

# photogrammétrie multi-images

(close-range photogrammetry)

## Numérisation des images

Claude A. Daguillon

### LES CAPTEURS

Dans un précédent article, (XYZ n° 66) la saisie analogique par procédé argentique a été développée.

Le principe de fonctionnement de la photogrammétrie terrestre se caractérise par l'exploitation de vues convergentes de l'objet prises sous des angles différents.

En photogrammétrie analytique le processus de restitution est assisté par l'ordinateur; les coordonnées des points des images argentiques sont préalablement numérisées par un opérateur sur tables à digitaliser.

En photogrammétrie numérique les images constituant le relevé sont intégralement numérisées avant que le traitement des données soit effectué partiellement ou totalement par l'ordinateur sous contrôle à l'écran, notamment, des points images à prendre en compte.

Associés à l'informatique, des systèmes basés sur des dispositifs à semi-conducteurs dits à « transfert de charges » ou CCD ont été développés et cette technologie a très vite été utilisée pour la saisie d'images.

Les capteurs CCD, réalisés en silicium, se composent d'un ensemble de cellules initiales juxtaposées en ligne pour former une barrette ou aménagées en ensemble matriciel lignes/colonnes.

La cellule initiale dénommée pixel (picture element) se comporte comme un condensateur qui captant l'énergie des photons incidents transforme celle-ci en une charge proportionnelle à l'énergie captée.

Le signal recueilli est un signal analogique entaché de bruit de fond, de niveaux de seuil et de saturation.

Les caractéristiques globales sont déterminées lors de la fabrication afin de rendre homogène l'ensemble CCD.

C'est une électronique associée, et souvent intégrée qui effectue la transformation analogique numérique avec par exemple une résolution de 8 bits permettant l'exploitation de 256 niveaux.

L'intégration de cellules CCD contiguës permet la réalisation de matrices et barrettes.

La densité d'un élément est exprimée en nombre de pixels par unité de longueur, (dpi = > dot per inch ou alors ppp = > point par pouce). Il va de soit que plus la densité est élevée meilleure est la résolution.

La résolution spatiale d'un ensemble CCD est fonction des dimensions de chaque pixel qui le compose, leur structure carrée s'échelonne de 7  $\mu$ m à 70  $\mu$ m.

La dimension de la matrice est limitée par la technologie. Des matrices de 5 120 X 5 120 pixels sont envisageables avec des pixels unitaires de l'ordre de 1  $\mu$ m. Toutefois le coût est également un facteur déterminant aussi en pratique des matrices de 3 000 X 2 000 pixels de 9 X 9  $\mu$ m sont celles qui sont pratiquement disponibles aujourd'hui.

Des barrettes linéaires jusqu'à 12 000 pixels de 8  $\mu$ m sont réalisables.

La quantité de données nécessaires pour enregistrer une image sous forme numérique est bien sûr dépendante de la dimension de la matrice. Une matrice de 3 000 X 2 000 a besoin de 6 millions d'octets de mémoire de stockage alors qu'une seule photographie aérienne digitalisée, par exemple sur scanner à barrette de 7,5  $\mu$ m requiert presque 1 milliard d'octets.

Afin d'éviter les phénomènes d'escalier et de chevauchement de l'information, des artifices de traitement tels qu'interpolation ou rééchantillonnage n'améliorent en rien la résolution qui tout comme le pouvoir séparateur dans le contexte photographique désigne la capacité d'un objectif et du support photographique à capter les plus petits détails. Plus les détails sont perceptibles plus la résolution est élevée.

La résolution spatiale est une mesure de la possibilité d'un système à faire la distinction entre les composantes adjacentes d'un objet.



Ce pouvoir résolvant, ou séparateur, est exprimé en traits par mm et indique le nombre maximum de traits par millimètre qu'il est possible de distinguer, traits et espaces ayant même largeur.

En imagerie analogique cette mesure peut être effectuée en réalisant une cible d'essai spécifique et en mesurant les paires de lignes qui peuvent être distinguées dans l'image; une fonction de transfert comme la fonction de transfert de modulation peut également être mesurée.

La dimension du pixel n'est pas une mesure de la résolution mais une relation entre les deux variables peut être établie.

Une paire de lignes peut être représentée par la dimension du pixel situé entre la dite paire, c'est-à-dire alors égale à la moitié de la paire de lignes.

Un rapport de 1:2 à 1:3 est normalement donné et le facteur de Kellest souvent référencé stipule que :

$$\text{Résolution (lignes par m')} = \frac{\text{dimension du pixel} \times 2 \sqrt{2}}{\text{m à l'échelle objet.}}$$

### ACQUISITION DES DONNÉES NUMÉRIQUES

Les données numériques requises pour la photogrammétrie terrestre peuvent être produites directement par un appareil de prise de vue équipé de capteur numérique du type CCD.

Dans l'état présent de la technique et aussi en fonction des coûts induits une autre solution à considérer avec attention est celle de la « scannerisation » de clichés argentiques issus d'appareils photographiques.

#### Appareils à éléments CCD

Les équipements présentement disponibles se différencient par le format du champ de prises de vue 24 X 36 mm et le format carré 6 X 6 cm.

##### • Le petit format

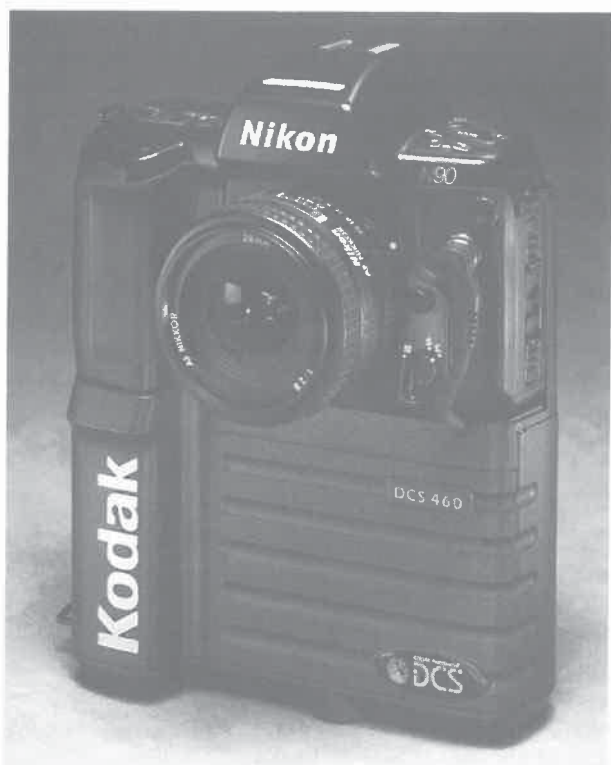


Fig. 1

Les appareils 24 X 36 de construction professionnelle, sont souvent équipés de matrices CCD couvrant le format par 3 060 X 2 036 pixels de 9 µm.

Ces équipements performants se placent dans un marché voisinant 150 000 francs.

Ainsi le Kodak DCS 460 sur base Nikon ou Canon enregistre en noir et blanc, sur un disque magnétique amovible intégré, des images de 6 méga-octets à la cadence d'une image toute les 12 secondes. C'est un appareil autonome, compact et très maniable. Les données peuvent être transférées directement à l'ordinateur par liaison SCSI ou par relecture sur celui-ci du disque enregistré.

##### • Le moyen format

Originellement conçus pour le format 6 X 6 argentique des appareils photographiques semi-métriques sont disponibles sur le marché. Ils se différencient par le choix de numérisation CCD pris par le constructeur, rarement dans l'optique de la photogrammétrie qui du point de vue commercial, malgré les prix pratiqués, ne représente qu'une « niche » à faible valeur ajoutée. Un classement par prix permet de déterminer trois catégories, savoir :

1 – à moins de 100 000 francs la numérisation est effectuée par une barrette CCD dont la longueur est fonction de la largeur prévue pour l'image argentique, la dite barrette se déplace mécaniquement ligne par ligne avec un pas égal à la dimension du pixel.

On dispose aujourd'hui de barrettes de 6 000 pixels de 12 µm.

Le temps de balayage de toute l'image est de plusieurs dizaines de secondes, bien que la résolution puisse être très bonne cette solution ne trouve son application que pour des sujets fixes et dans des conditions d'éclairage relativement strictes.

Le fonctionnement nécessite la connexion permanente à un ordinateur.

2 – de 100 000 à 200 000 francs on dispose alors non plus d'une barrette mais d'une matrice CCD mais dont les dimensions ne couvrent pas le format de l'appareil.

Originellement prévu pour le format 6 X 6 on trouve implantées des matrices de l'ordre de 3 cm de côté composées de quelques 2 048 X 2 048 pixels de 15 µm.



Fig. 2

Là également le fonctionnement requiert la liaison permanente à un boîtier de commande stockage, privant l'opérateur de totale mobilité.

La prise de vue par contre est instantanée.

3— au delà de 300 000 francs se placent les appareils comme décrits en 2— ci-avant mais alors équipés de matrices CCD de 4 096 X 4 096 pixels de 15  $\mu\text{m}$  couvrant alors entièrement le format 6 X 6.



Fig. 3

### Scannérisation de documents

Des scanners sont couramment utilisés en bureau-tique pour numériser des documents aux fins de traitement informatique.

Ces appareils sont capables de grands formats, et certains présentent une résolution allant jusqu'à 600 voir 900 dpi.

L'analyse de photographies argentiques par balayage d'une barrette CCD est relativement lente mais effectuée en temps différé ne pénalise pas la vitesse de prise de vue sur le terrain.

Le document peut être l'agrandissement d'une photographie dont la résolution du négatif original (Kodak Technical Pan) peut atteindre 200 paires de traits par millimètre; pour cette résolution spatiale il faudrait disposer d'une barrette CCD de 14 000 dpi composée de pixels de dimension inférieure à 2  $\mu\text{m}$ !

Certains scanners à balayage sont composés de barrettes CCD de près de 2600 éléments de dimensions inférieures à 10  $\mu\text{m}$ . Un dispositif optique au grandissement supérieur à 0,8 permet l'analyse d'une ligne de 36 mm d'une image de film 35 mm, le balayage des 24 mm de l'image est effectué en quelques secondes.

Le coût de tels scanners est de l'ordre de 10 000 francs.

### OPTION TOUT NUMÉRIQUE ?

Les domaines de la photographie d'amateurs et artistique, de l'enregistrement en couleurs ainsi que de la stéréo-photogrammétrie ont volontairement été exclus de cette analyse.

Le traitement numérique de l'information est aujourd'hui en plein développement.

Dans le secteur de la photogrammétrie multi-images par vues convergentes des programmes performants 3D et de redressement 2D sont tout à fait opérationnels.

Comme dans tout processus, on déplore un blocage des performances des systèmes à cause du manque de capteurs idéals.

Il faut s'attendre à voir évoluer les capteurs optiques numériques, en osant espérer avec l'accroissement de leurs caractéristiques, une confortable baisse des prix.

Certaines solutions ici présentées sont, vus les investissements nécessaires à leur mise en œuvre, mais aussi fonction de leurs technicités, plutôt réservées aux structures industrielles, essentiellement pour maîtriser aujourd'hui les techniques de demain.

Afin d'exploiter les possibilités du traitement numérique, il n'est pas obligatoire d'effectuer une saisie numérique.

Si l'on devait comparer les deux technologies, numérique ou argentique, dans le but de définir des deux, laquelle est la plus performante, la réponse ne serait pas forcément celle à laquelle on pourrait penser. Selon l'utilisation que l'on fait de l'image, l'argentique sera préférable au numérique et inversement.

Comme il est possible de numériser, avec une excellente résolution, des images argentiques par le biais d'un scanner on dispose alors d'une solution idéale pour transformer l'argentique en numérique.

C'est avec la plus grande attention qu'une telle solution, mixte argentique-numérique, doit être considérée, particulièrement en format 24 X 36, sous l'angle prix — performances et aussi coût d'exploitation.