

POUR UNE RÉNOVATION DE L'ARRÊTÉ DU 21 JANVIER 1980 RELATIF AUX TOLÉRANCES APPLICABLES AUX LEVÉS À GRANDES ÉCHELLES

Par Michel Kasser

Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes - CNAM



I- INTRODUCTION

L'arrêté de 1980 ⁽¹⁾ a été publié après de longs travaux préliminaires (près de dix ans, dont environ deux uniquement pour promouvoir l'arrêté). Son but était de définir les normes à respecter dans diverses catégories de travaux intervenant dans les levés divers :

- Canevas d'ensemble, de précision ou ordinaire,
- Canevas polygonal, de précision ou ordinaire,
- Canevas altimétrique, direct ou indirect,
- Travaux photogrammétriques,
- Levés de détail.

Cet Arrêté est suivi d'une Instruction (28 Janvier 1980) qui détaille les formules à appliquer pour effectuer les calculs à partir des observations disponibles à l'époque (angles et longueurs) .

Ces différents textes ont été écrits avec comme idée de fond probable que les techniques employées alors,

⁽¹⁾ Le texte intégral de l'Arrêté du 21 janvier 1980 complété par l'Instruction du 28 janvier 1980 figure dans la revue XYZ N° 6 de mars 1986, page 42 et suivantes

tant en matière d'observations que de calculs, allaient rester immuables encore pour longtemps. Néanmoins ce document est aujourd'hui périmé. Nous proposons quelques axes de réflexion pour définir un nouveau texte.

II- CRITIQUES SUR L'ARRÊTÉ DE 1980

Le groupe de travail constitué au début des années 70 comportait des représentants de toutes les composantes des milieux professionnels concernés par la topographie et la géométrie. A cette époque, les outils de base du topographe n'avaient guère évolué depuis fort longtemps : l'informatique était encore inemployée (les compensations par moindres carrés par exemple étaient l'apanage des grands organismes techniques). Et jusque là les évolutions technologiques qui avaient totalement modifié de nombreux secteurs techniques avaient largement épargné la topographie. La théodolite compact date de l'après guerre, et il n'y avait alors pratiquement eu comme unique nouveauté (mais tout de même fort importante) que l'apparition des appareils électroniques de mesure de distances, alors en cours de miniaturisation (mais combien de cabinets de géomètres employaient encore des tachéomètres de type Moinot ou Sanguet, compte-tenu de leur caractère inusable !). Les instruments existants étaient d'une extraordinaire longévité, les techniciens très respectueux de leur matériel (sans doute encore plus qu'aujourd'hui), ce qui n'incitait guère à envisager l'éventualité de l'irruption prochaine de nouvelles technologies.

Mais très rapidement les défauts de cette conception de la rédaction du texte sont apparus essentiellement parce que les spécifications du texte étaient des *spécifications de moyens* et non pas de *résultats*. Et une formidable vague de progrès technologiques a enfin déferlé sur ce milieu professionnel particulièrement stationnaire jusque là. Il y eut deux grandes évolutions : tout d'abord informatisation progressive de tous les processus de mesure, avec une accélération parfois considérable des rendements et de la précision. Ensuite apparition de la méthode GPS de géodésie spatiale, d'abord réservée aux grands laboratoires de géodésie, puis (grâce à une excellente industrialisation) qui s'est répandue depuis quelques années pour observer des canevas, et cette méthodologie est en passe de servir sous peu pour effectuer des levés topographiques directs.

Or, lorsqu'on compense par moindres carrés des observations terrestres, qu'il s'agisse de réseaux ou de simples polygonales, toutes les règles traditionnelles d'analyse des erreurs sont à revoir. Combien de techniciens ne se sont-ils pas imprégnés de l'idée par exemple qu'un cheminement *devait être "tendu"*, sous peine d'être imprécis ? Ou encore que le réseau d'appui (IGN)

valait "le centimètre" ? Ces idées, plus de nombreuses autres (l'origine des altitudes en France est le marégraphe de Marseille, etc...), sont erronées et ont parfois induit des comportements techniques fort discutables, mais ce n'est pas l'objectif de cet article de critiquer les formations techniques anciennes et actuelles de ce secteur d'activités...

Où encore, lorsqu'on emploie des récepteurs GPS pour observer un canevas, comment se servir de l'arrêté de 80 qui stipule le nombre de mesures angulaires à effectuer pour tomber dans telle ou telle classe de précision ?

Il est donc urgent de reprendre cette rédaction sous une nouvelle forme qui soit à l'abri des évolutions techniques futures, en bref qui s'intéresse aux **résultats** et non pas aux **moyens**. Ceci est d'autant plus important qu'en France existe une désastreuse tradition dans ce secteur d'activités d'incompétence technique des donneurs d'ordre (quelle est la précision qui est nécessaire ? Il ne le sait généralement pas, et c'est au technicien d'interpréter au mieux ce que veut le client, lequel a rédigé presque toujours en s'inspirant d'autres CCTP techniquement tout aussi mal adaptés et discutables), qui se combine avec cette absence de spécifications légales pour saper à la base toute tentative sérieuse de faire de la **qualité**. Et cette absence de spécifications crée un risque encore aggravé par l'existence de normes (respectées...) chez plusieurs de nos voisins européens, qui ont de plus en plus tendance à travailler en France, alors que notre absence (en pratique sinon en théorie) de normes donne de nous une fâcheuse image technique chez eux...

III- AXES DE RÉFLEXION POUR ÉLABORER UN NOUVEAU TEXTE

A ce stade de cette communication, je listerai quelques éléments qui pourront paraître disparates, mais qui ont tous quelque importance pour une nouvelle rédaction. Ils ne sont en rien exhaustifs, et il me semble indispensable qu'un groupe de travail se réunisse dans l'objectif d'un approfondissement de ces problèmes.

1/ C'est dans le cadre du CNIG, dont le caractère transversal à tous les secteurs professionnels est avéré, et qui a réussi la mise au point de la norme EDIGÉO pour les bases de données géoréférencées, qu'une telle démarche devrait être initiée.

2/ Il n'est pas forcément indispensable d'en faire un texte de loi comme cela a été le cas auparavant. Une telle approche peut faire perdre beaucoup de temps (2 ans en 1980), et une norme AFNOR serait sans doute tout aussi efficace.

3/ Un nouveau texte doit tout d'abord spécifier la précision des résultats à obtenir pour pouvoir atteindre différents niveaux de qualité, puis **alors seulement** doit proposer d'explicitier comment, avec une technologie donnée, on peut espérer atteindre cette qualité avec les méthodes pratiquées lors de la rédaction du document ; mais en aucun cas il ne faut qu'on en revienne à des spécifications de moyens : pour ce complément, il

doit s'agir d'une note expliquant ce qui est connu en matière technique à une date donnée, sans plus. En particulier, il n'y a aucune raison d'isoler et de séparer le processus photogrammétrique des autres procédés. Or doit spécifier les objets qui doivent être levés, un gabarit d'erreurs d'identification, ou encore la précision à obtenir, mais le texte de la norme ne doit pas spécifier de méthodologie. C'est tout à fait indispensable pour que des techniques obsolètes soient rapidement remplacées par d'autres plus efficaces.

4/ Les problèmes de précision de détermination sont assez bien connus pour des points parfaitement identifiés (géodésie, canevas). Le plus adéquat est en général de composer quadratiquement un écart-type fixe : **a** avec un écart-type proportionnel à la distance **C** entre les points : **b**, **D** ; **a** représente les erreurs de centrage, de stabilité à long terme du repère, etc... tandis que **b** est lié au processus de mesure, et très souvent aux effets limitants de l'atmosphère. Mais il convient de spécifier avec beaucoup de soin la notion de *référéntiel* considéré. En particulier jusqu'ici le réseau géodésique de l'IGN présente dans ses coordonnées publiées des inhomogénéités dont le niveau actuel (lié à l'historique de la triangulation française) est très au delà de ce que les techniques topographiques (mesures de distances, GPS) permettent maintenant. Dans ces conditions, et compte tenu de l'aspect *positionnement relatif* de toutes les méthodes courantes, il est clair que les coordonnées ne peuvent généralement pas avoir un caractère absolu.

5/ La précision est beaucoup plus délicate à déterminer en ce qui concerne des objets levés, qu'ils soient linéaires ou surfaciques. Ph. HOTIER a montré qu'une approche assez efficace pour qualifier la précision consiste en l'emploi de la "distance de Hausdorff" entre les contours de l'objet levé et du même objet mesuré avec beaucoup plus de précision. Néanmoins il semble certain que pour ces objets, il convient aussi de spécifier *quelle est la méthode de mesure à employer*.

6/ Dans les spécifications des levés, certaines notions statistiques doivent être précisées. Si l'écart-type est parfaitement déterminé en termes mathématiques la tolérance doit faire l'objet d'une définition. Et surtout il serait judicieux de populariser la notion de "gabarit d'erreur" dans un levé, que ce soit pour des objets oubliés, pour des objets mal identifiés, ou pour des objets mal positionnés. Cette notion est une généralisation de celle de "tolérance", et offre une souplesse bien plus importante pour le rédacteur du CCTP.

IV- CONCLUSION

Il semble donc très important de mettre au point un texte normalisant pour longtemps les spécifications des levés topographiques. Ce ne sera pas un travail facile mais l'essor des bases de données géoréférencées, liées à l'explosion des moyens informatiques disponibles et des logiciels accessibles (dont les SIG), rendent celui-ci incontournable.

QUESTIONS-RÉPONSES APRÈS L'EXPOSÉ DE M. KASSER

M. Mayoud : Dans l'annonce des résultats de réseaux, ne pourrait-on pas utiliser les valeurs de la matrice Variance-Covariance ?

M. Kasser : Les résultats de compensation par moindres carrés font implicitement l'hypothèse que les modèles d'erreur employés sont des erreurs gaussiennes.

Les résultats que l'on annonce sont fréquemment assez optimistes par rapport à la réalité. Cette appréciation au sens qualité du terme est probablement très discutable.

M. Dupraz : Je voudrais mettre l'accent sur les outils de fiabilité qui font le partage entre les fautes grossières et les erreurs aléatoires, et qui permettent après tri de réaliser un calcul acceptable.

L'avantage de ces outils est qu'ils permettent la simulation, ce qui permet d'optimiser économiquement et techniquement le réseau.

M. Hottier : Sur l'aspect gaussien on a trop tendance à croire que toutes les conséquences des moindres carrés sont exactes et dignes de confiance. Il y a un cas évident où c'est faux, c'est quand vous multipliez les mesures d'une grandeur donnée, il est évident qu'à ce moment-là d'après la théorie des moindres carrés on devrait accroître considérablement l'exactitude des résultats. Or on s'aperçoit que c'est faux.

M. Lasseur a raison mais il s'occupe de petits réseaux, où il utilise toujours le même appareil, avec des mesures très homogènes, peu nombreuses pour chaque point. Je pense que c'est la raison qui fait que les résultats des calculs de compensation le satisfont pleinement.

En faisant la même chose en photogrammétrie, en aérotriangulation analytique c'est très différent : les définitions des points sur le terrain sont très variables, un point sur le terrain ce n'est pas le point sur la photo, il y a des points artificiels créés au moment du marquage. Les conséquences de la théorie de moindres carrés sont assez douteuses.

M. Dupraz : Je désire préciser que les méthodes que nous préconisons sont plus puissantes que ce que vous décrivez. Par exemple, l'Office fédéral de Topographie a analysé la triangulation de la Suisse par reprise des calculs du 1er au 3ème ordre d'un seul jet, en intégrant les observations archivées depuis 1864, les distances électroniques mesurées depuis 1960, les azimuts, les mesures de Lépice.

Ce calcul a permis de détecter et d'enlever les fautes. Et nous sommes passés d'incertitudes de l'ordre d'1,5 m à moins de 20 cm.

Comparés au nouveau réseau GPS (100 points, maille de 25 km, précision 1 à 2 cm), les ellipses d'erreur de ces deux réseaux combinés par notre méthode sont restés de l'ordre de 1 à 2 cm.

C'est bien une méthode très puissante.

M. Sautreau : En ce qui concerne l'arrêté de 1980, lorsque nous avons commencé à travailler en 1972, le précédent arrêté datait de 1951. Nous avons rapidement travaillé mais ensuite il fallu convaincre les différents ministères et ce sont des démarches qui ont pris beaucoup de temps.

M. Becker : J'apprécie que la proposition de M. Kasser porte sur des obligations de résultats, je pense que ce n'est pas suffisant, il faut aussi faire des recommandations sur les moyens.