines*).

L'encombrement de la caméra relative à l'exigence de la zone d'observation peut se révéler plus problématique. Aussi, dans des configurations contraignantes, privilégie-t-on un système optique + capteurs très compact.

Les technologies et équipements d'éclairage ont une importance cruciale : plus le temps d'exposition est court et plus il faut éclairer. La technologie peut être de type continu ou pulsé, laser ou halogène, stroboscopique... fixe ou mobile. Philippe Bergerard, directeur de *Avi.Speed*, commente : « Je privilégie la technologie HMI qui offre un rendement plus important que l'halogène. Mais elle est coûteuse ! Un projecteur HMI de 1 500 W vaut de 10 000 à 15 000 € autant que la caméra. ». La technologie HMI (pour halogénures métalliques) vient de la télévision et du cinéma. Elle met à profit des lampes à décharge haute pression et émet un spectre très proche de la lumière naturelle. Sa puissance permet d'éclairer loin, de grandes surfaces. Lorsque la durée du phénomène à observer est très courte et son déclenchement commandé – cas type de la balistique, les systèmes à laser pulsé sont précieux. Ils ont des durées d'impulsion

courtes et précises (100 ns-10 µs), aisément synchronisables avec la fréquence d'obturation de la caméra.

Sur la station d'acquisition, les images seront visualisées dans des formats classiques d'animation type AVI, QuickTime ou fixe type JPEG ou TIFF ou utilement dans un environnement logiciel dédié. En effet, les notions de prétraitement et de post-traitement d'images sont essentielles au dépouillement des résultats. Il peut s'agir d'extraire du flux d'images la trajectoire d'un point précis. L'extraction/analyse des mouvements est l'une des compétences de *EyeNetics* qui est capable de procéder à de la reconstruction 3D en synchronisant jusqu'à 6 caméras 250 images/s dont les vues sont fusionnées. *New Vision Technologies*, avec son application de vidéo rapide NV1000dx, propose d'intégrer plusieurs paramètres physiques dans le même environnement de travail que la vidéo : jusqu'à 8 voies d'acquisition analogique, comme une température, une tension, un niveau de bruit... Et par ailleurs de disposer d'outils d'obtention de trajectoires 2D/3D. Son environnement permet l'acquisition jusqu'à 16 000 images/s avec la caméra A504K de Basler.

Thierry Mahé