

# UN NOUVEL INSTRUMENT POUR LA PHOTOGRAMMÉTRIE ANALYTIQUE.

Jean-Pierre BENOIST (GRENOBLE)

## I - INTRODUCTION

Le Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (LGGE) est confronté à de nombreux problèmes de cartographie, étude de morphologie glaciaire, évolution des surfaces englacées, mesure de vitesses d'écoulement dans des zones dangereuses ou inaccessibles tels séracs... L'ensemble de ces problèmes peut être traité par photogrammétrie. La gamme d'échelles utilisée au LGGE ( 1/10 000 et plus) est très éloignée de celle qui constitue le point d'intérêt de ce symposium. Cependant les problèmes en matière d'équipement sont sensiblement les mêmes.

La restitution d'un couple de clichés photogrammétriques peut s'opérer soit analogiquement, soit analytiquement. Lorsque la finalité du travail est d'établir un fond de carte, la restitution analogique est certainement la méthode la plus rapide. Par contre, si les données cartographiques doivent être traitées sur ordinateur, la restitution analytique est mieux adaptée car elle fournit les données sous forme digitale.

L'appareil de base d'un restituteur analytique est un stéréocomparateur dont la réalisation mécanique est simple. La précision de mesures des coordonnées photogrammétriques peut donc être supérieure ( $\sim 1 \mu\text{m}$ ) à celle d'un restituteur analogique ( $\sim 1/100 \text{ mm}$ ).

La restitution analytique permet d'introduire des corrections qui améliorent la qualité des résultats :

- données d'étalonnage de la chambre de prise de vue
- étalonnage du comparateur
- correction de distorsion des objectifs
- correction de réfraction...

Elle permet la restitution de couple pris dans toutes les conditions mêmes avec des axes très convergents.

Ce type de restitution connaît actuellement un développement important lié principalement à celui de l'informatique et des microprocesseurs. Leur prix est prohibitif pour les petites unités de recherche. C'est pour résoudre ses propres problèmes de cartographie que le LGGE développe une solution moins onéreuse.

## II - DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME

Pour minimiser les frais d'étude et de développement le restituteur a été réalisé en reliant des équipements déjà commercialisés. Le schéma de principe du système est fourni à la figure 1.

### 1 - Réalisation mécanique

La mécanique de base est celle du stéréocomparateur Steko 1818 fabriqué par Zeiss-Jena. Il permet l'exploitation de cliché de format maximum 180 mm x 180 mm.

Les caractéristiques principales sont les suivantes :

mvt.	course max en mm	espace entre 2 graduations	estim <sup>t</sup>
X	235	2/100 mm	1/100
Y	180	2/100 mm	1/100
Px	75	5 $\mu\text{m}$	2,5 $\mu\text{m}$
Py	10	1/100 mm	2,5 $\mu\text{m}$

La figure 2 représente le principe de mesure du Steko 1818. Le déplacement X est fourni à l'étage inférieur du chariot porte cliché, Px à l'étage supérieur du chariot porte cliché droit, le déplacement Y à l'ensemble du système optique (partie inférieure du dessin)

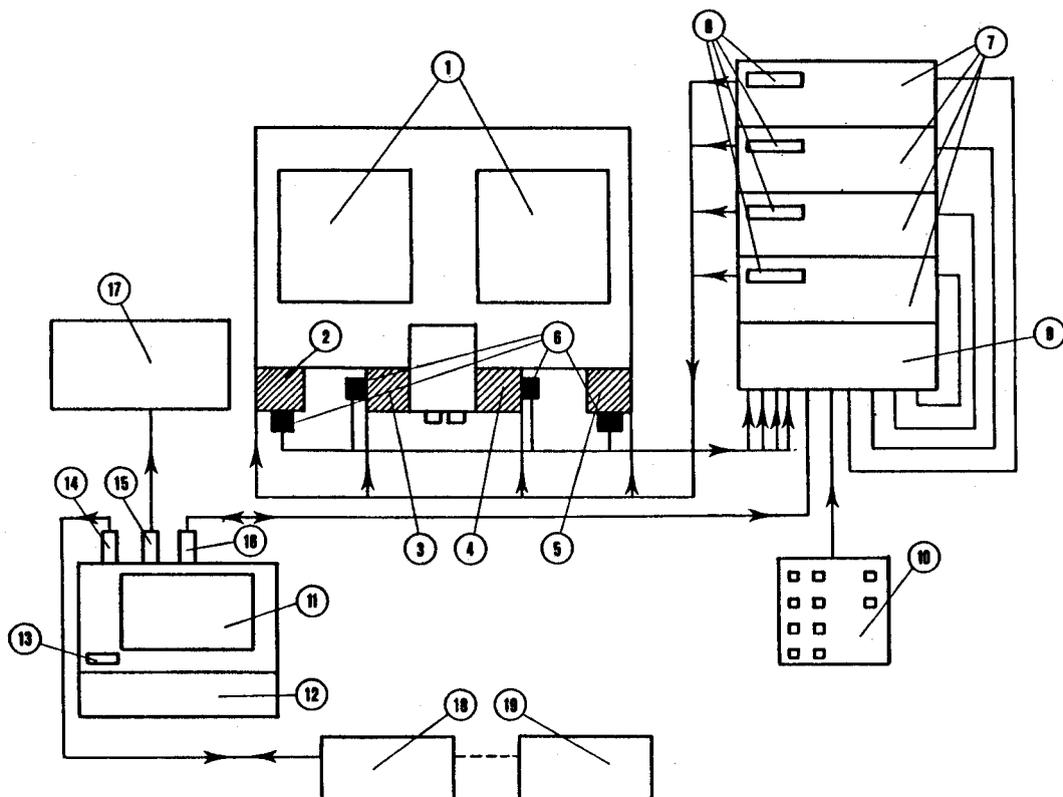


Fig.1.- Schéma de la configuration.

1: clichés - 2,3,4,5: moteur pas à pas ( $X$ ,  $Y$ ,  $P_Y$ ,  $P_X$ ) - 6: codeurs - 7: indexeurs - 8: affichage 9 chiffres - 9: multiplexage - 10: tableau de contrôle - 11: écran de visualisation - 12: clavier calculateur - 13 : lecteur de cartouche DC100 incorporé - 14, 15, 16: interfaces (HP-IB, 16 bits duplex, 16 bits duplex) - 17: table traçante Benson - 18: imprimante - 19: périphériques supplémentaires tels que floppies disk, lecteur, perforateur de ruban ...

Les flèches sur les câbles indiquent le sens de transit des informations.

et  $P_y$  à la partie droite du système optique.

Les 4 manivelles ont été remplacées par des moteurs pas à pas et des codeurs délivrant 400 impulsions par tour montés en bout d'arbre moteur. Un clavier permet de commander manuellement les clichés soit en vitesse lente, soit en vitesse rapide et de déclencher manuellement la séquence d'enregistrement.

## 2 - Electronique de commande

Les moteurs pas à pas, le tableau de commande sont reliés à des indexeurs fournis par la société ATAC. Les indexeurs réalisent l'affichage des coordonnées photographiques. Ils sont reliés à un calculateur de bureau HP 9835 de 64 Koctets de mémoire. Le langage est soit le langage BASIC soit l'assembleur. Ce calculateur comprend un écran de visualisation et un lecteur de cartouche

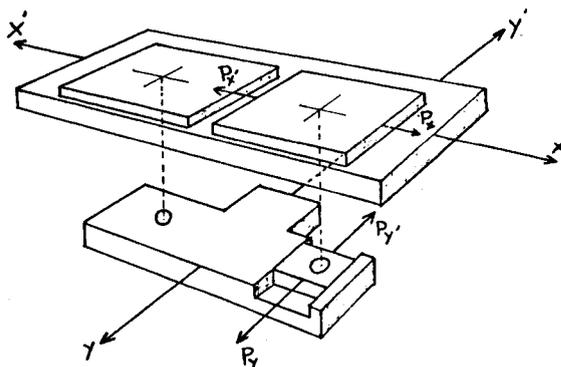


Fig.2.- Schéma mécanique du Steko 1818.

qui offre une capacité de stockage de 200 Koctets. La configuration comprend également une imprimante 80 caractères de large, 480 lignes par minute et une table Benson.

Cette description correspond à la configuration actuelle au LGCE. On peut changer facilement le type de l'ordinateur par un autre de la gamme HP: soit le 9845, soit le 9825T ou d'une autre gamme, mais ceci pourrait poser quelques problèmes au niveau des interfaces.

Le choix des périphériques est très grand : le calculateur peut supporter jusqu'à 9 interfaces permettant d'adjoindre tous les types de périphériques : horloges temps réel, floppies disk, lecteur perforateur de ruban...

### III - LES PROGRAMMES DE PILOTAGE

#### 1 - Rappels de photogrammétrie

La détermination des coordonnées d'un point en X, Y, Z sur le terrain nécessite la connaissance des coordonnées  $x_1, y_1$  sur le cliché gauche,  $x_2$  ou  $y_2$  sur le cliché droit et les paramètres

d'orientation relative et absolue.

La restitution d'un couple se déroulera donc en trois phases.

La phase préliminaire est la mise en place physique du couple sur les porte-clichés du stéréocomparateur. On aligne les axes du couple à ceux du restituteur et on remet à zéro les codeurs.

La phase d'orientation se déroule en deux parties. Dans la première on reconstitue la position relative des clichés dans l'espace au moment de la prise de vue : c'est l'orientation relative ou formation de l'image plastique. Pour cela il faut déterminer 5 rotations (2 pour le cliché gauche, 3 pour le cliché droit). On écrit que les rayons issus du point  $P_1$  et du point  $P_2$  passant respectivement par les centres de perspectives  $C_1$  et  $C_2$ , proviennent tous deux, du point P sur le terrain (fig.3). L'équation que l'on obtient est l'équation de colinéarité. Pour déterminer les 5 rotations inconnues il faut donc mesurer les coordonnées photographiques  $X_1, Y_1, X_2, Y_2$  de 5 points au minimum. Pour éliminer les erreurs éventuelles on procédera à plus de 5 mesures et on résoudra par la méthode des moindres carrés le système ainsi obtenu.

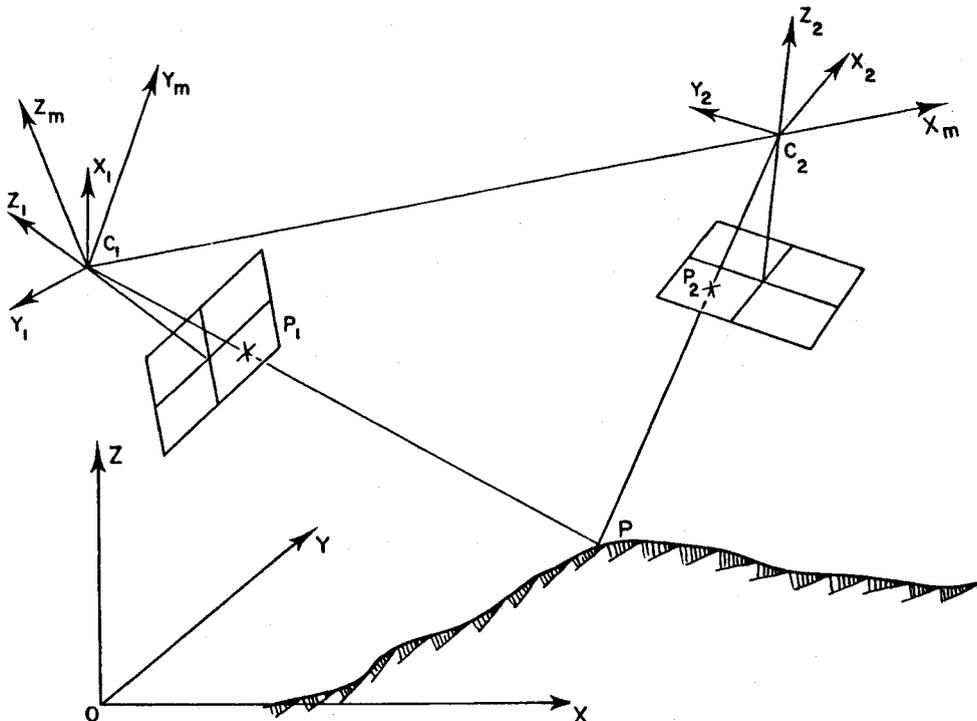


Fig.3.- Systèmes de coordonnées

$C_1X_1Y_1Z_1$  et  $C_2X_2Y_2Z_2$  : système de coordonnées photographiques  
 $C_1X_mY_mZ_m$  : système du stéréomodèle  
 OXYZ : système terrain dans lequel les points de calage ont été déterminés.

Lorsque l'orientation relative du cliché est réalisée on peut calculer les coordonnées  $X_m$ ,  $Y_m$ ,  $Z_m$  du point P sur l'image plastique. Reste à mettre en coïncidence les axes du modèle avec les axes du terrain et à réaliser la mise à l'échelle. Ceci nécessite 7 paramètres : 3 rotations, 3 translations, 1 facteur d'échelle. Il faut donc écrire sept équations liant les coordonnées  $X_m$ ,  $Y_m$ ,  $Z_m$  aux coordonnées  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  sur le terrain. On doit donc connaître au moins deux points en planimétrie et altimétrie et un point en altimétrie. A ce stade du calcul également, on procédera, si possible, en utilisant un plus grand nombre d'équations que d'inconnues. Pour plus de détails, on pourra se reporter au manuel de photogrammétrie de H. BONNEVAL.

La dernière phase est la phase de restitution proprement dite. Plusieurs méthodes de travail peuvent être adoptées en fonction de la nature de la restitution demandée : semis de points plus ou moins régulier, profil, courbe de niveau.

## 2 - Description du système de pilotage

L'ensemble des programmes est sauvegardé sur une cartouche. Les programmes sont chargés automatiquement dans le calculateur en fonction de l'avancement des travaux si bien que l'opérateur n'a pas besoin de connaître la programmation du calculateur pour restituer un couple. A la mise sous tension, un programme superviseur est chargé et donne les indications nécessaires à l'opérateur.

Le système comprend les programmes de restitution et des programmes annexes.

Les programmes de restitution sont de deux types : des programmes de calcul pour l'orientation des couples et des programmes de pilotage du stéréocomparateur pour l'acquisition des points, le report à la table traçante, le suivi des profils... Les programmes de pilotage sont écrits en assembleur.

Les programmes annexes comprennent des programmes d'édition pour la création, la modification ou la correction des fichiers de données, un ensemble de programmes basés sur la méthode de FRITZ (1973 a et b) pour l'étalonnage du comparateur, et un programme assurant

simplement l'enregistrement des coordonnées photographiques pour des applications particulières.

Ce système n'est pas figé et on peut adjoindre les programmes de calcul topographiques nécessaires à la détermination des points de calage mais aussi des programmes de tracé de courbes de niveau.

## CONCLUSION

Cet appareil permet la restitution cartographique des clichés de toutes provenances et de toutes focales. Il permet donc de réaliser des mesures sur des couples issus d'expérience de laboratoire aussi bien que de prise de vue de terrain : photographie aérienne à haute ou basse altitude, photographie terrestre.

Dans le domaine de la photo-interprétation, il pourrait être un auxiliaire très précieux pour reporter les contours de zones de végétation et établir des cartes par des moyens informatiques.

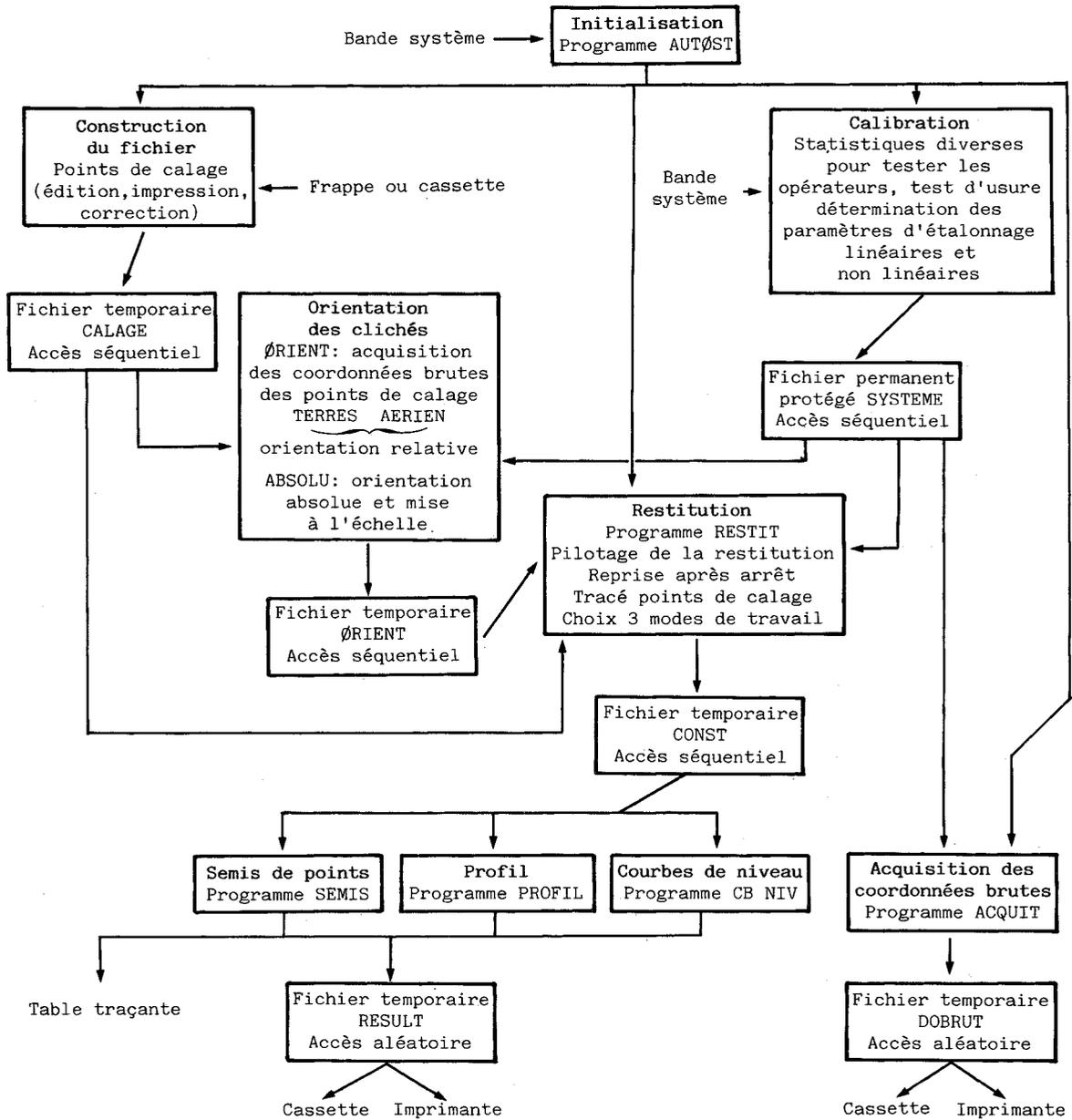
L'adjonction au tableau de commande d'un clavier alphanumérique pourrait permettre à l'opérateur d'introduire des codes correspondant aux résultats de son interprétation. Les données digitalisées pouvant ensuite être traitées directement par des programmes statistiques (composantes principales ...).

## BIBLIOGRAPHIE

- Morris M. THOMPSON. American Society of Photogrammetry (1965). Manual of photogrammetry (third edition) T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>.
- BONNEVAL (H.), 1972.- Photogrammetric general, tome 2, Eyrolles, Paris.
- INGHILLERI (G.), DEQUAL (S.), FERRI (W.), MAGI (A.), REDI (D.), 1974.- Le stéréo-cartographe digital un nouveau restituteur analytique. Société Française de Photogrammétrie, n°54, p.20-52.
- FRITZ (L.W.), 1973a.- Complete comparator calibration. NOAA Technical n°57.
- FRITZ (L.W.), 1973b.- A complete comparator calibration program. Photogrammetria V29, n°4, p. 133-149.

---

RESUME.- L'intérêt de la restitution analytique n'est plus à démontrer lorsque l'on désire traiter des informations cartographiques par ordinateur. Le coût d'achat élevé du matériel moderne est souvent prohibitif pour les petits instituts de recherche. A partir de matériel photogramétrique et informatique existant sur le marché, le Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement développe actuellement une solution abordable pour des instituts de petite taille. On présentera l'instrumentation et le software. On discutera également des possibilités offertes par ce matériel en matière de photointerprétation.



Université Scientifique et Médicale de Grenoble  
 Laboratoire de Glaciologie et de Géographie de  
 l'Environnement  
 2, rue Très-Cloîtres  
 38041 GRENOBLE cedex (France)