

LA LIGNE-FLOTTANTE: PRINCIPE ET APPLICATIONS

Sanjib K. Ghosh et Michel Boulianne
Département des sciences géodésiques et de télédétection
Université Laval, Pavillon Casault, Ste-Foy, Qc
G1K 7P4

Commission V

Groupe de travail (3)

RÉSUMÉ

Un nouvel appareil photogrammétrique, introduisant le concept de la ligne-flottante et utilisant la technique d'auto-calibrage, est présenté. On y traite principalement d'une application en neurochirurgie réduisant les risques d'hémorragies lors de l'introduction des sondes cérébrales. Deux applications non médicales sont aussi brièvement abordées.

ABSTRACT

A new photogrammetric device, introducing the concept of a floating line and using the self-calibration technique, is presented. A neurosurgical application reducing the risk of heamorrhage is mainly discussed. Two non-medical applications are also briefly presented.

INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années le point-flottant est couramment utilisé en photogrammètrie. En fait il est devenu omniprésent dans tous les stéréorestituteurs qu'ils soient analogiques ou analytiques. Il permet, comme on le sait, de quantifier un modèle stéréoscopique soit par coordonnées, par courbes de niveau ou par profils. Cependant, dans certains cas, la marque-flottante peut ne pas représenter l'outil idéal d'évaluation d'un modèle stéréoscopique. Par exemple, pensons au problème fréquemment rencontré en géodésie ou topométrie, soit l'intervisibilité. Lorsque l'on planifie l'établissement d'un nouveau réseau géodésique par méthodes conventionnelles (angles et distances, angles et angles, etc.), on doit s'assurer que chacun des repères sera visible d'au moins un autre point. Généralement le planificateur fait appel à des formules mathématiques pour vérifier s'il y a ou non intervisibilité. Si l'on recourait à un modèle stéréoscopique pour statuer sur l'intervisibilité à l'intérieur d'une polygonale, le point-flottant ne pourrait fournir directement l'information recherché. Par contre, une droite simulant la ligne de visée et pouvant se déplacer librement dans le modèle stéréoscopique serait d'une grande utilité. En effet, cette "ligne-flottante" pourrait se positionner spatialement de façon à ce qu'une extrémité repose sur un nouveau repère à établir et l'autre, sur un point déjà connu. Dès lors, grâce aux pouvoirs de la vision stéréoscopique, il serait possible de détecter la présence d'obstacles sur la ligne de visée. Ce n'est là qu'un exemple d'utilisation de la ligne-flottante autour de laquelle gravite l'essence de cet article.

PRINCIPE ET MÉCANISME

Pour créer l'illusion stéréoscopique d'une ligne-flottante il suffit de relier deux points-flottants. Cependant cette affirmation soulève un certain défi mécanique. Après investigation de plusieurs solutions, on a retenu le mécanisme illustré par la figure 1. Il consiste principalement en un système de disques transparents déposés sur les clichés d'un couple stéréoscopique. Chacun des disques porte, gravée de façon radiale, une ligne. Ces disques peuvent pivoter à l'intérieur de cadres transparents. Ces derniers ont la possibilité de glisser, indépendamment l'un de l'autre, le long d'une règle de base. Quant à elle, la règle peut se déplacer parallèlement sur le couple stéréoscopique.

En vision stéréoscopique, si l'on modifie la distance entre les disques, la ligne-flottante se rapproche ou s'éloigne de l'observateur. Si l'on effectue des rotations sur ces disques, la ligne pivote autour du point au centre des disques. Ainsi, grâce à ces manipulations simples, l'observateur peut positionner et orienter une droite partout à l'intérieur d'un modèle. Une demande de brevet a été déposée pour ce système aux États-Unis le 29 avril 1985 (no 728 277).

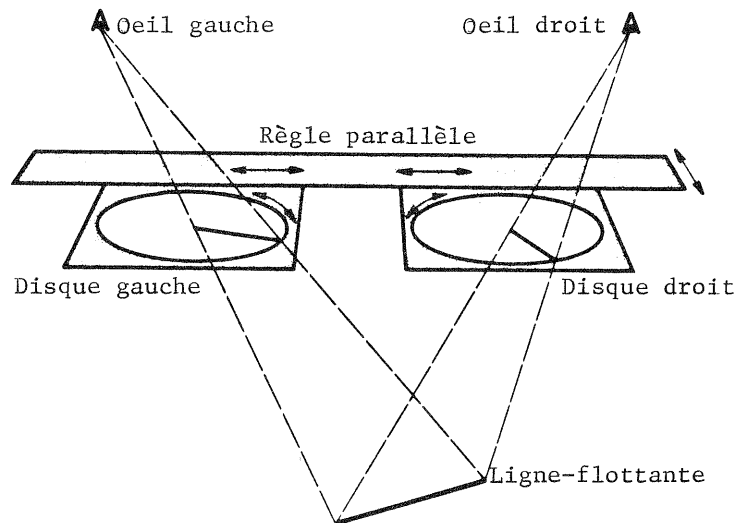


Figure 1

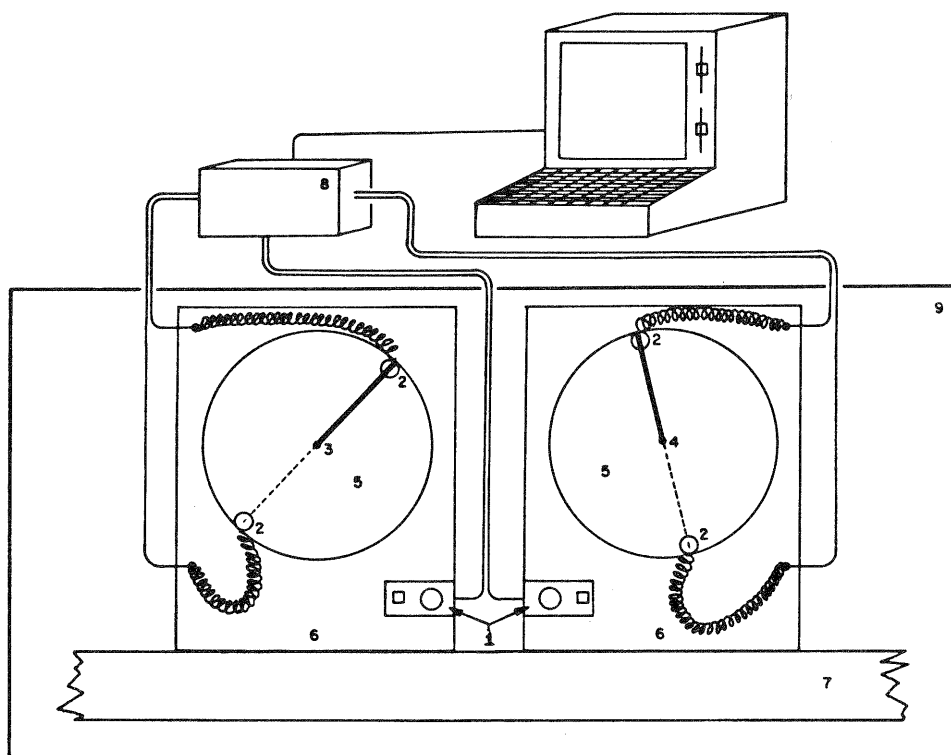
Mécanisme de la ligne-flottante
(en instance de brevet no 728 277)

Remarque: pour fins d'illustrations, on considère que l'observation est convergente.

TRAITEMENT PHOTOGRAMMÉTRIQUE

Une fois la ligne-flottante placée à l'endroit voulu, on procède à la détermination de son emplacement spatial précis. Pour ce faire on fait appel à une technique de pointe en photogrammétrie analytique, soit l'auto-calibrage. Cette technique permet de transférer la position de la ligne sur les clichés, en une position spatiale. Grâce à l'auto-calibrage, la connaissance des paramètres définissant la géométrie et le comportement de l'appareil de prises d'images est superflue. En fait l'appareil à projection centrale est calibré simultanément à la mesure d'un objet. Les seules observations véritables sont les coordonnées-images de points de calibrage (points approximatifs de contrôle) et celles des points à localiser dans l'espace. Kenefick, Gyer et Harp (1972) furent les premiers à véritablement promouvoir cette technique.

La ligne-flottante est localisée par la technique d'auto-calibrage à partir de la détermination des coordonnées spatiales de deux points appartenant à la droite. La mesure des coordonnées-images de ces deux points s'effectue grâce à des curseurs, disposés sur la ligne tracée sur les disques, jumelés à une table numérisante sur laquelle reposent les clichés (voir figure 2). Un micro-ordinateur relié à la table numérisante réalise automatiquement le traitement photogrammétrique.



- 1: curseur avec loupe (4x)
- 2: bobinage pour l'enregistrement de la position de la ligne-flottante,
- 3: image gauche du point-cible,
- 4: image droite du point-cible,
- 5: disque transparent,
- 6: plaque de support des disques,
- 7: règle parallèle,
- 8: unité d'aiguillage électronique,
- 9: table numérisante.

Figure 2

Détails du système d'enregistrement des coordonnées radiographiques.

APPLICATION NEUROCHIRURGICALE

En neurochirurgie, le besoin d'introduire des sondes à l'intérieur du cerveau d'un malade se manifeste fréquemment. Ces sondes servent généralement pour les biopsies, les traitements de chimiothérapie ou l'analyse de l'activité électrique cérébrale. Lors de l'introduction de ces outils chirurgicaux, fins et rectilignes, le médecin doit éviter la rupture d'importants vaisseaux sanguins. Sinon, une hémorragie cérébrale, avec tous les dangers que cela comporte, en résulterait.

Présentement les neurochirurgiens sont forcés, faute de moyens, d'implanter les sondes cérébrales suivant la seule direction perpendiculaire au profil de la tête. Depuis longtemps ces personnes rêvent de se libérer de cette contrainte et, de ce fait, pouvoir atteindre n'importe quelle zone du cerveau, suivant n'importe quelle direction souhaitable.

De l'avis des auteurs, l'utilisation de la ligne-flottante est toute indiquée dans ce cas précis (Boulianne, 1986; Ghosh et Boulianne, 1984). En effet, la ligne-flottante

peut servir à repérer les passages libres de vaisseaux sanguins, rendant ainsi sécuritaire l'introduction de sondes. Le modèle stéréoscopique montrant le réseau sanguin en trois dimensions s'obtient à l'aide de deux radiographies conventionnelles.

Après avoir mis à l'épreuve cette technique sur des maquettes métalliques simulant des vaisseaux sanguins, on a répété l'expérience sur un véritable réseau sanguin cérébral (voir figure 3). Le taux de succès global obtenu était près de 100%. L'équipe médicale, très satisfaite des résultats, envisage utiliser cette technique photogrammétrique sur un premier patient dans un avenir très rapproché.

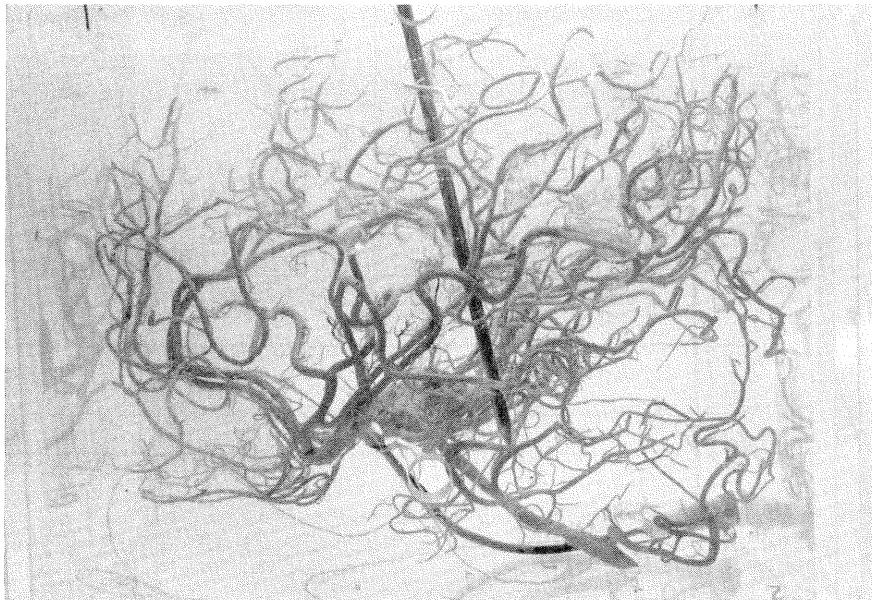


Figure 3

Sonde implantée dans un
réseau sanguin cérébral.

INTERVISIBILITÉ

Comme mentionné dans l'introduction, la ligne-flottante peut aussi servir à poser un jugement préliminaire sur l'intervisibilité entre deux points géodésiques. Evidemment, de par la construction même de la ligne-flottante, elle ne peut se courber pour épouser l'allure de la ligne de visée sous l'effet de la réfraction atmosphérique. Cependant, cet effet revêt un caractère négligeable pour des réseaux de moyenne étendue. Plusieurs essais ont été réalisés sur un secteur très dense en points géodésiques (champ d'essais photogrammétrique de Sudbury). L'expérience consistait à poser une opinion sur l'intervisibilité entre deux points à l'aide de la ligne-flottante et de vérifier la véracité du jugement grâce à un profil du terrain. Un taux de succès de 100% a été obtenu. La figure 4 montre un exemple.

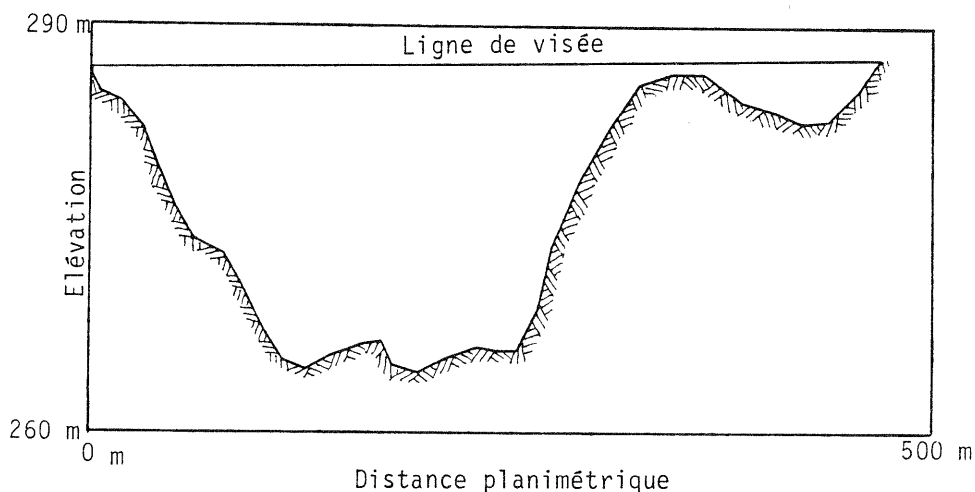


Figure 4

Intervisibilité.

REMBLAIS-DÉBLAIS

Dans certains terrains il peut être avantageux de planifier l'emplacement et l'orientation spatiale d'une route de façon à ce que le matériau à enlever puisse combler les endroits où il en manque. Voilà encore une autre application potentielle de la ligne-flottante. La figure 5 présente un exemple d'égalisation des remblais-déblais grâce à la ligne-flottante. Evidemment cette solution est approximative mais n'est pas pour autant à rejeter.

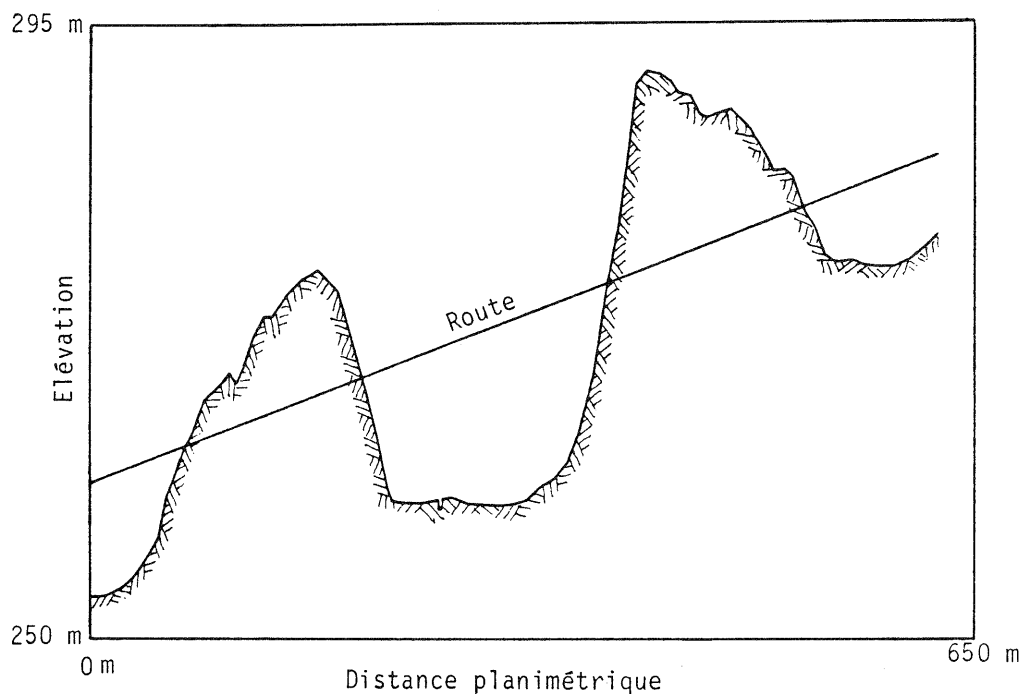


Figure 5

Remblais-déblais

CONCLUSION

Lors de l'évaluation quantitative d'un modèle stéréoscopique, la ligne-flottante peut, dans certains cas, remplacer avantageusement le point-flottant. En fait tout problème impliquant la mesure ou la simulation d'une structure rectiligne dans un espace donné, peut se traiter à l'aide de la ligne-flottante. La seule exigence requise est de disposer d'un couple stéréoscopique, qu'il soit photographique, radiographique ou issu d'un autre type d'imagerie perspective. Nous pensons que la ligne-flottante, comme présentée dans cet article, devrait mériter une juste place en photogrammétrie.

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier sincèrement, pour leur assistance précieuse, les personnes suivantes: Dr Louis Cloutier et ses collaborateurs au département de Génie mécanique de l'Université Laval, Dr Guy Bouvier et ses collaborateurs à l'Hôpital Notre-Dame de Montréal. Cette étude a été rendue possible grâce au soutien financier du Conseil National de Recherches du Canada (Bourse No A-1177), du Fond pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche (FCAR) et enfin, du Fond de Soutien au Doctorat de l'Université Laval de Québec.

BIBLIOGRAPHIE

- ARSENAULT, P.M., M. BOULIANNE, L. CLOUTIER, S.K. GHOSH, P. LABISSONNIÈRE, P. MARCOTTE, D. NGUYEN. *Simulator for use, as a neurosurgical aid, in determining potential paths for the implantation of probes through the human body.* Demande de brevet américain, No 728 277, déposée le 29 avril 1985.
- BOULIANNE, M. *Les rayons-X, l'auto-calibrage et la ligne-flottante utilisés dans un nouvel appareil photogrammétrique.* Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 1986.
- GHOSH, S.K., M. BOULIANNE. *X-Ray photogrammetry and floating lines in support of neurosurgery.* Archives internationales de photogrammétrie et de télédétection, Brésil, 1984.
- KENEFICK, J.F., M.S. GYER, B.F. HARP. *Analytical self-calibration.* Photogrammetric Engineering, 38/11, pp. 1117-1126, 1972.