

PANORAMA DE L'INSTRUMENTATION MODERNE EN TOPOGRAPHIE

Michel KASSER, IGN, Ingénieur Géographe



I — Introduction

Nous commencerons par analyser la place de la topométrie terrestre parmi les méthodes modernes d'acquisition de données géographiques telle que la photogrammétrie.

Tout d'abord, les méthodes de topométrie de terrain restent privilégiées sur des chantiers de petites et moyennes dimensions pour lesquelles la photogrammétrie est mal adaptée. Par ailleurs, elles sont indispensables chaque fois que l'on recherche une précision élevée (la photogrammétrie ne permet pas des précisions ultimes équivalentes).

De plus, les méthodes topométriques permettent une excellente rapidité de réponse face à un problème posé, non comparables à d'autres méthodes : un chantier décidé le matin peut être achevé en fin de journée.

Un autre aspect des méthodes de topométrie réside dans le prix de revient des chantiers observés. Les méthodes topométriques entraînent des coûts fixes peu élevés et un prix par point en général plus important que l'équivalent en photogrammétrie pour laquelle les frais fixes, par contre, sont très importants (mise en place d'un avion, emploi d'appareils de restitution).

Enfin, une dernière différence majeure, mais qui est au désavantage de la topométrie, réside dans la différence de performance d'accessibilité sur le terrain. En effet, la photogrammétrie permet de réduire l'accès au terrain à des zones peu nombreuses et peu critiques (stéréopréparation). Par contre, l'emploi de méthodes topométriques implique l'accessibilité en tous les points du terrain, même si cette nécessité n'est pas appelée à se maintenir forcément très longtemps (mesures sans contact).

II — Des méthodes qui évoluent

Il est clair que la photogrammétrie est une technique qui évolue beaucoup depuis quelques années (restituteurs

analytiques depuis une décennie et à présent utilisation d'opérateurs de corrélation automatique pour assister l'opérateur).

Par ailleurs, les méthodes de positionnement en général ont beaucoup bénéficié des évolutions technologiques liées à des besoins militaires, l'exemple le plus connu aujourd'hui étant le positionnement GPS qui est devenu opérationnel à des coûts accessibles. De manière générale, les méthodes spatiales, grâce à des financements d'origine militaire dans la plupart des cas, sont appelées à fournir une grosse partie des activités de positionnement. Face à cette situation, les méthodes de topométrie modernes n'ont plus derrière elles, et depuis longtemps, le soutien des budgets militaires. Elles ont cependant beaucoup évolué et ceci malgré l'étroitesse du marché (notre communauté représente un ensemble économiquement peu important des activités nationales).

Grâce au regroupement de la majeure partie des industriels concernés, cette évolution s'est faite dans les sens suivants :

- Plus de précision : ce n'est pas le trait le plus marquant, mais il convient de noter le nombre grandissant d'appareils de très grande précision à des prix abordables qu'il y a sur le marché aujourd'hui (par exemple, en mesure de distances, des instruments comme le WILD DI 2000, le KERN Mekomètre, le GEOMENSOR de COMRAD, les théodolites E2, T 2000 et ELTA 2).

- Plus de facilité de mise en œuvre (en particulier grâce à des méthodes de lecture automatique pour les théodolites) permettant d'obtenir une information numérique dès le début des travaux, ce qui permet ensuite une transmission exempte de fautes.

- Plus d'automatisme, ce qui facilite la tâche des opérateurs ainsi que leur formation. Il est en effet requis de la part du technicien de terrain de moins en moins d'attention à la mise en œuvre des instruments. Ainsi, certains théodolites électroniques ont une compensation automatique du défaut de verticalité de l'axe principal. De même, les niveaux automatiques ont atteint un niveau de fiabilité et de précision tel que les niveaux non automatiques sont devenus complètement obsolètes, sans aucune perte de qualité, et avec un meilleur confort de travail pour l'opérateur.

- Une décroissance appréciable des prix d'achat de ces matériels à fiabilité équivalente malgré l'utilisation croissante d'électronique dans une structure qui, traditionnellement, n'utilisait que de l'optomécanique. Grâce à l'introduction tardive de l'électronique sur le terrain, les usagers n'ont pas connu les périodes où l'accroissement de l'automatisation se faisait au détriment de la fiabilité, période où le nombre de pannes électroniques était très élevé.

III — Evolution récente

Nivellement

En nivellement de précision, la limitation de base est toujours la réfraction atmosphérique. Par ailleurs, la mauvaise connaissance que nous avons de la forme exacte du géoïde ne permet pas l'emploi des matériels de géodésie spatiale. Donc le nivellement de précision reste atta-

ché de manière obligatoire aux méthodes de topométrie terrestre. Les progrès faits depuis quelques années ont concerné tout d'abord le nivellement motorisé, mis en œuvre en RDA et surtout en Suède, et désormais employé à travers le monde et en particulier à l'IGN. Cette méthodologie permet des gains de productivité appréciables et une bonne amélioration de la précision et de la sécurité lors du travail le long des axes routiers.

Depuis quelques années, le nivellement trigonométrique motorisé (NIPREMO), basé sur l'emploi de deux théodolites en visées réciproques et simultanées, a permis des gains de productivité supplémentaires appréciables. Cette méthode commence à se répandre et représente ce que l'on peut faire de plus rapide aujourd'hui comme processus de nivellement sur le terrain.

Dans le droit fil de cette évolution, nous noterons le lancement il y a deux ans du RPLS (Rapid Precise Levelling System) gros programme international (USA, Canada, Finlande) pour améliorer encore la productivité du nivellement de grande précision. Ce programme, traité par WILD, a conclu à la nécessité de développer un réfractomètre de terrain pour compléter des mesures de type NIPREMO. Le but est de s'affranchir au mieux des phénomènes de réfraction atmosphérique tout en développant une méthodologie permettant une automatisation complète.

Les besoins aujourd'hui sont essentiellement d'obtenir du nivellement moins cher (donc plus rapide ou plus automatisé). Il existe aussi un besoin important pour une amélioration de la précision, mais ce besoin est généralement non exprimé aujourd'hui car la plupart des donneurs d'ordre n'ont pas conscience du bénéfice qu'ils pourraient en tirer.

Notons enfin que l'électronique de terrain commence aussi à faire son apparition dans les niveaux de précision, ce qui est un signe des temps... (Zeiss RFA).

Mesures de distances

Comme nous l'avons dit précédemment, il existe sur le marché plusieurs instruments de grande précision et pas forcément très onéreux (MEKOMETRE, DI 2000, GEOMENSOR CR 204). La précision disponible est aujourd'hui uniquement limitée là aussi par la réfraction atmosphérique. Ces instruments offrent une résolution de 0,2 mm, mais l'erreur proportionnelle est limitée à un millimètre par kilomètre, uniquement parce que l'on ne sait pas mesurer facilement l'indice de l'air à un meilleur niveau de précision.

Un autre point important de l'évolution des appareils de distances est lié à la venue sur le marché d'une nouvelle technologie de mesure (par diodes laser pulsées) qui permet de faire des mesures sur courtes distances sans réflecteur (selon les matériels, jusqu'à une centaine de mètres avec une précision centimétrique). Probablement dans les années qui viennent, comme contrepartie du développement de télémètres militaires pour fantassins, des instruments de portée beaucoup plus importante, sans danger pour les yeux, vont voir le jour. Les mesures de distance sans réflecteur sont encore aujourd'hui très sous-employées dans notre milieu et bénéficieront sans doute de l'introduction récente sur le marché de théodolites motorisés, ceci malgré le coût élevé de ces stations. En effet, le montage ainsi obtenu permet de lever de manière complètement automatique des zones de terrain importantes, et ceci devrait trouver son emploi dans les mesures de cubatures, bien plus que ce n'est le cas aujourd'hui.

Mesures d'angles

Les théodolites électroniques de très grande précision existent maintenant depuis près de cinq ans. Des instru-

ments de moindre précision (un milligrade) sont fabriqués par de nombreux industriels aujourd'hui à des prix tout à fait compétitifs. Ils se sont donc répandus dans la profession de manière rapide. Depuis peu de temps, les théodolites de grande précision existent sous une forme motorisée, c'est-à-dire que le théodolite peut être orienté par un calculateur pour viser de manière automatique différentes cibles. Ceci a ouvert de nouvelles voies dans le domaine de la métrologie industrielle des objets de dimension moyenne (quelques mètres) pour lesquels la photogrammétrie était jusqu'ici la seule solution malgré le manque de précision (il est souvent demandé mieux que le dixième de millimètre et la photogrammétrie peut difficilement donner mieux que le millimètre).

Il est trop tôt pour juger de l'impact qu'auront dans notre profession ces théodolites motorisés, mais il est probable que leur utilisation ne sera prise en compte que lentement, car nos professions sont très traditionalistes.

Méthodes tridimensionnelles

La plus connue de ces méthodes fait appel au système GPS et permet de mesurer les coordonnées X,Y,Z d'un point, de manière indépendante du réseau existant sans trop de difficultés (voir exposé de C. Boucher).

L'autre méthode qui va sans doute reprendre de l'importance est la méthode de lever inertiel. En effet, au petit groupe de fabricant de centrales inertielles déjà en place sur le marché depuis une vingtaine d'années (LITTON HONEYWELL, FERRANTI) vient de s'ajouter un nouvel arrivant qui propose un système extrêmement ouvert et facile d'emploi pour des usagers spécifiquement topographes (SAGEM). Les leviers inertiels sont particulièrement adaptés pour l'obtention de données le long d'un axe susceptible d'être parcouru en voiture et l'existence d'un matériel maniable risque de révolutionner ce type de lever, malgré le coût élevé de l'équipement. Par contre, les méthodes spatiales sont plus adaptées pour des grands réseaux.

La précision pour un aller-retour, sur des essais en Suède, peut atteindre 0,5 m sur 50 km entre points connus, et moins de 0,1 m pour 2 km.

Méthodes de calcul

Aujourd'hui de nombreux logiciels de compensation permettent à tout un chacun de tirer un profit maximum de la précision des observations. Mais c'est une situation récente, et dont il faut être conscient : jusqu'ici, les calculs étaient le point faible des travaux courants. Par comparaison, il devient très facile d'estimer correctement a posteriori les erreurs de détermination lors de leviers précis. Par ailleurs, les géophysiciens ayant beaucoup d'intérêts dans ce secteur, de bonnes méthodes de représentation des déformations dans un réseau géodésique sont aujourd'hui disponibles pour les études de stabilité, glissements de terrain et ouvrages d'art (enseigneurs de déformation).

IV — Conclusion

L'irruption sur le marché des méthodes de positionnement spatial n'est probablement pas appelée à bouleverser profondément la topométrie. Elle va sans doute participer à une baisse des prix des méthodes photogrammétriques (emploi d'un GPS dans l'avion photographe). Mais, en topométrie classique, on a besoin de méthodes très rapides et le gros de la demande se fait pour des petits chantiers pour lesquels on ne peut supporter des frais fixes importants.

Par ailleurs, la demande habituelle exige des précisions qu'encore pour longtemps, seule la topométrie terrestre va pouvoir offrir.

Parions donc que nos activités sur le terrain, en contact direct avec la réalité et donc subjectivement si attirantes, ne sont pas prêtes à disparaître. L'évolution des matériels va depuis toujours dans le sens d'une facilité croissante d'emploi, et ceci de plus en plus rapidement. Nous nous en réjouissons, car cela prouve la grande vitalité de nos professions et du secteur industriel qui s'y rattache.

Mais n'oublions pas que ces évolutions nouvelles redimensionnent régulièrement le bagage technique optimal

que l'on peut attendre de nos ingénieurs et techniciens. Si la manipulation d'instruments devient de moins en moins exigeante, par contre le traitement de données demande de plus en plus de savoir-faire et de curiosité intellectuelle. Le spécialiste de la mesure doit se compléter d'un spécialiste du traitement de ces mesures, son art se résume à optimiser les acquisitions de terrain et à analyser correctement le précision du résultat : **ce deuxième volet est la grande nouveauté de cette fin de siècle.**

PRISES DE VUES AERIENNES