

LES CONTROLES DE QUALITÉ POUR LES TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES EN SUISSE

Par H. Dupraz, adjoint scientifique Ecole Polytechnique
Fédérale de Lausanne

Résumé

La qualité d'une réalisation topographique s'est longtemps résumée à **sa précision**. Des travaux plus récents ont introduit la notion de **fiabilité**. Mais à côté de ces deux critères de qualité facilement quantifiables, le développement des systèmes d'information à référence spatiale a fait apparaître d'autres critères, surtout pour les données topographiques officielles sur lesquelles s'appuie le cadastre foncier : **accessibilité, actualité, cohérence, sécurité**, etc.

Une rapide analyse montrerait que, à travers ces multiples critères, **la qualité passe par la maîtrise complète du processus**, de la conception initiale du "produit" jusqu'aux mesures prises pour sa mise à jour permanente, y compris les contrôles et la qualification de tous les intervenants. C'est la philosophie qui sous-tend la série des normes ISO 9000/EN29000.

Dans la mensuration officielle suisse, on retrouve des standards de qualité pour la plupart de ces critères, hélas disséminés dans un grand nombre de textes relevant des législations fédérale et cantonales. Etant donné la complexité de nos structures politiques et professionnelles, leur réunion est très improbable. C'est évidemment l'esprit qu'il s'agit d'en préserver.

Hors de la mensuration officielle, la certification de la qualité dans les prestations de l'ingénieur géomètre n'est pas encore une réalité. Les associations professionnelles ont commencé de s'en préoccuper, et les meilleures entreprises ont mis en place depuis longtemps des procédures internes de contrôle. Mais, pour le plus grand nombre, l'essentiel du travail reste à faire.

1. INTRODUCTION :

STRUCTURE POLITIQUE, ORGANISATION PROFESSIONNELLE ET BASES LÉGALES DE LA MENSURATION OFFICIELLE

La structure politique de la Suisse s'appuie sur trois niveaux, dotés chacun de pouvoirs législatifs et exécutifs réels: la Confédération, les cantons, les communes.

Les cantons sont des États souverains, qui ont délégué certaines tâches à la Confédération. D'un canton à l'autre, l'autonomie des communes est très variable. Ceci explique la grande disparité des situations cantonales et communales et la nécessité de prescriptions adaptées à la diversité des situations.

Pour l'essentiel, les tâches de la Confédération sont remplies par la Direction fédérale des mensurations cadastrales, rattachée au Département fédéral de justice et police! Elle a la haute surveillance sur toute l'oeuvre cadastrale. Elle promulgue les textes légaux et techniques concernant l'exécution des mensurations et la formation du personnel.

L'Office fédéral de topographie, outre ses tâches de géodésie nationale incluant les réseaux supérieurs de points fixes (niveau 1), exécute la vérification des réseaux de niveau 2 et 3 (anciennement la triangulation de 4e ordre).

L'exécution des travaux de mensuration officielle incombe aux cantons et aux communes, qui adjugent



normalement ce travail à un ingénieur géomètre indépendant, titulaire du brevet fédéral.

Pendant et après son exécution, mais avant sa mise en vigueur juridique, chaque mensuration officielle doit subir un ensemble de contrôles appelés "vérification". Il s'agit, globalement, de vérifier le respect des prescriptions officielles et des clauses du contrat d'adjudication. Le poids principal de la vérification porte sur les éléments qui ont un caractère juridique. Car le Cadastre suisse est un **cadastre juridique** : le **Code civil suisse** de 1912, se basant sur la Constitution fédérale, qui garantit le droit à la propriété foncière privée, instaure deux principes :

- la description des biens-fonds s'opère d'après un plan dressé sur la base d'une mensuration officielle; en cas de divergence entre le terrain et le plan, l'exactitude de ce dernier est présumée ;
- le droit de propriété n'est opposable à tout tiers que s'il a fait l'objet d'une inscription au Registre foncier faisant référence au plan cadastral :

"...c'est l'inscription qui crée le droit..."

Dès 1980, les administrations et les associations professionnelles ont lancé un projet de réforme de la mensuration officielle (projet REMO) pour pallier à un certain nombre de défauts :

- précision insuffisante dans certaines régions ;

- vétusté de certains plans originaux et de leurs copies ;
- obsolescence des bases techniques ;
- insuffisance du rapport entre les services rendus et le coût global de l'oeuvre cadastrale.

Les principaux objectifs du projet REMO peuvent se résumer ainsi :

- la mensuration officielle doit être le noyau central de systèmes d'information du territoire à la disposition du plus grand nombre d'utilisateurs, publics et privés ;
- elle est organisée sous la forme d'une banque de données avec couches thématiques indépendantes ; certaines obligatoires, d'autres voulues par les cantons, mais à leurs frais ;
- afin de garantir son accès à long terme et sa compatibilité avec d'autres systèmes d'information, la Confédération fixe l'interface de la mensuration officielle.

Le modèle technique et les nouvelles bases légales issues du projet sont entrés en vigueur le 1er janvier 1993. Les cantons ont quelques années pour adapter leurs propres prescriptions.

Ce projet amène deux nouveautés importantes pour le géomètre indépendant :

- la **liberté du choix de la méthode**, laissée à l'adjudicataire, sous réserve d'apporter la preuve de qualité du produit fini ;
- la **mise en soumission des travaux**, où l'adjudication s'appuiera autant sur les prestations proposées que sur les prix.

Ces nouveautés font évoluer le statut de fait de l'ingénieur breveté d'un exercice purement libéral vers celui de chef d'entreprise.

2. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA NOTION DE "QUALITÉ" EN TOPOGRAPHIE

Quel que soit votre dictionnaire préféré, la définition qu'il vous proposera pour le mot "qualité" fera probablement apparaître deux acceptions : l'une subjective, l'autre objective.

L'approche **subjective** fait appel à des appréciations personnelles, un jugement individuel, de type sentimental ou émotionnel. L'approche **objective** s'appuie sur des caractéristiques autorisant une quantification, une paramétrisation.

Il en va bien ainsi dans le monde de la topographie et de la topométrie: on peut caractériser par des chiffres la **précision** ou la **fiabilité** des coordonnées d'un réseau. Mais ces chiffres n'ont de sens que si la totalité du processus est maîtrisée; et là, il reste énormément d'aspects que nous ne savons pas quantifier !

A y regarder de plus près, et en se basant sur le cas de la mensuration officielle suisse à l'issue de sa réforme récente, on retrouve un grand nombre des préoccupations formalisées par les organisations internationales se préoccupant de la certification de systèmes d'assurance qualité. Celles-ci s'appuient sur un certain nombre de principes :

- la gestion de la qualité est une tâche incombant au niveau le plus élevé de la direction de l'entreprise;
- l'assurance de la qualité englobe toutes les étapes de la vie du "produit" ;
- la gestion et l'assurance de la qualité concernent tous les intervenants, de l'ingénieur en chef à l'aide de terrain;
- la qualité s'appuie sur la transparence :
 - attribution claire des responsabilités ;
 - documentation claire et complète de toutes les procédures ;
 - système cohérent de détection des erreurs, et des procédures pour leur correction ou leur suppression ;
 - le responsable de la qualité n'est jamais le responsable de la production !

Or, que disent les textes techniques et légaux concernant la mensuration officielle? On trouve par exemple dans l'**Ordonnance sur la mensuration officielle (OMO)** :

Art. 6 Le DFJP détermine les données à saisir, leur degré de **précision** et de **fiabilité** ainsi que les autres exigences y relatives.

Art. 8 Afin de garantir l'**accès à long terme** aux données de la mensuration officielle....le DFJP fixe l'**interface de la mensuration officielle**.

Art. 26 Tous les éléments de la mensuration officielle sont examinés quant à leur **qualité** et leur **intégralité**...

Art. 31 Le DFJP édicte des instructions sur les exigences d'ordre technique et organisationnel concernant l'entretien de la mensuration officielle et notamment sur la **sécurité des données**.

Art. 32 Le DFJP arrête [...] les mesures qui s'imposent pour assurer la **mise à l'abri** des éléments de la mensuration officielle en cas de guerre ou d'autres situations de catastrophe.

Art. 37 Les personnes autorisées à remettre des extraits du plan du registre foncier [...] en attestent l'**exactitude** par leur signature.

Art. 44 Les cantons règlent l'exécution des travaux par des **ingénieurs brevetés et d'autres spécialistes** en mensuration.

Voilà, réunie dans un seul texte, une série de notions ayant toutes trait à la qualité du "produit topographique" :

Précision / Fiabilité / Echangeabilité / Intégrité-Sécurité / Documentation / Formation professionnelle

Dans les mêmes textes, ou dans d'autres, on trouvera encore des concepts équivalents ou complémentaires concernant la **cohérence**, la **documentation**, l'**archivage**, la **protection**, la **validité**, ...

Tous ces concepts font bien apparaître que la **qualité passe par la maîtrise du processus complet**, y compris la qualification des intervenants, l'organisation des contrôles et la **gestion des données dans la durée**.

3. QUELQUES CRITERES DE QUALITÉ...

3.1 La précision

La précision, caractérisée par un **écart-type**, ou une **erreur moyenne quadratique**, est sans doute le critère le mieux connu des géomètres: l'ellipse d'erreur moyenne (selon Helmert) en est l'extension bi-dimensionnelle. On sait, grâce à la statistique mathématique, étendre ces indicateurs, par des dilatations appropriées, à des intervalles de confiance au niveau de probabilité 90%, 95%, 99%.

Ces indicateurs - issus d'une compensation par les moindres carrés - servent souvent à quantifier la **précision a posteriori** d'un travail topographique. Mais ils peuvent aussi, comme outil de simulation, être calculés a priori en vue d'optimiser techniquement et économiquement le schéma d'un réseau géodésique avant sa matérialisation.

Les indicateurs de précision n'ont toutefois de sens que sous l'hypothèse très restrictive qu'ils ont été obtenus en l'absence de toute faute grossière ou systématique entachant les observations, car en règle générale, ce type d'erreurs n'est pas pris en compte par les modèles de compensation usuels, qui ne sont pas capables de le détecter.

La vérification nécessaire de cette hypothèse relève des indicateurs de fiabilité.

3.2 La fiabilité

Une réalisation topométrique (par exemple un réseau) est considérée comme fiable si elle permet la détection de fautes éventuelles avec une probabilité suffisante ; ou, en d'autres termes, si les fautes grossières non détectées sont assez petites pour n'avoir aucune influence préjudiciable.

Le géomètre a adopté depuis longtemps des règles de l'art (répétition des mesures, contrôles indépendants, etc.) le protégeant contre les fautes grossières. Les travaux de W. Baarda, basés sur la statistique mathématique, ont ouvert la voie à une quantification de la fiabilité, grâce à un certain nombre d'indicateurs programmés dans la plupart des logiciels topométriques modernes.

La fiabilité interne, qui concerne les observations proprement dites, s'analyse à l'aide de quelques indicateurs faciles à calculer:

- l'**indicateur de fiabilité locale** z_i ,
- l'**erreur résiduelle normée** w_i ,
- la **faute probable** g_i ,
- la **faute-limite** Δ_i

La **fiabilité externe** concerne l'**impact sur les coordonnées résultant d'une faute-limite** Δ_i non détectée sur l'observation i . Les impacts extrêmes, pour chaque point, sont appelés indicateurs de fiabilité externe et sont représentés graphiquement par les "**rectangles de fiabilité**".

Les prescriptions techniques de la mensuration officielle suisse fixent les **exigences de précision et de**

fiabilité sous la forme de valeurs-limites pour les **ellipses d'erreur moyenne** et pour les rectangles de fiabilité.

3.3 L'échangeabilité

La mensuration officielle n'est pas une fin en soi : **son objectif est de fournir des données à jour et répondant à l'attente des utilisateurs**. L'échange des données entre fournisseurs et utilisateurs doit être garanti à long terme, ainsi que leur **compatibilité** avec d'autres systèmes d'information.

D'autre part, les données de la mensuration officielle ont une **durée de vie quasi illimitée** par rapport aux logiciels qui vivent 10 à 20 ans, et aux matériels qui vivent environ 5 ans. Le capital qu'elles représentent est aussi beaucoup plus important. Elles doivent donc pouvoir migrer entre les matériels et les logiciels.

C'est pourquoi les prescriptions officielles imposent une **interface de la mensuration officielle (IMO) et un langage de description des données INTERLIS**.

L'IMO est une description du catalogue des données de base de la mensuration officielle à l'aide du langage *interlis*, en vue de leur échange. Cette description est contrôlée par un compilateur associé à *interlis*, mis à disposition par la Direction fédérale des mensurations et détectant toutes les "erreurs de syntaxe". Ce compilateur a force obligatoire. (Il reste évidemment aux fournisseurs de logiciels à prévoir des fichiers d'entrée-sortie compatibles avec ce langage, ce qui n'est pas une mince affaire !).

3.4 L'intégrité

L'intégrité recouvre l'ensemble des mesures assurant la sauvegarde et l'emploi judicieux des données. On entend par là :

• LA SÉCURITÉ (intégrité physique)

La sécurité des données doit éviter leur perte, leur altération accidentelle ou frauduleuse, leur accès impossible par défaillance du matériel ou du logiciel.

Ces mesures de sécurité font l'objet d'une Norme suisse SN 612010 qui contient un inventaire détaillé des dangers potentiels, les mesures de protection et l'organisation des responsabilités. Une annexe fixe avec rigueur les rapports entre les mesures à prendre et les fonctions : "Qui est responsable de quoi" ?

Un procès-verbal de sécurité des données est exigé.

• LA VALIDITÉ (intégrité logique et sémantique)

Les contrôles de validité assurent la cohérence sémantique de la base de données. Il s'agit par exemple d'éviter les âges ou les surfaces négatives! En allemand, on parle volontiers de "consistance des données".

• LA PROTECTION ET LA CONFIDENTIALITÉ (intégrité éthique et juridique)

Il faut limiter l'accès des données aux seules personnes qualifiées et autorisées, qu'il s'agisse de les modifier ou de les exploiter.

Sont notamment déterminants les articles de la loi sur la protection des données qui répondent aux questions du type :

- "Qui récolte quelles données, et dans quels buts?"
- "Les droits fondamentaux de protection de la sphère privée sont-ils garantis?"

• L'ACTUALITÉ, LA MISE À JOUR

Les prescriptions techniques rendent obligatoire la **mise à jour** de tous les éléments de la mensuration officielle :

Art. 22 OMO *Tous les éléments de la mensuration officielle sont sujets à la mise à jour...*

Art. 23 OMO *Les cantons... fixent les délais de mise à jour.*

3.5 La transparence, la documentation

De nombreuses prescriptions fédérales et cantonales rappellent, comme la norme ISO 9000, la nécessité de "suivre la trace", de "documenter" toutes les étapes du processus :

Art. 68 OTEMO *"... des procès-verbaux de contrôle et d'étalonnage des instruments et des logiciels... doivent être dressés."*

Art. 84 OTEMO *"... après une modification des données, le responsable doit en contrôler le caractère exhaustif... et consigner cela dans un procès-verbal".*

Art. 88 OTEMO *"... l'archivage des documents techniques doit permettre de reconstituer à long terme toutes les modifications..."*

3.6 La qualification du personnel

Art. 44 OMO *"Les cantons règlent l'exécution des travaux par des ingénieurs géomètres brevetés et d'autres spécialistes en mensuration".*

Cet article renvoie à des ordonnances et règlements fédéraux sur la formation des différentes catégories de personnel engagées dans les travaux de mensuration officielle: ingénieurs brevetés, techniciens-géomètres, dessinateurs-géomètres.

4. CONCLUSIONS

1. une mauvaise information n'est pas seulement une information de mauvaise qualité ; c'est aussi une information dont la qualité n'est pas connue.

2. Comme Monsieur Jourdain, les géomètres suisses font depuis longtemps de l'assurance qualité sans le savoir, du moins dans leurs activités de mensuration officielle.

3. Et dans le secteur privé ?

Si un contrôle de qualité efficace a pu s'organiser avant la lettre, en mensuration officielle, c'est probablement parce qu'il s'agit d'un **"produit" très standardi-**

sé, de qualité constante et dont la production est garantie à long terme.

Il en va autrement dans les autres secteurs de la topographie, comme la topométrie pour le génie civil et l'industrie, où les prestations de l'ingénieur s'apparentent plus souvent à des **"prototypes"**, dont le cahier des charges ne cesse d'évoluer au gré des circonstances et de l'humeur du client.

Mais n'est-ce pas précisément dans ces cas qu'il faudrait garantir :

- le bon fonctionnement de l'entreprise ?
- le déroulement correct des processus ?
- l'indépendance des responsabilités de la production et du contrôle de qualité ?
- des procédures efficaces de correction ?
- l'existence d'une documentation exhaustive ?
- la formation continue du personnel ?

Comme dans les pays qui nous entourent, les géomètres suisses y songent. Beaucoup redoutent encore l'investissement nécessaire, mais les plus dynamiques sont sur le point de se lancer dans la grande aventure de l'obtention d'un certificat d'assurance qualité. Ils devraient pouvoir en escompter **deux résultats très positifs** :

- sur le plan interne, une nouvelle motivation de tous les collaborateurs ;
- sur le plan extérieur, une source de clarté et de confiance pour les clients.

5. RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

Législation fédérale (extraits)

- Code civil suisse
- Ordonnance sur la mensuration officielle (OMO) du 18.11.1992
- Ordonnance technique sur la mensuration officielle (OTEMO) (Projet août 1993)
 - et Annexe A : Catalogue des données
 - Annexe B : Modèle des données
 - Annexe C : Description des données en *interlis*
 - Annexe D : Extraits pour la tenue du registre foncier et documents techniques
- Ordonnance concernant le brevet fédéral d'ingénieur géomètre du 12.12.1983
- Règlement des examens pour l'obtention du certificat de technicien-géomètre du 30.06.1967
- Règlement concernant l'apprentissage et l'examen de fin d'apprentissage de dessinateur-géomètre du 30.11.1976
- Prescription sur la vérification de la mensuration officielle (Projet automne 1993)

Législation cantonale vaudoise (extraits)

- Droit vaudois de la construction (Ed. Payot Lausanne, 1987)
- Codification de la qualité des mensurations (Projet du Service vaudois du Cadastre et du Registre Foncier, 1993).

Divers

- Sécurité des données dans la mensuration officielle; Norme suisse SN 612 010, SNV Zürich, 1987

- Le modèle de précision et de fiabilité de la mensuration officielle. Commentaires aux prescriptions sur la précision et la fiabilité. Direction fédérale des mensurations, Berne, 1993

- L'avenir de notre sol: réforme de la mensuration officielle, Direction fédérale des mensurations, Berne, 1987

- Règlement pour l'exécution d'Audits de Systèmes Qualité et l'Attribution de Certificats SQS; Association suisse pour Certificats d'assurance-qualité, Zollikofen, 1992

- Une approche systémique des systèmes d'information du territoire et de leur intégrité, par J.-J. Chevallier, Thèse n° 502, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 1983

- Die Zuverlässigkeit in der Schweizerischen Landesvermessung, par A. Carosio, XI. Int. Kurs für Ingenieurvermessung, Zürich, Sept. 1992, Dümmler Verlag, Bonn

- Sécurité des données dans la mensuration; journée d'étude du 15 mars 1990, Rapport n° 168f, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

- Transfert de données; journée d'étude du 5 septembre 1991, Mitteilung n° 48f, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

- Mise en oeuvre et exploitation de systèmes d'information à référence spatiale; journées d'étude des 9 et 10 septembre 1993, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, dont :

- Contrôle de qualité dans la Mensuration officielle, par H. Schoeneich, pp. 14/1 à 14/7

- Systèmes d'information du territoire I; cours copié J.-P. Miserez, Lausanne, 1993

- INTERLIS als Basis für die Amtliche Vermessungsschnittstelle (AVS), par J. Dorfschmid, dans Mensuration, Photogrammétrie, Génie rural, septembre 1990, pp. 477/479.

A l'occasion du colloque, sur l'exposition de CACHAN : CARL ZEISS

Carl ZEISS, avec la représentation des deux départements "PHOTOGRAMMETRIE" et "INSTRUMENTS TOPOGRAPHIQUES" en la présence de Messieurs Didier KOPF et Jean-François CABANEL, a souhaité manifester son attachement et son vif intérêt à l'AFT et ses nombreux adhérents avec en plus la présence de Monsieur KOLLER et Madame ROTH venus spécialement d'Oberkochen, pour répondre aux questions des nombreux visiteurs avec une exposition conséquente de matériels innovants : Photogrammétrie :

- Station d'orthophoto numérique **PHODIS OP**,

- Station de restitution numérique **PHODIS ST** sur SILICON GRAPHICS.

(Carl ZEISS Photogrammétrie Didier KOPF - 1, impasse des Saules - 67118 GEISPOLSHEIM - Tél. / Télécopie : 88 68 82 07).

Instruments Topographiques :

Précurseur de la station totale coaxiale et en complément des configurations **Elta + Rec 500**, **Carl Zeiss** propose une gamme complète de stations informatiques intégrées connues sous le nom **Rec Elta** : à ce jour, 6 instruments composent cette gamme dont le **Rec Elta 15** et la toute récente **station totale universelle Rec Elta RL** : nouveau concept avec un distancemètre coaxial lui permettant de mesurer des distances **sans réflecteur** (jusqu'à 200 m), de mesurer jusqu'à 6 km avec un réflecteur, avec une très grande rapidité (1/10ème de seconde) ; par ailleurs, ce dernier développement bénéficie de toutes les fonctions communes aux **Rec Elta** : Grand écran graphique, touches à fonction unique, menus clairs et concis en français, programmes d'applications intégrés et enregistrements des valeurs mesurées et calculées, transferts sélectifs, mise à jour du logiciel, etc..., de véritables atouts supplémentaires pour une meilleure rentabilité sur le terrain.

Quelques exemples d'applications : profils en tunnels, carrières, bathymétrie, levés de façades et d'intérieurs, etc...

(Carl ZEISS Instruments Topographiques - 60, route de Sartrouville - 78230 LE PECQ

Contact : J-F Cabanel - Tél. : 34 80 20 00 - Télécopie : 34 80 20 01)