



Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ - Mai 1984 -

Reconnaissance de traits par camera pour applications en conception
et essais mécaniques

Line recognition with camera for applications in mechanical design and
trials

S. TICHKIEWITCH - N. DAHAN - P. LE NEVEZ

LABORATOIRE DE MECANIQUE ET TECHNOLOGIE , E.N.S.E.T/PARIS VI/C.N.R.S. , 61 avenue du Président Wilson
94230 CACHAN - FRANCE

RESUME

La digitalisation d'images vidéo permet de fixer, en un cinquantième de seconde l'état visuel d'un objet. Cette opération peut donc remplacer l'opérateur pour des acquisitions de scènes mettant en jeu habituellement le sens de la vue, et ceci dans ces utilisations fondamentales.

Nous décrivons deux applications où deux fonctions visuelles distinctes interviennent :

- comme moyen d'acquisition d'un ensemble d'informations normalisées, tel le trait d'un dessin industriel ;
- comme moyen de comparaison entre l'image à étudier et un modèle, tel le cas de mesure de longueurs.

Mots-clés : Digitalisation - Reconnaissance des formes - Méthode de mesure.

SUMMARY

A video digitizer can freeze the visual look of an image, in no more time than 1/50 second. This fact is used to replace an operator in scene's acquisitions which takes the sense of sight in their primary functions. We describe two applications where two different visual functions are used :

- as acquisition mean for a lot of standardized informations, such as lines in a technical drawing ;
- as comparison mean between the studied picture and a model, such as length measurements.

Key-words : Digitizer - Pattern recognition - Measurement's method.



L'image vidéo digitalisée est utilisée ici comme moyen d'introduction rapide de données dans un ordinateur. Après avoir décrit dans la première partie le matériel utilisé et ses performances, nous allons montrer deux applications utilisant des fonctions visuelles différentes.

La première simule la possibilité qu'à l'oeil de reconnaître dans une image contrastée des formes géométriques simples sous forme de lignes, de jauger leurs parallélismes. Celui-ci est utilisé dans la normalisation de représentation de pièces sous forme de dessin industriel.

La deuxième application utilise la nature même de l'image digitalisée, composée de pixels représentant pour un champ donné de la caméra une homogénéisation locale des niveaux de gris de l'image. La bonne stabilité de l'image résultante permet de se servir de la distance entre deux pixels comme moyen de mesure.

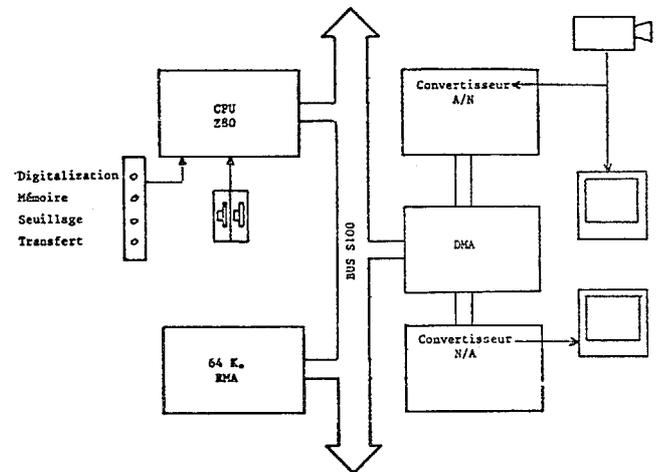
I - LE DIGITALISEUR VIDEO, SES LIMITES

Une bonne connaissance des microprocesseurs 8 bits et l'intuition que les techniques d'analyse d'image [1] devaient apporter des solutions à certains problèmes que nous traitons dans notre domaine de la Mécanique, nous ont poussés à réaliser un premier système à base de cartes commercialisées au standard de bus S100. Le Digitaliseur Vidéo en temps réel de Tecmar Inc. est le coeur de celui-ci. Formé de 3 cartes, carte de conversion analogique numérique, de conversion numérique analogique, et de transfert mémoire en mode DMA, il est commandé par un carte CPU (microprocesseur Z80), et stocke ses données sur une mémoire vive rapide (150 ns). Ce digitaliseur utilise une caméra vidéo standard, et en mode de fonctionnement normal, l'information numérique est obtenue en sortie de carte A/N à partir du signal vidéo composite. Cette information est simultanément transmise à la mémoire et à la carte N/A permettant un contrôle instantané de l'image numérisée. Il est alors possible de figer la mémoire d'image par arrêt de la digitalisation pendant le retour trame.

Le digitaliseur Tecmar permet la digitalisation d'une image en deux trames successives de 512x256 pixels. Chaque pixel est numérisé sur 16 niveaux de gris et 2 pixels successifs sont stockés sur un octet mémoire. Il ne permet toutefois le stockage que sur une zone mémoire de 64 Ko, ne mémorisant ainsi qu'une trame de l'image. L'introduction d'un clavier de fonction et de 2 roues codeuses hexadécimales nous permettent de réaliser un seuillage binaire de l'image, extrayant un certain nombre de niveaux de gris consécutifs. Une liaison série avec un mini-ordinateur (Norsk 560) donne la puissance de traitement de l'image, en différé.

Les premières études réalisées nous amenant à penser digitalisation sur 512x512 pixels, voir 1024x1024, nous avons réalisé une nouvelle carte incluant le seuillage en temps réel, et stockant dans un registre à décalage 16 pixels successifs. Le transfert direct par DMA sur le mini-ordinateur Norsk peut ainsi se faire, en utilisant la mémoire de masse du système, et ce avec 512x256 pixels en 1/50e de seconde.

L'extension de la méthode de mesure de grandes déformations nécessite l'augmentation du nombre de pixels afin d'obtenir une meilleure résolution. Ceci nécessite une modification dans le type de caméra et nous avons de bons espoirs avec l'évolution des caméras à transfert de charge.



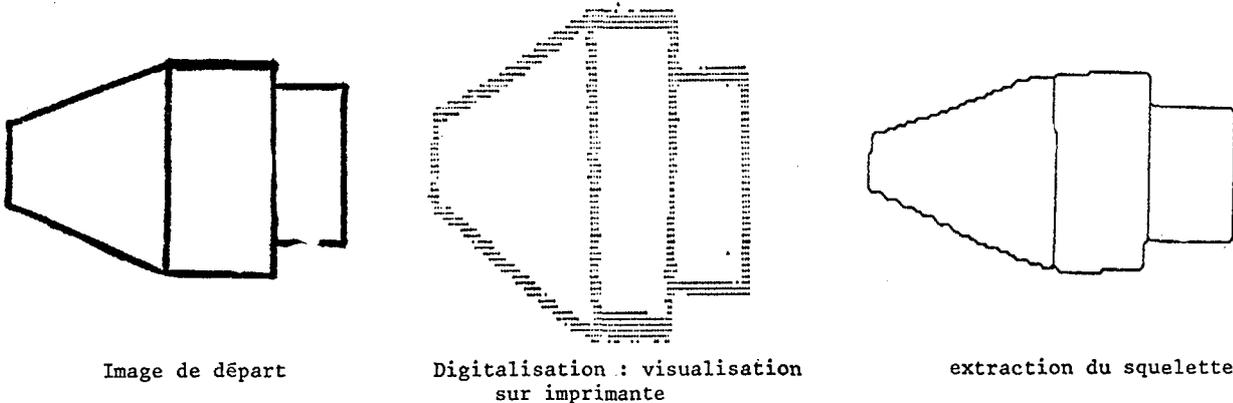
II - LA RECONNAISSANCE DE DESSIN INDUSTRIEL

De nombreux problèmes se posent lorsque l'on veut extraire une information d'une image digitalisée, dus pour beaucoup au manque de contraste que l'on observe sur une scène courante [5]. Le travail est considérablement réduit si l'information est seuillée pour obtenir une image binaire [2]. Les algorithmes de reconnaissance des formes ont pour but d'obtenir un certain nombre de renseignements statistiques (proportion de nuages en météo, de globules dans le sang...) [3], ou de déterminer de manière absolue la forme existante dans le champ visuel. La reconnaissance d'un certain nombre de formes possibles permet un apprentissage par stockage d'un petit nombre d'attributs caractéristiques [6]. Le problème se complique si l'on accepte des modifications locales dans la forme de l'objet à reconnaître. C'est le cas notamment dans la reconnaissance de caractères écrits manuellement [4]. Les moyens de reconnaissance ne peuvent plus se limiter alors à des questions de surfaces ou dimensions maximum, ni de signature du contour, mais doivent faire appel à des notions plus complexes de positions relatives de formes géométriques.

Le problème de la reconnaissance de dessin industriel est de cette catégorie. Il est en effet certain que ce dernier est formé de traits (segments ou portion de cercle) pouvant avoir des types différents (pleins, mixtes, pointillés), mais placés dans un ordre indéterminé au départ. Le travail de lecture du dessin consiste donc à extraire dans un premier temps les traits élémentaires et leur type, puis dans un deuxième temps, par l'étude de leur position relative, d'appliquer les règles que propose la normalisation. Ce deuxième point ne peut être traité par un programme algorithmique, et ceci en grande partie à cause du manque de déterminisme dans la représentation. Les moyens utilisés pour y parvenir ont été détaillés dans BOCQUET [7], et sont basés sur les techniques de l'Intelligence Artificielle utilisant les Systèmes Experts à règles de production [8].

Le dessin industriel d'une pièce mécanique est formée de plusieurs vues dont l'emplacement n'est pas indifférent. Il existe en particulier une correspondance parfaite entre les dimensions d'encombrement de chaque vue, permettant d'acquérir chacune d'entre elles de manière indépendante et avec la plus grande définition possible de l'image.

La reconnaissance des traits de l'image est alors suivie d'une mise à l'échelle pour reformer un ensemble cohérent avant le lancement du système expert.



La digitalisation étant réalisée avec le système décrit au paragraphe I, nous ne pouvons actuellement lire que des dessins formés de traits d'épaisseurs supérieures à la norme. L'augmentation de la définition de l'image nous permettra de remédier à ce problème, afin de lire des plans existants. Nous utilisons pour l'instant ce système afin d'introduire rapidement une première forme géométrique devant être optimisée par les programmes CAO. Le dessin est alors effectué à main levée par le dessinateur, en utilisant des couleurs différentes pour les différents types de trait. Ceci permet par simple seuillage de n'extraire que les segments relatifs à un type de trait à la fois.

L'algorithme utilisé pour passer de l'image mémorisée à sa composition utilise un certain nombre de fonctions permettant de supprimer les inévitables parasites (pixels isolés ou trous dans la masse d'un trait) et de squelettiser les traits pour avoir une forme "fil de fer". Un codage suivant FREEMAN amène à l'identification des segments élémentaires de la vue et à une reconstitution des connexes du dessin. Un calcul statistique permet alors de replacer les traits reconnus par rapport à l'original et ainsi bien souvent de pouvoir concaténer deux traits successifs.

L'ensemble des informations ainsi recueillies servent alors de base de fait au système expert qui peut demander des détails supplémentaires en cas d'indétermination dans le volume proposé.

III - MESURES DES GRANDES DEFORMATIONS

L'outil "grandes déformations" [9] est actuellement nécessaire pour la mise en forme des pièces mécaniques. Il suffit de construire un outil visuel, témoin de la transformation des pièces. Cet outil doit posséder les propriétés :

- la mesure de déformation numérisable de façon automatique ;
- l'indépendance de la mesure vis à vis du déroulement de l'expérience ;
- l'assistance en temps réel pour les processus non stationnaires.

Les études en bidimensionnel semblent être un bon exemple d'utilisation.

Analyse - image

L'utilisation des images vidéo numérisées permet d'accéder aux objectifs fixés. Dans son principe la méthode consiste à faire la "différence" d'une image de référence d'un domaine Ω_0 et d'une quelconque des images

successives du domaine Ω_t pendant la transformation.

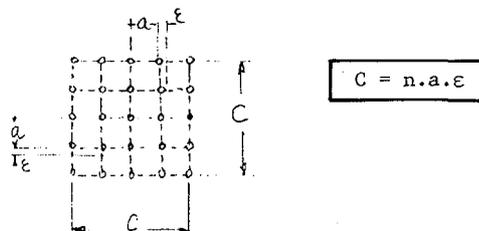
L'image de référence permet la réalisation d'un maillage (à partir de points) ordonné du domaine physique Ω_0 , le relevé des coordonnées des points dans un ordre choisi et, l'identification de détrompeurs.

Les points constituant le maillage ont nécessité un dimensionnement géométrique minimum pour détecter raisonnablement la position du centre par la méthode baricentrique sur les pixels mémorisés pour chacun d'eux, mais aussi pour connaître le nombre de points à ordonner, définissant l'image. Ceci a pour conséquence une meilleure précision de la déformation sur chaque maille. L'information sur l'écartement des points entre eux dépend du champ visé, en d'autres termes de l'unité de mesure considérée.

Les images successives permettent, d'une part, la connaissance du champ [10] de déformation en chaque noeud du maillage par rapport à l'image de référence, et d'autre part, l'identification de l'ordonnancement du maillage pour l'image suivante.

Il existe une relation de type unidimensionnel entre :

- C = le dimensionnement du domaine à étudier
- n = le nombre de pixels
- ϵ = la sensibilité
- a = le dimensionnement de la maille élémentaire



Exemple : si $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = 1\%$, $a = 1\text{m/m}$, $n = 512$ pixels

le domaine à étudier $\Omega_0 = 5 \times 5 \text{ mm}^2$

Analyse - déformations

Définition : dans le cas unidimensionnel, l'évolution de la distance entre deux points "matériels" voisins (m_1, m_2) peut être quantifiée par le rapport

$$a = \frac{l}{l_0}$$

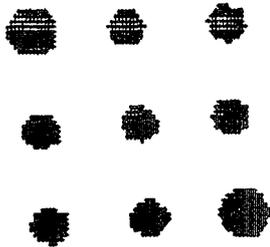
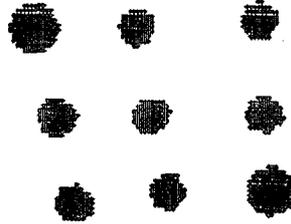
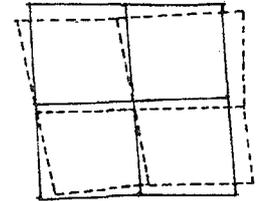


Image de référence Ω_0



Après déformation Ω_t



Ω_t / Ω_0

On appelle mesure de déformation "e" toute fonction "f" continue et différentiable définie par

$$f : \mathbb{R}^+ \longrightarrow \mathbb{R}$$

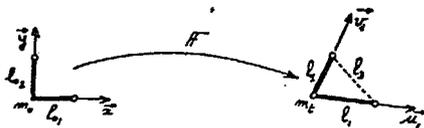
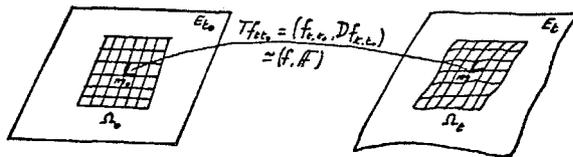
$$a \rightsquigarrow e=f(a)$$

ayant les propriétés

$$\{ f(1) = 0 \text{ et } f'(1) = 1 \}$$

Cette définition est généralisée au cas bi et tridimensionnel [9].

Nous utilisons la "convection" : c'est le passage d'un système de courbes coordonnées du domaine Ω_0 au système de courbes coordonnées du domaine Ω_t (représentants le même domaine physique à deux instants différents). En imagerie bidimensionnelle



d'où les repères locaux S_0 en m_0 et S_t en m_t

$$S_0 = (l_{01}\vec{x}, l_{02}\vec{y}) \quad S_{01} = (\vec{x}, \vec{y})$$

$$S_t = (l_{11}\vec{u}_1, l_{21}\vec{v}_2) \quad S_t = (a_1\vec{u}_1, b_1\vec{v}_1)$$

avec $a_1 = \frac{l_{11}}{l_{01}}$ et $b_1 = \frac{l_{21}}{l_{02}}$

La mesure classique étant celle de GREEN : E_1 sa matrice représentative dans S_{01} est donnée par E

$$E = \begin{vmatrix} \frac{1}{2} (a_1^2 - 1) & \frac{1}{4} (a_1^2 + b_1^2 - c_1^2) \\ \frac{1}{4} (a_1^2 + b_1^2 - c_1^2) & \frac{1}{2} (b_1^2 - 1) \end{vmatrix} \quad c_1^2 = \frac{l_{31}^2}{l_{01}l_{02}}$$

En conclusion, connaître la distance entre les points définis "matériellement" permet la connaissance de la répartition du champ de déformation de façon discrète et, par là même une vue locale et globale de la réponse à une sollicitation donnée.

Actuellement la technologie des Caméra Vidéo à tube Vidicon limite nos études au cas des grandes déformations. Dans l'avenir la mise au point des Caméra CCD à haute définition (4096 x 4096 pixels et plus) permettront d'augmenter la sensibilité et d'appréhender les études de type cyclique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] William K. Pratt Digital Image Processing - Editeur : Wiley-Interscience.
- [2] J.F. Jarvis;G.S. Roberts, "A new technique for displaying continuous tone images on a bilevel display", Interactive Computer Graphics, Editor : IEEE Computer Society.
- [3] L. Asfar, "Recherche des contours dans une image landsat", 3ème Congrès Reconnaissance des formes et Intelligence Artificielle, Nancy 1981 (AFCET, Paris).
- [4] D. D'Amato & all, "High speed pattern recognition system for alphanumeric handprinted characters" Proceedings of Pattern Recognition and Image processing", Las Vegas 1982 (IEEE, Los Alamitos).
- [5] I. Sheng Tang & all, "Extraction of moving objects in textured dynamic scenes", PRIP 82, Las Vegas.
- [6] D. Juvin, "Contribution à la reconnaissance automatique des images appliquée à la robotique", Thèse de Docteur Ingénieur, janvier 1982, Paris Sud - Orsay.
- [7] J.C. Bocquet;S. Tichkiewitch "An expert system for identification of mechanical drawings", Advances in Cad/Cam - Prolamat 82, (IFIP), North Holland Editor, pp. 453 à 461.

-
- [8] A. Aquesbi & all, "An expert system for computer aided mechanical design", Information Processing 83, (IFIP) North Holland Editor, pp. 121 à 125.
 - [9] N. DAHAN;B. GHATOULI, "Sur les mesures locales des grandes déformations", Rapport Greco "Grandes Déformations et Endommagement" N° 93/1983.
 - [10] Georgel;Boisson, "Analyse d'un champ de vitesse" Journée d'étude AFCEI : Architecture spécialisées en traitement d'images et intelligence Artificielle, EDF Chatou, Novembre 1983