

Commission IV

Groupe de travail : IV/5

Genre d'exposé : Communication

Auteur : DUCHER, Guy  
Ingénieur en chef géographe  
Directeur du Groupement Recherche,  
Etudes et Développement de  
l'Institut Géographique National  
Secrétaire général de la S. F. P. T.

Titre de l'exposé : Essais de stéréo-orthophotographie à l'IGN  
et perspectives spatiales

Sommaire :

Un bref rappel de l'intérêt de la technique stéréo-orthophotographique et des conditions de réalisation des couples orthostéréos est donné en introduction.

Suit un aperçu des essais stéréo-orthos en cours à l'IGN pour la révision/réfection des cartes et pour des applications en liaison avec des usagers extérieurs. Un appareil d'exploitation très simple a été réalisé dans ce but. Le développement attendu d'images spatiales à meilleures résolutions et géométries au cours de la prochaine décennie va relancer l'intérêt de cette technique qui bénéficiera de l'apport de l'informatique et permettra de visualiser des croisements de fichiers localisés de toute nature.

## 1) Intérêt de la stéréo-orthophotographie

L'intérêt de la technique de restitution stéréo-orthophotographique est directement lié au développement que continue de connaître la production d'orthophotos dans le monde. Les besoins en documents photographiques, métriques et à jour ne sont pas prêts de se ralentir. La stéréo-orthophoto apporte en plus et de manière très simple la possibilité d'une interprétation stéréoscopique commode; elle ajoute à la planimétrie la description altimétrique précise du terrain et laisse à l'utilisateur toute latitude pour extraire à tout moment les seules données qui l'intéressent. Document complet, économique, d'utilisation variée et décentralisée, la stéréo-orthophotographie ne peut objectivement échapper à un essor justifié.

## 2) Réalisation

De nombreuses publications rappelées en bibliographie ont décrit les conditions de réalisation des stéréo-orthos. Une des clés réside dans l'existence de chaînes de fabrication rapides, automatiques et précises.

Les études théoriques et les essais effectués ont démontré que l'on pouvait atteindre des précisions suffisantes pour bien des usages même avec des coefficients d'agrandissement importants par rapport à la prise de vues. Mais pour bénéficier du "théorème de Collins" sur l'atténuation des erreurs altimétriques du modèle numérique de terrain (MNT) générateur des ortho et stéréo-orthos, il est indispensable d'utiliser les mêmes données pour redresser chaque point sur les deux clichés.

Avec un orthoprojecteur automatique opérant en différé, on s'approche au mieux de cette condition, en utilisant le même maillage du MNT pour les deux clichés, en les balayant tous deux en x et avec une fente d'autant plus réduite que le relief est vigoureux (6). Kraus (3) a vérifié lors d'un essai que le gain en précision atteignait dans ce cas 15 à 16% par rapport au profilage en y.

Il a également mis en évidence que la précision altimétrique permise à partir des mesures de parallaxes sur le couple stéréo-ortho était de 2 à 3 fois supérieure à celle du MNT générateur.

On a montré (6) que ce gain pourrait atteindre le coefficient 5 x, ouvrant la voie au 1: 5 k pour les MNT issus de la numérisation des courbes de niveau de la carte de base à 1: 25 k, et les prises de vues à 1: 15 k, voire 1: 25 k. De même Van Wijk (4) a abouti à des conclusions comparables dans des essais avec un stéréo-orthoprojecteur en direct.

Il convient d'autre part de rechercher en restitution les combinaisons qui offrent à l'utilisateur les meilleures précisions et commodités. Diverses combinaisons ont été envisagées (6) (voir fig. 1). Il apparaît que la plus précise est la restitution mixte par clichés entiers. Elle garantit en effet la meilleure précision planimétrique à l'orthophoto,

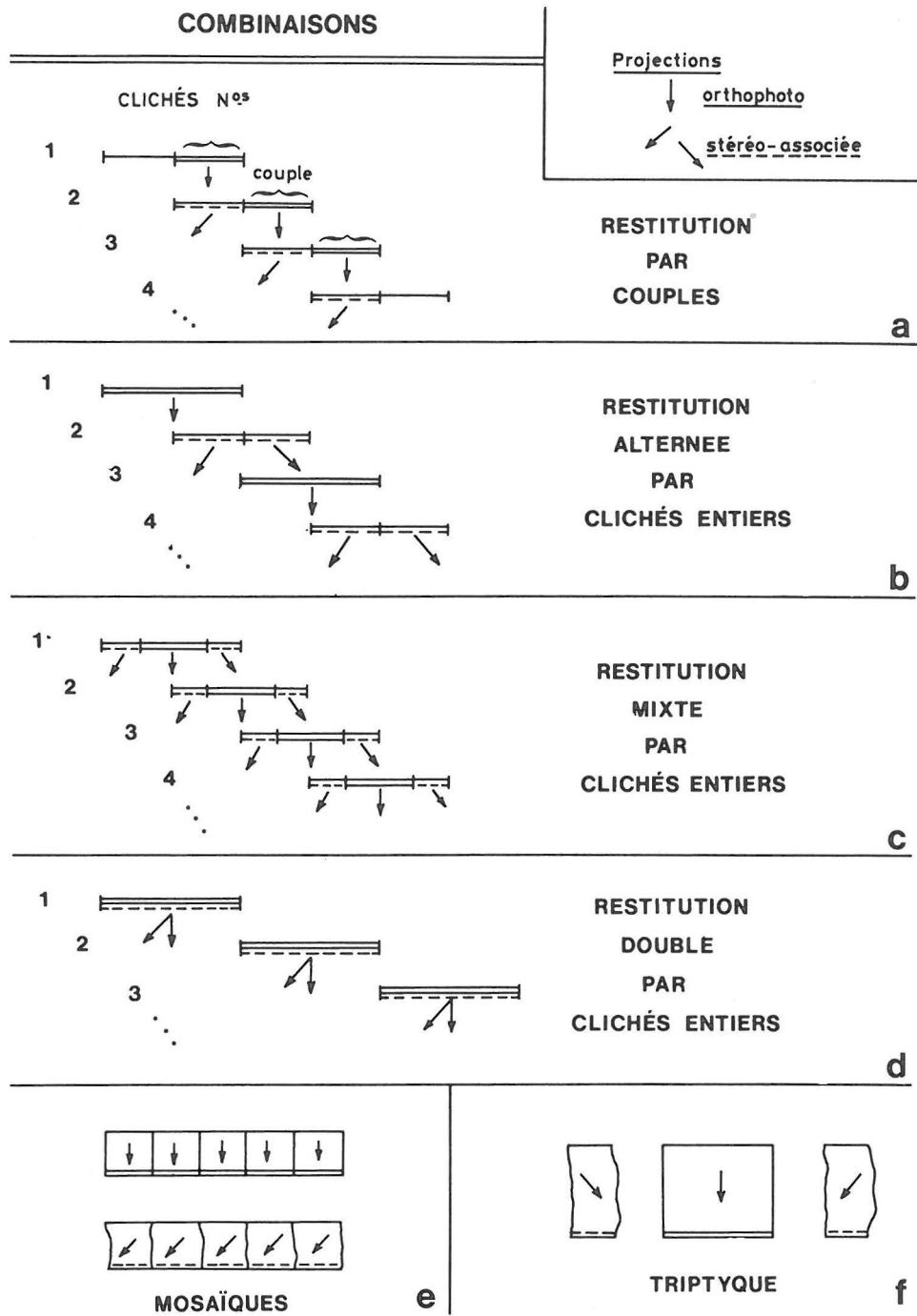


Figure 1

document qui reste malgré tout le principal, en lui réservant la portion centrale de chaque cliché et laissant les bords aux stéréo-associées. Elle apporte aux deux images finales, l'orthophoto et la stéréo-associée, des dégradations minimales de qualité, chacune étant en effet, par le biais de ce découpage, la plus proche des images initiales et par conséquent la moins déformée.

L'orthophoto s'y trouve tout entière réalisée avec des rayons perspectifs inclinés de  $- 33$  à  $+ 33^\circ$ , au lieu de  $+ 40^\circ$  dans la restitution par couples ou par clichés entiers, d'où une réduction de l'erreur planimétrique pouvant aller jusqu'à 25 % dans les coins ; 40 % de l'orthophoto au lieu de 20 % correspond à des inclinaisons inférieures à  $17^\circ$ . On peut estimer l'amélioration finale sur l'erreur moyenne quadratique en planimétrie à 21 %.

La restitution mixte par clichés entiers est un mode parfaitement adapté aux orthoprojecteurs automatiques en différé et à l'emploi des fichiers de MNT. Chaque cliché de la bande subit un traitement identique, sous le contrôle d'un programme spécial, à rédiger une fois pour toutes. Ce mode de restitution, qui ne semble pourtant pas encore avoir été utilisé, permettrait de porter les coefficients d'agrandissements de 5 x à 6 x, à qualité métrique égale, d'améliorer la qualité esthétique des raccords dans les assemblages d'orthophotos et d'y limiter les déversements des structures verticales.

Les autres combinaisons (fig. 1) présentent chacune leurs avantages : la restitution par couple est la plus simple et la seule réalisable en direct. Elle permet d'orienter la projection de l'associée toujours dans le même sens et de placer l'associée à gauche et l'orthophoto à droite de manière à dessiner plus commodément dessus. La restitution alternée par clichés entiers permet de travailler sur des orthophotos couvrant une surface plus grande, et de n'effectuer la stéréo-ortho que dans un 2e temps.

### 3) Essais en cours à l'IGN

Afin de tester les diverses applications possibles tant pour les besoins de l'IGN que pour ceux d'usagers extérieurs, des stéréo-orthophotos ont été réalisées en différé sur l'Avioplan Wild OR 1 de l'IGN, avec balayage en x, constitution des grilles d'après un programme de M. d'Autume, avec lois linéaires et/ou logarithmiques pour les parallaxes et en restitution par couples, de façon à constituer des montages où l'orthophoto soit à droite pour faciliter le dessin.

On peut citer les essais suivants :

3, 1) Réfection à 1 : 25 k : La feuille de Haguenau à 1 : 25 k a été refaite en planimétrie à partir de stéréo-orthophotos à 1 : 15 k issues d'une prise de vues à 1 : 30 k. On a dessiné les détails directement à l'encre noire sur un film positif adouci, vert, de l'orthophoto observée sous stéréoscope 2 x, sur table lumineuse. On a tiré une copie des traits sur film, en éliminant par filtrage le fond orthophoto. Après assemblage et réduction à 1 : 25 k on obtient un document planimétrique dont le complètement aura lieu cet été et qui après gravure sur couche, sera édité. On pourrait rendre plus opérationnel le processus par marquage des points d'appui sur l'orthophoto pour faciliter l'assemblage.

On pourrait aussi chercher à éviter le report sur couche par un processus de mise en signes conventionnels sur la planche même des traits noirs. Ce procédé serait alors avantageux pour la réfection planimétrique et altimétrique de plus grandes échelles (1 : 5 k) à partir des MNT à 1 : 25 k, dans des zones péri-urbaines accidentées (carte des Alpes-Maritimes) pour lesquelles l'orthophoto à 1 : 5 k risque d'intéresser également d'autres usagers.

### 3, 2) Révision :

Pour réviser la carte de base à 1 : 25 k on fait un appel croissant à l'orthophoto dans les zones péri-urbaines et/ou accidentées. En 1979 14 % de la révision fut exécutée de la sorte. Plusieurs chantiers sont prévus pour 1980. La seule limite au procédé est la production des orthophotos, que, pour la bonne économie du système, on oriente d'abord vers les zones où le document est attendu par d'autres usagers. La stéréo-orthophoto a été essayée (Corbeil, Le Havre) et a bien entendu donné satisfaction. La révision est donc un client naturel de cette technique.

### 3, 3) Essais décentralisés :

Divers essais sont en cours en liaison avec des usagers extérieurs. L'évaluation sera terminée fin 80. Mentionnons :

#### a) IGN/Montpellier

Des stéréo-orthophotos ont été étudiées à 1 : 5 k et 1 : 25 k (voire 1 : 10 k), sur une même zone, très accidentée, à partir de prise de vues respectives à 1 : 14,5 k et 1 : 60 k et avec le même MNT issu du 1 : 60 k.

La réduction des erreurs altimétriques a bien été constatée sur le 1 : 5 k (théorème de Collins). La précision atteinte, contrôlée sur 30 points cotés, est de l'ordre de 3 cmm (écart-type à l'échelle de la prise de vues). Ces documents se révèlent d'un grand intérêt en pédologie et en géologie pour les travaux de terrain. Ils permettent des mises à jour planimétriques (dépôts, gravières) d'orthophotos anciennes et offrent aux aménageurs routiers des compléments altimétriques utiles.

#### b) IGN et CETE/Bordeaux

Deux bandes de 4 couples à 1 : 30 k ont été stéréo-orthophographiées à 1 : 10 k pour l'étude du projet d'autoroute Toulouse-Albi par le SETRA/CETE, (évaluation de terrassements, saisies de données sur l'environnement). Des essais sont prévus au CETG/IGN pour restituer des fonds de plan topographiques à 1 : 2 k et 1 : 5 k.

#### c) IGN/Nancy et CETE/Metz

Divers essais sont envisagés pour les projeteurs routiers.

d) Des stéréo-orthophotos-élevations terrestres pourraient servir à suivre l'évolution d'objets (talus et terrains instables...).

### 3, 4) L'ortoster :

Afin de faciliter l'interprétation stéréoscopique et l'exploitation altimétrique partielle des stéréo-orthos, l'IGN a réalisé un appareil très simple, l'ortoster (7). Il se compose essentiellement d'un stéréo-zoom de grossissement 1 à 3 x, à miroirs, sous lequel se déplacent deux chariots de format utile 30 x 40 cm portant l'un, à gauche la stéréo-associée, l'autre à droite, l'orthophoto (fig. 2).

Cette disposition rend le dessin direct sur orthophoto plus commode mais n'est pas adaptée aux restitutions alternées ou mixtes par clichés entiers. La mesure se fait avec affichage et possibilité d'enregistrement des coordonnées  $x$ ,  $y$  de l'orthophoto à 0,1 mm près et de la parallaxe  $p_x$  à 0,01 mm près. Les ballonnets de pointé sont lumineux et réglables, ce qui facilite l'observation et les reports. Les premiers essais de Montpellier et Bordeaux se révèlent satisfaisants.

Des variantes pourraient s'envisager, par ajout de prismes de Dove et de crayons traceurs, ou avec un format utile double (60 x 80 cm).

De coûts limités et d'emploi commode, adapté aux besoins locaux, des appareils de ce genre sont indispensables pour promouvoir l'ortho et la stéréo-orthophotographie et en décentraliser les applications.

### 4) Applications spatiales

L'exploitation des prochains satellites stéréoscopiques (SPACELAB, SPOT) inclut le recours à l'ortho et à la stéréo-ortho. Des images telles que celles de SPOT, cylindro-coniques à faible champ ( $4^\circ$ ), à axe incliné de  $-26^\circ$  à  $+26^\circ$ , et à pixel 10 et 20 m, devraient pouvoir être facilement diffusées sous forme de stéréo-orthos restituées par scènes entières. Il conviendra de ne pas trop s'écarter des conditions de prises de vues afin de conserver la meilleure qualité d'image. On associera ainsi une image verticale ortho à une oblique, stéréo-orthophoto-restituée sous le même angle que lors de la saisie spatiale, voire sous un angle légèrement supérieur, mais orientée dans le même sens. D'autres géométries telles que celles du radar latéral imageur pourraient se prêter à de semblables traitements (9). On pourra ainsi visualiser par une stéréoscopie métrique des images multicateurs, multispectrales et multi-temporelles, de manière croisée en composites couleurs ou non. Les fichiers du relief (MNT) connaîtront ainsi de riches applications, favorisant massivement l'interprétation décentralisée des données spatiales. La corrélation avec d'autres phénomènes recensés dans des fichiers localisés pourra s'établir en créant des pseudo-stéréo-orthophotos, dans lesquelles la parallaxe stéréoscopique proviendra non des MNT mais des valeurs prises par une donnée du fichier. On a déjà utilisé cette possibilité au GDTA avec  $g$ , pour simuler une stéréo-orthogravimétrique dont les résultats sont spectaculaires pour la mise en évidence des liaisons entre les anomalies de  $g$  et la géologie (5). On pourrait suggérer aux 4 labos (Univ. de Vienne et Munich, ITC et IGN) qui se proposent de réaliser des stéréo-orthos avec SPACELAB de



# ORTOSTER I.G.N.

189.

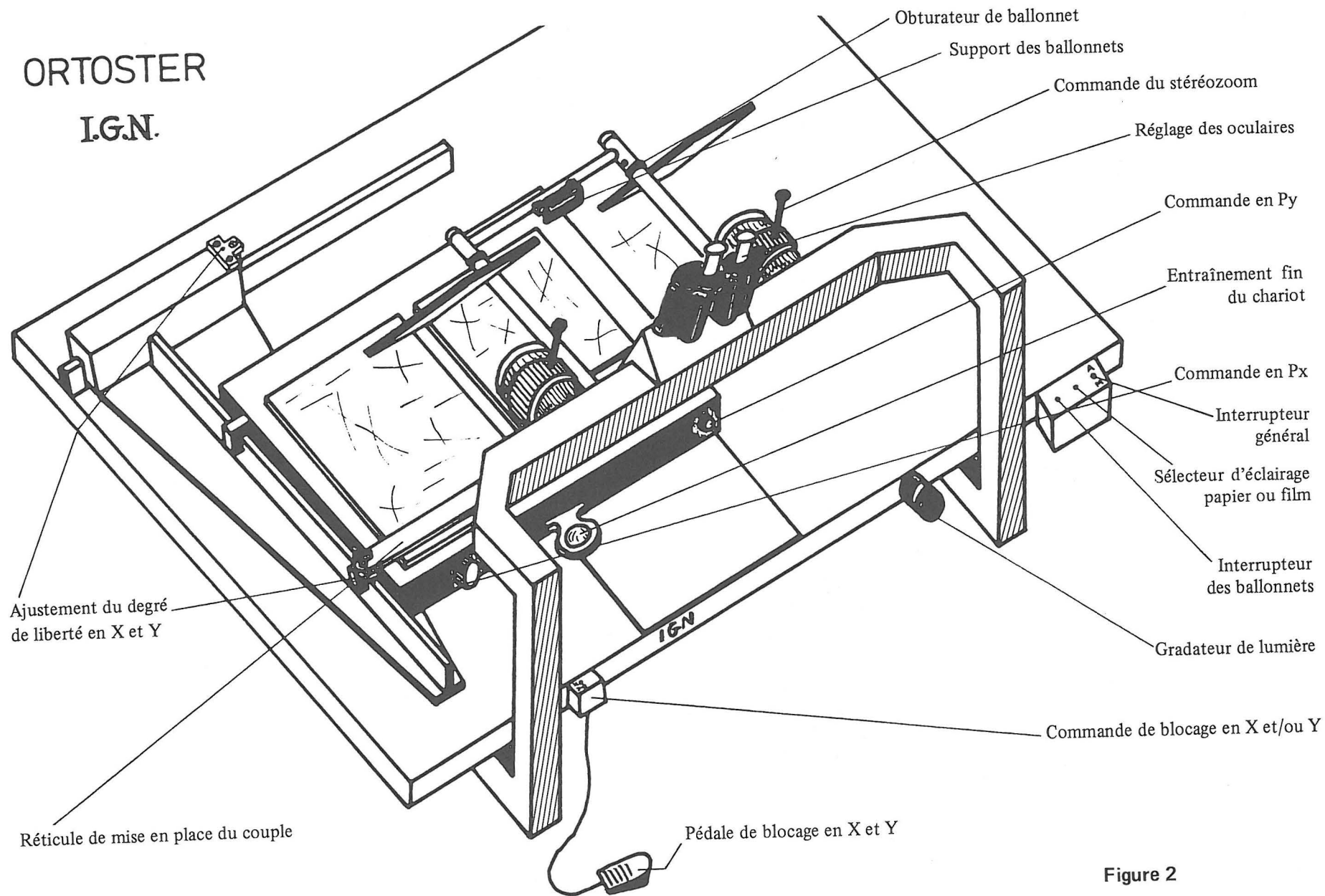


Figure 2

simuler des images analogues.

## 5) Conclusion

Des essais seraient à poursuivre, tant pour affermir les procédés de fabrication (études de balayage en x et y avec divers MNT et fentes...) et les rendre opérationnels. La stéréo-ortho ne coûte pas le double de l'ortho, même en différé où c'est le prix de confection des grilles/OR 1 à partir du fichier MNT qui est prépondérant. Des normes de confection et de présentation sont à édicter, divers produits à conseiller, diverses surcharges à suggérer (courbes de niveau issues de MNT et lissées...).

Des appareils d'exploitation simples et bon marché sont à mettre sur le marché.

On peut prévoir deux grandes directions de développement, l'une vers les petites échelles, grâce aux images spatiales à venir, l'autre vers les grandes échelles, pour la cartographie nouvelle ou révisée, les projets routiers, la géologie, l'aménagement, les forêts et peut-être l'industrie et l'architecture.

Des systèmes d'observation en lumière polarisée, analogues à celui du TRASTER de MATRA pourraient en favoriser également l'emploi. Le développement de l'informatique et des données numériques facilitera les traitements, avec restitution sur VIZIR.

Mais l'avenir du procédé reste pour l'essentiel entre les mains des usagers. Les photogrammètres ne peuvent qu'y aider.



## Bibliographie

---

- (1) S.H. Collins            Stereoscopic orthophoto maps.  
(The Canadian Surveyor - vol 22 - 1968  
n° 1).
- (2) Dr. T.J. Blachut      Considérations fondamentales sur la stéréo-  
orthophotographie et son état présent  
(journée stéréo-orthophotographie, IGN,  
20 septembre 1977).
- (3) Dr. K. Kraus           Digitally controlled production of orthos and  
stereo-orthos (symposium Com. IV SIP  
Ottawa 1978 et photogr. Eng. and Remote  
Sensing vol. 45, n° 10, Oct. 1979)
- (4) Marius C. Van Wijk   - Stereo-orthophoto-technique- Present and  
future (Am. Soc. of Photogr. mars 1979)
- (5) B. Fourcade           Stéréoscopie gravimétrique (thèse GDTA  
juillet 1979).
- (6) G. Ducher            Aperçu sur les caractéristiques de réali-  
sation des stéréo-orthophotos et les appa-  
reils stéréo-orthophotographiques  
(journée stéréo-orthophotographie, IGN  
20 septembre 1977 et Bulletin de la SFPT  
n° 70, 1978 -2 )
- (7) G. Ducher            Situation de la stéréo-orthophotographie  
(2° conférence carto. Région. ONU d'Amér.  
Mexico, Septembre 1979, et bulletin d'in-  
formation de l'IGN, n° 37, 1979/1)
- (8) U. L. W. Van Twembeke - La stéréo-orthophotographie, un  
outil puissant d'un usage universel (bulletin  
trimestriel de la Société Belge de photo-  
grammétrie n° 127-128).
- (9) G. de Masson d'Autume - Le traitement géométrique des ima-  
ges de télédétection (Bulletin de la SFPT,  
n° 74, 1979, 2).