

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 102 (2004)

**Heft:** 9

**Artikel:** Photobus : en route vers la cartographie mobile en temps réel

**Autor:** Gontran, H. / Skaloud, J. / Gilliéron, P.-Y.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-236163>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 20.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Photobus: en route vers la cartographie mobile en temps réel

Le Laboratoire de Topométrie de l'EPFL a mis au point un système de mobile mapping pour déterminer la géométrie de la route: le Photobus. Comme la plupart des algorithmes de détection de contour sont leurrés par les ombres, les images géolocalisées issues de ce concept sont traitées par une méthode semi-automatique, nécessitant l'intervention soutenue d'un opérateur. Nous explorons des procédés pour minimiser ce problème directement au niveau de l'acquisition. L'adoption d'une caméra logarithmique CMOS comme module vidéo est particulièrement prometteuse. Cette technologie récente rivalise avec les capteurs CCD au niveau de la qualité optique, tout en offrant une fonctionnalité d'intégration unique.

*Das Topometrielabor der EPFL hat ein mobiles Kartierungssystem zur Bestimmung der Strassengeometrie entwickelt: Photobus. Da die meisten Algorithmen für Umrissentdeckung durch Schatten getäuscht werden, werden die aus diesem Konzept hervorgehenden raumlokalisierten Bilder mit einer halbautomatischen Methode behandelt, die einen beträchtlichen Aufwand des Operators erfordert. Wir untersuchen Verfahren, um dieses Problem direkt beim Erfassen der Daten zu minimalisieren. Der Einsatz einer logarithmischen CMOS-Kamera als Videomodul ist sehr vielversprechend. Diese Technologie ist hinsichtlich der optischen Qualität den CCD-Sensoren ebenbürtig und bietet zugleich eine einzigartige Integrations-Funktionalität.*

Il Laboratorio di topometria della SPFL ha messo a punto un sistema di «mobile mapping» per determinare la geometria di una strada: il Photobus. Siccome la maggior parte degli algoritmi di riconoscimento dei contorni sono indotti in errore dalle ombre, le immagini geolocalizzate che escono da questo processo sono trattate con un metodo semi-automatico, che necessita l'intervento di un operatore. Stiamo esaminando dei procedimenti per minimizzare questo problema già allo stadio dell'acquisizione dei dati. L'adozione di una camera logarithmica CMOS come modulo video è particolarmente promettente. A livello della qualità ottica, questa tecnologia recente rivalessa con i sensori CCD, offrendo nel contempo una funzionalità d'integrazione unica.

H. Gontran, J. Skaloud, P.-Y. Gilliéron

## Introduction

Les bases de données routières utilisent fréquemment un système de référence linéaire (SRL) pour une description spatiale des objets d'intérêt. Un SRL est directement implémenté sur la route, avec une origine et des repères peints sur la chaussée tous les kilomètres. Or, la plupart des informations géographiques sont collectées et consultées au moyen du système

de coordonnées nationales. Si l'on désire combiner des données localisées en coordonnées nationales avec des informations routières, une transformation géométrique entre les deux systèmes est nécessaire.

L'acquisition de ces paramètres de transformation a motivé le Laboratoire de Topométrie de l'EPFL pour concevoir un système de mobile mapping. Notre système se distingue de ces prédécesseurs par son aptitude à géoréférencer la ligne centrale de route par le biais d'une caméra verticale combinée à des capteurs de localisation (fig. 1). Cette technique monosco-

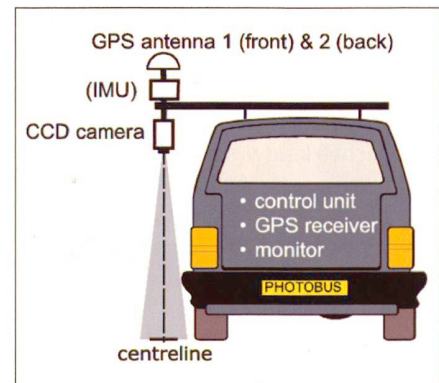


Fig. 1: Le système Photobus.

pique simple suffit à restituer le tracé routier avec une précision sub-décimétrique [1].

## Caméras vidéo et mobile mapping

### Caméras CCD

Traditionnellement, les systèmes de mobile mapping utilisent des caméras CCD (Charge-Coupled Device) comme composante vidéo. Spécifiquement conçue pour l'analyse, cette technologie est optimisée pour l'obtention de propriétés optiques garantissant d'une excellente qualité d'image. Un capteur CCD comprend des photosites qui sont répartis en une matrice de X lignes et Y colonnes. Chaque photosite incorpore une photodiode adjointe à un condensateur isolé de la lumière. Ces photodiodes convertissent la lumière (photons) en charge (électrons), le nombre d'électrons générés étant proportionnel à l'intensité de la lumière. Les photons sont collectés simultanément sur la totalité de la matrice de photodiodes, puis canalisés vers les cellules adjacentes où se réalise le transfert de charges. Après amplification et conversion en différence de potentiel, la charge est lue au niveau de chaque ligne de photosites (fig. 2). Une telle architecture produit un capteur d'images très performant et peu sensible au bruit. Néanmoins, la mise en œuvre de CCD requiert la comparaison de nombreux signaux d'horloge et de voltage, ce qui complique considérablement le pro-



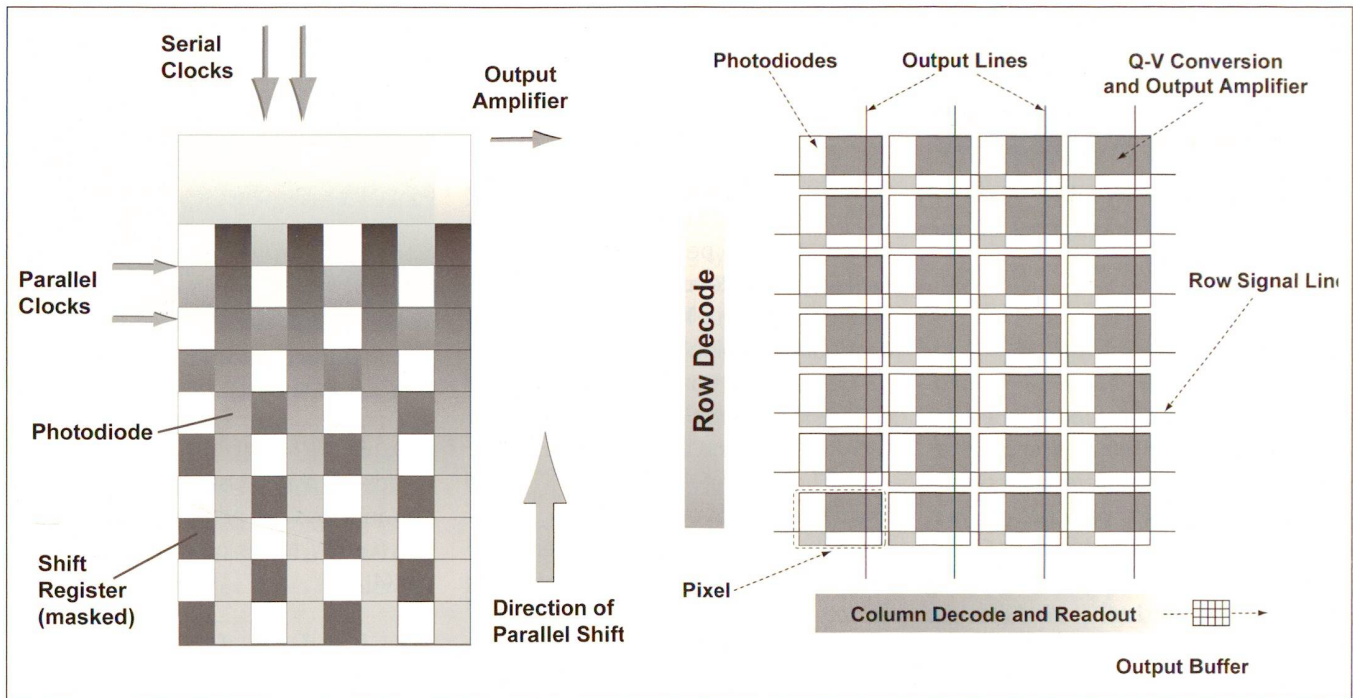


Fig. 2: Architecture CCD (gauche) et CMOS (droite).

cessus de fabrication tout en augmentant la consommation d'énergie, la taille du capteur et le coût [2].

### Technologie CMOS

Durant les cinq dernières années s'est amplifié l'intérêt de l'industrie de l'imagerie et de la communauté scientifique envers les senseurs CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor). L'électronique complétant le photosite, à savoir la logique embarquée, les horloges, et les convertisseurs analogique-numérique, sont intégrés lors de l'unique étape de fabrication. Ainsi, l'architecture d'une caméra CMOS est similaire à celle d'un écran plat (fig. 2). Recouvrant l'intégralité du capteur, une matrice de conducteurs métalliques véhicule tous les signaux vers un système de restitution et de mise en mémoire. Toute colonne de photosites contient un conducteur relié à des composants de décodage et de lecture, eux-mêmes disposés en colonnes à l'extérieur de la matrice de pixels [3]. Cette architecture permet aux photosites de la matrice entière, de sous-sections, ou même d'un unique pixel, d'être consultés par une simple technique d'adressage X-Y.

### Consommation d'énergie

Alors qu'une caméra CCD requiert de nombreuses puces pour la capture de photons, le transport et le traitement des signaux, la technologie CMOS repose sur des senseurs d'image susceptibles d'être conçus de manière monolithique. Le nombre réduit de composants nécessaires a un impact positif sur la consommation d'énergie, tout en réduisant la taille du système ainsi que sa complexité [4].

### Rendement quantique et facteur de remplissage

Le rendement quantique est le rapport du nombre d'électrons contenus dans le courant photoélectrique au nombre de photons contenus dans le rayonnement incident. Cette valeur est déterminée par la réponse spectrale du substrat silicone, influencée par l'épaisseur à la densité d'atomes dopants des différentes couches. Un rendement quantique proche de 90% dans la gamme visible est réalisable avec les deux technologies de capture d'images. Le facteur de remplissage, rapport de surface entre la zone sensible à la lumière et la surface totale du photosite, détermine la sensibilité maximale. Sa valeur

est proche de 100% avec la technologie CCD tandis qu'elle chute à 30% pour la plupart des capteurs CMOS.

### Bruit et courant d'obscurité

Le bruit spatial fixe et le bruit temporel aléatoire limitent la performance des capteurs de vision. Le premier dépend du temps et provient d'un défaut d'appariement des composants. Un calibrage ou une électronique adéquate peut annuler ce bruit spatial fixe. Le bruit temporel inclut:

- un bruit de grenaille lié au courant d'obscurité
- le bruit en  $1/f$ , le bruit thermique et bruit de remise à zéro.

La qualité d'une image CCD est généralement supérieure à celle d'une image CMOS grâce à l'usage de capteurs silencieux et d'amplificateurs de sortie dont la géométrie est mieux adaptée au bruit. Par ailleurs, les systèmes de vision CMOS souffrent d'un courant d'obscurité élevé, ce qui limite leur utilisation à des temps d'exposition faible. Cependant, cet inconvénient est aisément gérable dans le cadre du mobile mapping [5].



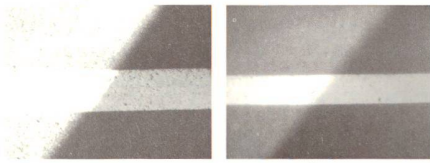


Fig. 3: Alternance d'ombre et de lumière, vue par CCD (gauche) et vue par CMOS (droite).

## Bande passante et saturation

La technologie CCD repose sur un processus susceptible d'engendrer une fuite de charge vers les pixels adjacents en cas de surexposition à la lumière. Dans ces circonstances, des halos parasites peuvent émerger sur l'image. L'architecture CMOS est par nature moins sensible à cet effet. Par ailleurs, les persistance induites par le transfert de charge CCD sont inexistantes avec CMOS.

## Une caméra CMOS dans le Photobus

### Ethercam: caméra logarithmique CMOS

La caméra CMOS Ethercam est un système sophistiqué de vision qui combine les fonctions d'acquisition d'image et de traitement numérique dans un boîtier compact. Des images interprétées ou des images brutes sont télétransmises via une connexion Ethernet 10 Mbps. Une interface série RS232 et trois lignes I/O opto-isolées autorise l'acquisition d'images synchronisées avec le temps GPS. Par conséquent, la connexion à l'ordinateur hébergeant le logiciel de mobile mapping est simple: aucune carte d'acquisition d'image n'est requise.

Le capteur d'images intégré dans l'Ethercam est une matrice monochromatique de taille VGA, c'est-à-dire 640x480 pixels. Il présente une gamme dynamique de six décades (120 dB) comme conséquence de la réponse logarithmique des pixels aux photons incidents [6]. Cette réponse signifie que les variations relatives d'intensité lumineuse (D/I) sont perçues avec une sensibilité constante sur toute l'image, ce qui est particulièrement utile pour l'ana-

lyse de scènes d'extérieur où l'intensité lumineuse varie substantiellement de conditions très ensoleillées (100 000 Lux) à l'ombre (10 Lux).

L'Ethercam embarque un système d'exploitation Linux supportant des langages de programmation de haut niveau: le traitement d'image peut donc être directement implémenté sur la caméra. Ceci permet à l'ordinateur hébergeant le logiciel de mobile mapping de mieux se focaliser sur des tâches à haute priorité temporelle, telle la synchronisation d'une position GPS-RTK avec une image capturée.

### Premiers tests avec l'Ethercam

Les levés Photobus avec une caméra CCD ont révélé que la plupart des algorithmes de détection automatique de la ligne centrale de route sont leurrés par des variations de conditions lumineuses [6]. En fait, l'utilisation de techniques de filtrage de bas niveau telles la binarisation, rejette les pixels sous-exposés des zones ombragées ou promeut ceux sursaturés sous un soleil direct. En raison de sa réponse logarithmique à l'illumination, le capteur CMOS Ethercam autorise la reproduction de scènes d'extérieur quasiment sans imperfections (fig. 3).

Ainsi, une reproduction de la réalité par CMOS simplifie la méthodologie d'extraction des coordonnées pixellaires de la ligne centrale de route. Ceci s'implémente aisément par l'application d'un filtre de Sobel. Un tel filtre repose sur deux noyaux qui détectent les variations horizontales (1) et verticales (2) d'une image.

$$S_H = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$S_V = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Quand les deux composantes du filtre sont appliquées à une image, leurs résultats sont utilisables pour calculer l'amplitude et la direction des arêtes et sont stockées dans deux matrices  $Gh[0..(height-$

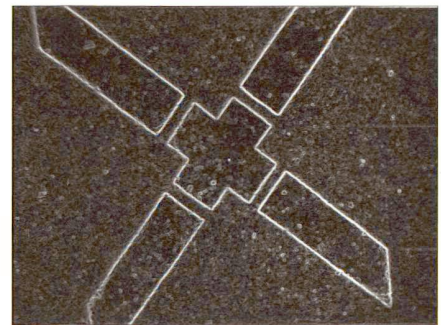


Fig. 4: Détection de contour en temps réel par l'Ethercam.

$1][0..(width-1)]$  et  $Gv[0..(height-1)][0..(width-1)]$ . Par conséquent, l'amplitude de l'arête passant par le pixel  $x,y$  est donnée par (3), tandis que sa direction l'est par (4).

$$M_{sobel}[x][y] = \sqrt{Gh[x][y]^2 + Gv[x][y]^2} \quad (3)$$

$$\varphi_{sobel}[x][y] = \tan^{-1} \left( \frac{Gv[x][y]}{Gh[x][y]} \right) \quad (4)$$

Les premières investigations avec l'application par la caméra d'un filtre de Sobel produit des résultats très prometteurs pour la détection de contours en temps réel, comme l'atteste la figure 4.

## Conclusion et perspectives

Nous avons exploré une solution prometteuse de cartographie routière en temps réel: une caméra logarithmique CMOS. Celle-ci libère l'ordinateur hébergeant le logiciel de mobile mapping de l'acquisition et du traitement de l'image. Par conséquent, la majorité du temps ordinateur peut être consacrée à des tâches plus critiques, et le processeur peut être davantage soutenu par un système d'exploitation temps réel qui définit une hiérarchie des tâches.

Le noyau surveille les pilotes de périphériques, les opérations d'interruption et de permutation de mémoire. Il dirige la succession des opérations, ce qui n'est pas possible avec un noyau normal.



L'enregistrement des données et la visualisation de la trajectoire et de l'azimut du Photobus se verront attribuer une priorité moindre que le géoréférencement des pixels, alors que la synchronisation des données avec le temps GPS doit être accomplie en premier.

Pour implémenter notre futur système de mobile mapping en temps réel, nous avons choisi le noyau RTLinux qui est répandu au sein de la communauté scientifique. En fait, ce noyau se situe entre le noyau Linux standard et les périphériques. Théoriquement, l'utilisateur peut paramétrer la priorité de toute tâche, ce qui permet un minutage correct des processus en décidant des algorithmes de planification, des priorités et des fréquences d'exécution [7].

Le futur développement impliquera une intégration plus étroite des capteurs dans les algorithmes automatiques de RTLinux,

Ceci devrait conduire à l'implémentation d'un contrôle qualité des données cartographiées directement sur le terrain.

#### Bibliographie:

- [1] Gilliéron, P.-Y., Skaloud J., Merminod B., Brugger D., 2001, Development of a low cost mobile mapping system for road data base management, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Symposium on Mobile Mapping Technology, 3-5 January, Cairo, Egypt.
- [2] Fossum, E., 1993, Active pixel image sensors – Are CCD's dinosaurs? Proceedings SPIE, volume 1900, pp. 2-14.
- [3] Mendis, S., Kemeny, S., Gee, R., Pain, B., Kim, Q., Fossum, E., 1994. Progress in CMOS active pixel sensors, Proceedings SPIE volume 2172, pp. 19-29.
- [4] Cho, K.-B., Krymski, A., Fossum, E., 2001, A micropower self-clocked camera-on-a-chip, Extended programme of the IEEE CCD & Advanced image sensors workshop, Lake Tahoe, USA.

- [5] El Gamal, A., Fowler, B., Min, H., Liu, X., 1998, Modeling and estimation of FPN components in CMOS image sensors, Proceedings of SPIE, volume 3301, pp. 178-185.
- [6] Fossum, E., 1997, CMOS Image Sensors: Electronic Camera-On-a-Chip, IEEE transactions on electron devices, Volume 44, No. 10, October.
- [7] Yodaiken, V., 1999, The RTLinux manifesto, Proceedings of the 5<sup>th</sup> Linux Expo, 18-22 May, Raleigh, USA.

Hervé Gontran, Ingénieur-géomètre ETP  
Jan Skaloud  
Pierre-Yves Gilliéron  
Laboratoire de Topométrie  
EPFL – Institut du Développement  
Territorial  
CH-1015 Lausanne  
herve.gontran@epfl.ch

## Leica Geosystems GIS & Mapping



capture ... reference ... measure ... analyze ... present

**POWERING GEOSPATIAL IMAGING™**

To learn more about the new LPS enhancements or how Leica Geosystems is Powering Geospatial Imaging,™ call or send e-mail to



MFB-GeoConsulting GmbH  
CH-3254 Messen, Switzerland  
www.mfb-geo.com  
contact@mfb-geo.com  
031-765 5063

**Leica**  
Geosystems