

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C 3: TECHNIQUES AVANCÉES D'ARPENTAGE

Guide d'étude :

Les calculatrices programmables sont admises lors de cet examen; les candidats devront toutefois présenter toutes les formules utilisées, la substitution des valeurs utilisées, ainsi que toutes les valeurs intermédiaires à un degré deux fois plus poussé que celui requis pour fournir la réponse. Même si la réponse est numériquement la bonne, le maximum des points pourrait ne pas être attribué si ces informations ne sont pas fournies par le candidat. Les valeurs critiques de la distribution χ^2 et un ensemble de formules sont fournies avec les questions d'examen.

1. À propos de :

Chrzanowski, A. [1993]. "Modern Surveying Techniques for Mining and Civil Engineering." Chapitre 33 dans J.A. Hudson (edit) *Comprehensive Rock Engineering, v.3* Rock Testing and Site Characterization Pergammon Press, ISBN 0-08-042066-4, p. 773 - 809.

Note: erreurs typographiques dans la version originale: p. 778, eqn. (4): "b2S" devrait se lire "b2S2"; p. 799, 1er paragraphe de la sec. 33.5.1.4: les deux "21/2" devraient se lire "2-1/2", par exemple: "1/sqrt(2)" so $s \leq 6.01$ ppm

Q1.1. Les effets de la réfraction latérale peuvent être quantifiés, plus afin de reconnaître certaines conditions qui devraient être évitées plutôt que d'y appliquer des correctifs. Sur la façade Sud d'un pâté d'édifices, les relevés de température furent effectués sur la surface et à 1M de distance de la surface du mur. Les valeurs moyennes furent de 35 C et 30 C, respectivement. Une polygonaution autour du pâté d'édifices fut effectuée à une distance de 0,5 m des façades des édifices. Le pâté d'édifices mesure 300m². De quelle manière l'effet de réfraction pourrait-il contaminer l'angle de fermeture du pâté, en prenant pour acquis une pression atmosphérique standard ?

Réponse:

$$2'20'' = 260'' \text{ (130'' de réduction aux coins SE et SO)}$$

Q1.2. **EODMI** sont conçus pour utilisation à une température, pression et humidité relative moyenne [par exemple, 12 C, 1013.25 mb, 60%].

- a. Si le degré d'exactitude doit être maintenu en deçà de 2 ppm, quelles seraient les limites de variation de i: température ou ii: pression des valeurs de calcul ?
- b. Si le degré d'exactitude doit être maintenu en deçà de 2 ppm, quelles seraient les limites de variation de la température et de la pression, simultanément, des valeurs de calcul ?

Réponse :

a. $i: 10.0 \text{ C} \leq t \leq 14.0 \text{ C}$, ou $ii: 1007.3 \leq p \leq 1019.2 \text{ mb}$

b. $10.6 \text{ C} \leq t \leq 13.4 \text{ C}$ et $1009.0 \leq p \leq 1017.5 \text{ mb}$

Q1.3. Les mesures géodésiques servent habituellement à déterminer une position « absolue ». Elles peuvent être répétées plus tard pour déterminer un changement de position pendant une période donnée. L'instrumentation géotechnique fournit des changements relatifs. Expliquez comment les observations géodésiques et

géotechniques peuvent être complémentaires lors de l'observation d'une structure sensible : a : pour la déformation horizontale ou planimétrique; b : pour la déformation verticale; et c : pour la déformation tri-dimensionnelle.

- Q1.4. L'azimut d'une ligne de référence peut être établie en utilisant un gyrothéodolite ou un accessoire gyroscopique. L'activité souterraine habituelle, telle que l'exploitation minière, est décrite en un système de coordonnées locales. Expliquez les corrections qui doivent être appliquée à un gyro azimut, et lors de quelles circonstances, afin qu'il puisse être utilisé dans le système de coordonnées de l'activité.
- Q1.5. La plupart des activités d'arpentage utilisent les techniques de levés topographiques. Veuillez expliquer les circonstances ou il est nécessaire d'appliquer les aspects géodésiques de l'arpentage.
- Q1.6. Suggérez, avec exemples à l'appui, les limites possibles au niveau de la précision et de la justesse au niveau du contrôle de la déformation.

2. À propos de :

Chrzanowski, A. [1999] "Engineering and Mining Surveys." Chapitre 16 dans G. McGrath and L.M. Sebert [edit] *Mapping a Northern Land, 1947 - 1994*. McGill-Queen's University Press, ISBN 0-7735-1689-1

- Q2.1. Ce chapitre présente bon nombre de projets d'arpentage soit au Canada ou encore impliquant des canadiens. Veuillez fournir des explications sur deux ou trois exemples qui ont requis du travail au-delà des exigences habituelles de l'arpentage et quelles précautions furent mises en place. Votre approche de la problématique devrait être celle de quelqu'un qui a l'occasion de s'impliquer dans un projet et qui doit évaluer les exigences au niveau des équipements et de l'expertise.
- Q2.2. Les références de ce chapitre couvrent une période de 45 ans, les plus récentes étant publiées en 1994. De quelle manière la technologie de l'arpentage que nous connaissons aujourd'hui pourrait-elle procurer un avantage sur terre ou sous terre ou les deux, si un de ces projets devaient être réalisés aujourd'hui ?

3. À propos de :

Chrzanowski, A. and A. Robinson [1981]. ch. 20: "Mining Surveys" dans Davis, R.E., F.S. Foote, J.M. Anderson, and E.M. Mikhail [1981]. *Surveying: Theory and Practice*. 6th, McGraw-Hill Book Company. Remplacé par Anderson & Mikhail [1998] qui n'inclut pas le ch. 20.

- Q3.1. **20.1:** ± 0.218 m, tel que démontré dans l'exemple 20.1 [eqn. 8.33]
- Q3.2. **20.2:** ± 0.322 m, tel que démontré dans l'exemple 20.1 [eqn. 20.3]
- Q3.3. **20.3 a:** $d = 1.128$ mm [qu'on présume disponible pour le reste du problème], $P = 100$ kg [sec. 20.11, p.847]; **b:** $\Delta H = 1.429$ m, between platforms [eqn. 20.10]; **c:** $T = 34.8$ seconds [eqn. 20.11]; **d:** $e_{\text{air current}} = 0.5e = 0.25$ mm [eqn. 20.12], $e_{\text{spiral shape}} = 2r_{\text{spiral shape}} = 0.222$ mm [eqn. 20.14], $e_{\text{scale}} = 0.2$ mm [sec. 20.12, p. 854] , total: $\epsilon_A = 28''$ over $b = 4.000$ m [eqn. 20.9]
- Q3.4. **20.4:** $X_C = 532.888$ m, $Y_C = 369.878$ m; $A_{CD} = 328^\circ 32' 18'' \pm 32''$ [eqn. 20.18, 20.19, 20.17]
- Q3.5. **20.5:** $A_{CD} = 71^\circ 21' 54''$ [fig. 20.26, eqn. 19.1]

4. À propos de :

Wolf, P.R., B.A. Dewitt [2000]. *Elements of Photogrammetry* McGraw-Hill, ISBN 0-07-292454-3 [ground control for aerial photogrammetry (ch. 16); aerotriangulation (ch. 17); project planning (ch. 18); terrestrial and close-range photogrammetry (ch. 19)]

Q4.1. Chapitre 16: toutes les questions

16-6: 1 in 6000, 5.1 m, réalité de terrain ± 1.7 m

16-7: 1 in 24000, 12.2 m, réalité de terrain ± 4.0 m

16-8: 50 μm par 50 μm

16-9: diamètre de 0.13 mm

16-19: 1 en 20000, 1 m

16-20: 1 in 12000, 1.2 m

Q4.2. Chapitre 17: questions 1, 2, 10 à 14.

Q4.3. Chapitre 18: toutes les questions

Le recouvrement longitudinal et le recouvrement latéral, sont normalement exprimés au 1% le plus près. Ils sont exprimés à 0,1% lors de la vérification arithmétique.

18-1: 60.5 %; 18-2: 56.7 %; 18-3: 57.2 %; 18-4: 25.9 %; 18-5: 30.9 %; 18-6: 30.8 %;

18-7: 1840 m; 18-8: 776 m; 18-9: 57.0 %; 18-10: 63.6 %; 18-11: 0.681; 18-12: 0.438;

18-13: 3706 m; 18-14: 6840 m; 18-15: 6840 m; 18-16: 1 in 39470; 18-17: 1 in 12030;

18-18: échelle de rendement 1820 m, intervalle de contours de rendement 3000 m, survol à 1820 m;

18-19: échelle de rendement 17950 ft, intervalle de contours de rendement 15000 ft, survol à 15000 ft;

18-20: Étant donné un recouvrement latéral de 15 %, superficie photo de 3 631 acres, limite de coupure de 1235 acres;

18-21: bas terrain recouvrement latéral de 17,4 %, recouvrement longitudinal de 61,1 %; haut terrain recouvrement latéral de 11.9 %, recouvrement longitudinal de 58,5%;

18-22: 17 bandes comprenant 122 photos par bande, donc, 2 074 photos;

18-23: sur la carte, 4,0 cm entre les lignes, 2,3 cm entre les prises;

18-24: modèles de coupure de 3,8 cm sur 6,7 cm; 18-25: 2.2 cm sur 3.9 cm;

18-26: 7 bandes de survol avec espacement de 460,9 m, recouvrement latéral de 33,2 %, 20 photos par bande, 1,9 cm entre les lignes, 1,2 cm entre les expositions, première ligne à 0,5 cm à l'intérieur de la zone du projet.

Q4.4. Chapitre 19 : toutes les questions

19-3: eqn. 19-5 $48^\circ 44,6'$; 19-4: eqn 19-6 $24^\circ 55,2'$; 19-5: $35^\circ 58,0'$; 19-6: $6^\circ 24,2'$;

19-7: x,y = 3,93 m, 31,96 m; 19-8: 40,796 m; 19-9: x,y = 18,75 m, 33,81 m ainsi 14,935 m;

19-10: H: $39,85^\circ$, V: $-18,75^\circ$ A à B; 19-11: H: $29,61^\circ$, V: $+46,44^\circ$ A à B.

5. Questions d'étude supplémentaires :

Q5.1. L'angle de fermeture maximum admissible dans une polygonation d'angles n_β est établie à M_β à 99%.

- Déterminez l'écart-type σ_β de chaque angle n_β , tenant pour acquis qu'ils pourraient tous contribuer également à l'erreur de fermeture m_β .
- Si la moyenne de n_s ensembles d'un angle ont un écart-type de $\pm \sigma_\beta$, quelle est la divergence admissible δ_s , entre les ensembles qui seraient utilisés pour fins de contrôle de qualité au moment de l'observation.

Réponse :

- $\sigma_\beta \leq \frac{1}{\sqrt{n_\beta}} \frac{M_\beta}{2.57}$ en élaborant la relation entre les angles de cheminement, la fermeture admissible et la propagation de l'erreur. [Ghilani & Wolf, 2006].
- $\delta_s \leq \sqrt{2n_s} \sigma_\beta$ se propageant dans la moyenne de l'angle individuel et ensuite à l'erreur [Ghilani & Wolf, 2006].

Q5.2. L'étude d'une structure sur une longue période de temps implique la répétition d'observations qui peuvent être utilisées pour déterminer l'état géométrique à une époque particulière t_i (\mathbf{x}_{ti}), et ensuite à t_j (\mathbf{x}_{tj}), ou comment déterminer le changement de l'état géométrique au cours d'un intervalle, Δt_{ij} ($\Delta \mathbf{x}_{ij}$).

Expliquez de quelle manière des observations géodésiques répétées peuvent être utilisées pour décrire l'« inclinaison » d'une structure. À l'aide d'explications, comparez la précision réalisable d'une mesure géodésique observable vis-à-vis une mesure géotechnique observable correspondante [par exemple: création d'un clisimètre à « base étendue » entre deux niveaux de plancher séparés par 20 m, en effectuant des levés de nivellement répétés en utilisant un Wild N3 (42X, réglage de précision de: $\pm 0,2''$, micromètre : $0,1 \text{ mm}$), installé entre les deux et avec des mires en invar à double graduation].

Réponse :

$$\sigma_{\Delta H} \leq \pm 0.035 \text{ mm}; \quad \sigma_{\delta \Delta H} \leq \pm 0.049 \text{ mm}; \quad \sigma_t \leq \pm 0.50''$$

exemple donné dans Chrzanowski [1993].

Q5.3. Lors d'un levé urbain, il fut nécessaire de d'établir une ligne de cheminement à $\sim 0,4$ m de la façade Sud de plusieurs édifices sur une longueur ~ 270 m. La température à la façade était approximativement de 40 C et de 30 C à ~ 1 m de distance. Cette ligne était une des quatre lignes de cheminement requises pour supposément fermer le pôté d'édifices.

Expliquez ce qui pourrait affecter l'erreur de fermeture angulaire et indiquez de combien. Indiquez de plus si l'erreur de fermeture paraîtrait être plus grand ou plus petit qu'il le serait sans cette influence.

Que feriez vous ?

Réponse :

La ligne de visée aux coins SE et SO est courbée vers l'édifice et chaque angle est ainsi plus petit de $0^\circ 03' 49''$ [Chrzanowski, 1993] l'erreur de fermeture est ainsi réduit de double de cette donnée.

Q5.4. Les procédures de nivellement d'ordre spécial canadien exigent que "... la différence entre la distance de visée rétrograde et la visée avant à chaque station et leur total pour chaque section ne dépasse pas 5 m ..." avec distance de visée maximum de 50 m. On utilise habituellement des mires en invar à graduation double et un niveau [M ≥ 40X, sensibilité ≤ 10"/div] à micromètre à lame plan parallèle. Expliquez avec quelle précision les lignes de visée devraient être établies [par ex. : σ_s] ? Comment seraient-elles mesurées ? Interprétez « ne dépasse pas » comme étant fixé à 99%.

Réponse :

Chaque ligne de visée doit être de ± 1.37 m par propagation à partir de l'anomalie. Un tableau dans Anderson and Mikhail [1998] ou Davis et al. [1981] indique un arpentage soigné $\pm 1/100$, stadia $\pm 1/300$, ruban $\pm 1/1000$. On peut appliquer celles-ci à la longueur de visée afin de déterminer si la méthode est appropriée selon les conditions, surtout la nature du terrain.

Q5.5. Pour la radiation visible ainsi que celle qui se rapproche de l'infra-rouge, en négligeant les effets de la pression de la vapeur d'eau, la correction de l'indice de réfraction, ΔN , peut être déterminée par

$$\Delta N_i = N_D - N_i = 281.8 - \left[\frac{0.29065 p}{1 + 0.00366086 t} \right]$$

La compensation météorologique est donnée dans le sens que $s = s' + c_{\text{met}}$, avec $c_{\text{met}} = \Delta N_i s'$.

La température et la pression doivent être mesurées à chaque extrémité d'une distance de 1 600 m, la correction de l'indice de réfraction à chaque extrémité sera calculée, et la valeur moyenne de ΔN_i sera utilisée pour déterminer l'indice de compensation météorologique, c_{met} . L'instrument utilisé a un indice nominal $N_D = 1,0002818$ [afin que $N_D = 281,8$] et la température et la pression moyennes lors des prises de mesure devraient être de $+30^\circ\text{C}$ et 1000 mb. Quelles seraient les plus grandes valeurs de σ_t et σ_p pour qu'avec un apport équivalent à $\sigma_{\Delta N}$, il en résulte une compensation météorologique qui contribuerait un facteur d'incertitude d'au plus 2 ppm à la distance corrigée ?

- Quels équipements devraient être utilisés et quelles procédures suivies afin de vous assurer que les pré-requis de précision de la température et de la pression soient respectés ?
- Si la justesse [non pas la "précision"] d'une distance ne peut se dégrader de plus que 2 ppm comme résultante de l'ajustement météorologique, de quoi devriez-vous vous soucier lors du choix des équipements et des procédures à utiliser pour effectuer les mesures de température et de pression ?

Réponse:

- $\pm 2,29$ C, $\pm 7,56$ mb, propagation par l'équation ci-haut et la moyenne à c_{met} .
- voir Rüeger [1996]; les conditions le long du tracé et pendant la prise de mesures devraient être « mesurées ».
- si l'influence systématique totale ne doit pas dépasser 2 ppm, expliquez les tests et l'étalonnage requis ainsi que les correctifs qui devraient être appliqués.

Voir références essentielles : Blachut et al., 1979; Fronczek, 1980; Ghilani & Wolf, 2008; Rüeger, 1996]

Q5.6.

- a. Les transferts d'une position (x,y "horizontale") et d'une orientation (azimut dans le plan x,y) à partir de la surface via un puits simple jusqu'à un tunnel ou une galerie d'accès peut être effectué soit à l'aide de deux fils à plomb ou par des méthodes optiques. Expliquez brièvement les avantages et les limites de chaque méthode (lignes à plomb, optique) pour i) les transferts de position et pour ii) le transfert d'orientation.
- b. Le transfert de l'élévation en utilisant des repères en surface via un puits simple à des stations souterraines peut être effectué à l'aide d'un ruban d'acier ou une station totalisatrice (IMDOE).
 - i) Expliquez brièvement les avantages et limites de chaque méthode.
 - ii) À l'aide d'une brève explication, comparez les correctifs appliqués à un ruban lors d'un transfert d'élévation aux correctifs normalement appliqués lorsqu'un ruban est utilisé pour déterminer les distances horizontales.

Voir matériel de référence essentiel : Chrzanowski & Robinson, 1981; Anderson & Mikhail, 1998 (ou équivalent); Robinson et al., 1995

Q5.7. La constante d'addition [ou "constante de système" ou "ajustement zéro"], z_0 , est une correction appliquée à la sortie d'un IMDEO, $s = s' + z_0$, pour tenir en compte le déport entre les centres mécaniques ou électroniques d'une combinaison instrument-réflexeur. La magnitude de z_0 peut être aussi élevée que 35 mm à 90 mm selon le montage du réflecteur et la combinaison IMDEO / réflecteur.

- a. Expliquez comment z_0 peut être déterminé de manière unique, avec le plus petit nombre de distances observables, indépendamment de toute autre information.
- b. Si chaque distance utilisée lors de la détermination unique de z_0 est $\pm 0,002$ m, quelle est l'incertitude aléatoire consécutive dans z_0 ?
- c. Si le même IMDEO utilisé en b. est utilisé ailleurs, $s_i' \pm 0,002$ m par exemple, quelle est l'incertitude aléatoire dans la distance corrigée s_i [en appliquant la valeur de z_0]?
- d. Normalement, les corrections ne devraient pas contribuer de manière significative à l'incertitude de la quantité qu'elles corrigent. De quelle manière l'incertitude aléatoire de z_0 pourrait-elle être améliorée ?
- e. Quel type d'erreur contamine une distance non corrigée, s' , si z_0 n'est pas appliqué ? Expliquez de quelle manière son effet pourrait être mal interprété si toutes les distances, dans un cheminement entre deux points de contrôle, étaient à peu près de la même longueur.

Voir matériel de référence essentiel : Anderson & Mikhail, 1988; Ghilani & Wolf, 2008; Rüeger, 1996

Q5.8. L'erreur de fermeture angulaire maximum admissible dans un cheminement de n_β angles est exprimé en M_β à 99%.

- a. En indiquant la propagation de la variance, déterminez l'écart-type, σ_β , de chacun des angles n_β , tenant pour compte que chacun de ceux-ci contribuera de manière

égale à l'erreur de fermeture effectif m_{β} . Si M_{β} était 40", quelle serait la valeur de σ_{β} pour un cheminement de 10 angles ?

- b. Si la moyenne de n_s ensembles d'un angle possède un écart-type de $\pm \sigma_{\beta}$, déterminez l'écart, δ_s , entre les ensembles qui seraient utilisés pour le contrôle de la qualité au moment de l'observation. Si σ_{β} était $\pm 4.9''$, quelle serait la valeur de l'écart si 3 ensembles étaient observés ?

Réponse :

- a. $\pm 4,92''$ pour chaque angle, une moyenne de n_s ensembles
b. $|\beta_j - \beta_i| \leq 12,0''$

Voir question d'étude 1 et matériel de référence essentiel : Ghilani & Wolf, 2006; Blachut et al., 1979

Q5.9. En juillet dernier, une équipe a tracé une distance de 1 500m à partir d'une borne pour en placer une deuxième. Même si la température était de + 30 C, ils n'ont pas appliqué de correction météorologique et tout simplement indiqué la valeur affichée de "1500.000". Vous venez de mesurer la distance entre les deux bornes et, l'affichage non corrigé, en utilisant le même instrument [± 5 mm et ± 5 ppm; $n_0 = 1.0002936$, indice de réfraction nominal: 278.367 à 15 C et 760 mmHg] et le même réflecteur, indique "1500,077" à une température ambiante de -30 C.

Déterminez s'il existe une différence marquée dans la séparation des bornes comparativement au mois de juillet dernier, en se basant sur une pression standard.

Réponse :

La distance du tracé était en réalité 1500,0206 m, ou, 1500,021 m. La distance réelle mesurée était de 1499,9997 m, ou, 1500,000 m. les deux possèdent un écart-type de $\pm 0,009$ m, selon $\sigma_s^2 = [a^2 + b^2s^2]$. La différence est donc marquée, marginalement à 90%.

Voir matériel de référence essentiel : Anderson & Mikhail, 1988; Ghilani & Wolf, 2008; Rieger, 1996

Q5.10. Une distance de 1 500 m doit être mesurée. Un IMDEO, ± 3 mm et ± 2 ppm, peut mesurer la distance totale. Une autre appareil, ± 2 mm et ± 2 ppm, devrait mesurer seulement 500 m à la fois. Expliquez lequel serait le meilleur choix, tenant compte des erreurs aléatoires et systématiques, pour mesurer la distance et pourquoi.

Réponse:

La distance totale (une mesure) serait de ± 4.2 mm; trois segments assemblés donneraient ± 3.9 mm; compte tenu de l'erreur de centrage en 3 positions plutôt qu'une, la fidélité de la correction météorologique sur 500 m plutôt que sur 1 500 m, l'application de la constante d'addition trois fois plutôt qu'une.

Voir matériel de référence essentiel : Anderson & Mikhail, 1988; Ghilani & Wolf, 2008; Rieger, 1996

Q5.11. Les procédures et instrumentation de nivellement d'ordre spécial canadien sont semblables à celles du « US FGCC First Order Class I » sauf que ces dernières sont plus exigeantes ainsi "... la différence entre la distance de visée rétrograde et la visée avant à chaque station et leur total pour chaque section ne doit pas dépasser 2 m ..." avec distance de visée maximum de 50 m. On utilise habituellement des mires en

invar à graduation double et un niveau de haute précision [$M \geq 40X$, sensibilité $\leq 10''/\text{div}$] à micromètre à lame plan parallèle et, « ne dépasse pas » est interprété avec une valeur de 99%. Une équipe vient d'effectuer du nivellement pendant plusieurs jours dans le cadre d'un projet situé outre-frontière aux É.-U. À leur retour, le chef d'équipe déclare que leur arpentage des distances de visée suffisaient à satisfaire les exigences du « First Order Class I specifications ».

- a. À l'aide des outils statistiques appropriés, déterminez si cette déclaration est correcte.
- b. Expliquez si la nature du terrain aurait pu avoir une influence sur la validité de cette méthode et si l'arpentage est susceptible de s'ouvrir à des erreurs particulières qui pourraient être importantes.
- c. Expliquez si il y aurait eu moyen de vérifier l'équilibre des lignes de visée pendant une mise en place et de quelle manière cette vérification aurait du ou pu avoir été effectuée.

Réponse:

La longueur des lignes de visée doit être déterminée à moins de $\pm 0,549$ m, par propagation à partir de l'anomalie. Un tableau dans Anderson and Mikhail [1998] ou Davis et al. [1981] indique un arpentage soigné $\pm 1/100$, stadia $\pm 1/300$, ruban $\pm 1/1000$. Dans ce cas, l'arpentage serait marginalement acceptable, mais probablement pas si le terrain était accidenté.

Voir matériel de référence essentiel : Ghilani & Wolf, 2006, Surveys & Mapping Branch, 1978; Anderson & Mikhail, 1998, ou Davis et al., 1981

Q5.12. Le rapport de l'erreur de fermeture [“RoM”] dans un cheminement est souvent appelée la « précision » du cheminement. En examinant les facteurs associés à l'incertitude associée au RoM dans un cheminement qui unit deux paires de monuments coordonnés (non pas de « contrôle », expliquez si le choix du mot précision est juste et, si non, quel pourrait être un terme plus approprié et pourquoi.

Réponse :

Considérez le fait que les coordonnées des monuments comportent un facteur d'incertitude tant systématique qu'aléatoire, tout comme la connexion du cheminement.

Voir matériel de référence essentiel : Ghilani & Wolf, 2006; Ghilani & Wolf, 2008; Anderson & Mikhail, 1998; Blachut et al., 1979

Q5.13. Le but d'un réseau géodésique [directions, angle zénithal, distances spatiales] est habituellement de déterminer la position des stations du réseau. Si, toutefois, un réseau comporte des points sur une structure sensible et qu'il est observé à répétition, les données obtenues peuvent être utilisées pour surveiller la déformation géométrique de la structure. À ce moment, habituellement, le mouvement « absolu » plutôt que « relatif » des points de la structure [les “points objets”] peut être décrit vis-à-vis les stations du réseau [les “points de référence”]. Le déplacement relatif des points de la structure comporte habituellement l'utilisation d'instruments géotechniques.

- a. Expliquez les facteurs à considérer lorsqu'on compose avec une surveillance « absolue » à long terme (annuellement, sur plusieurs décennies) et quelles sont les actions entreprises normalement au sujet de ces facteurs.

- b. Expliquez pourquoi l'instrumentation géotechnique est habituellement est plus apte à être utilisée pour surveiller le mouvement relatif et donnez un exemple pour appuyer votre explication.

Voir matériel de référence essentiel : anon., 2002; Chrzanowski, 1993; Cooper, 1987

Q5.14. Plusieurs agences fédérales, provinciales ou d'États exigent, souvent par voie de législation, que l'équipement utilisé pour effectuer des levés cadastraux soient testés ou étalonnés. En utilisant un exemple [équipement particulier, agence], expliquez la raison de la mise en place de ces exigences, ce qui doit être testé, ce qui est observé, de quelle manière ces observations sont traitées (ce qui est effectué et par qui), quelle vérification des résultats doit être effectuée et quelle utilisation est faite de ces résultats.

Voir matériel de référence essentiel : anon., 2007b; Fronczek, 1980; Office of the Surveyor General Victoria, 2008; Rieger, 1996

Q5.15. Les points A, B, C, D, et E sont pratiquement en ligne droite. Les coordonnées des points A et B sont connues et réputées être sans erreur. Le point E doit être établi à partir des points A et B à partir d'un cheminement qui inclut les points C et D comme stations intermédiaires. Chaque point est situé approximativement à 200 m de son voisin le plus proche. L'angle inclus en B, C, ou D est $\sim 180^\circ$ et la ligne sur laquelle se trouvent les 5 points est considérée parallèle à la coordonnée sur l'axe des x.

- Si chacun des angles inclus à un écart-type de $\pm 5''$, quelle est l'erreur latérale aléatoire [par ex., σ_y] associée à la position du point E ?
- Quels équipements et procédures choisiriez vous afin d'atteindre un écart-type de $\pm 5''$ dans un angle ?
- Si les azimuts, plutôt que les angles inclus, étaient observés [$\pm 5''$] aux points B, C, et D, quelle serait l'erreur aléatoire latérale du point E ?
- Quels équipements et procédures recommanderiez-vous pour atteindre un écart-type de $\pm 5''$ dans un azimut ?
- Expliquez l'influence d'erreur dominante qui affecte ce cheminement
 - d'une manière aléatoire,
 - d'une manière systématique.
- Expliquez pourquoi l'observation des azimuts pourrait être préférable à l'observation des angles inclus dans cette situation.

Réponse:

- $\pm 0,0181$ m
- Examinez le choix de l'instrument, les effets du centrage, du nivellement, du pointage et de la lecture en fonction des longueurs de visée et du nombre d'ensembles. Puisque qu'il n'est pas fait mention d'une inclinaison appréciable, l'effet du nivellement peut être considéré comme étant négligeable. Une telle hypothèse doit cependant être indiquée dans la réponse.
- $\pm 0,0083$ m
- Comme en b., avec un choix limité [pensez effectuer des observations dans les deux directions, en plus de répéter les ensembles, et d'en faire la moyenne et que

le GAK1, ou son équivalent peut être installé sur un T16 ou un T2 ou autre théodolite ou station totalisante dotée d'une ferrure de support appropriée].

Voir matériel de référence essentiel : Chrzanowski & Robinson, 1981; Anderson & Mikhail, 1998 (ou équivalent); Chrzanowski, 1981; Chrzanowski, 1993; Blachut et al., 1979

Q5.16. Des observations de α *Ursae Minoris*, sont effectuées à $\phi \geq 50^\circ$ en plusieurs emplacements au Canada. Comme avec toute autre mesure angulaire, une moyenne des déterminations, par la méthode de l'angle horaire à partir de plusieurs ensembles améliore la précision de l'azimut. La précision de la détermination pourrait être améliorée en utilisant plusieurs ensembles. Tenant pour acquis qu'un instrument de précision comparable à un Wild T2 [micromètre : 1"; 28X; fiole de monture: 20"/div; fiole index: 30" avec vue à coïncidence] ont été utilisés et que le RO est à au moins 250 m, expliquez les influences systématiques qui pourraient affecter une détermination ou ensemble uniques, et comment la précision pourrait être améliorée en utilisant plusieurs ensembles.

Réponse :

Puisque $\phi \geq 50^\circ$, ensuite $v \geq 50^\circ$ un mauvais nivellement peut avoir une influence marquée. Le visionnement direct de la fiole de monture se propagerait en une contribution d'incertitude de $\pm 4.77''$ into the angle to the RO. Examinez ce qui doit être fait entre les ensembles afin de réduire celle-ci des points de vue systématique et aléatoire.

Voir matériel de référence essentiel : Blachut et al., 1979; Cooper, 1982; Ghilani & Wolf, 2006; Chrzanowski, 1993; Anderson & Mikhail, 1998

Q5.17. Les arpentages de retracés font souvent appel à l'utilisation à des bornes de levés coordonnées, leurs coordonnées servant de preuve. Dans certaines provinces ces coordonnées sont issues de levés effectués dans les années 70. À cette époque, des ordres de contrôle étaient utilisés pour décrire la qualité des coordonnées.

- Explain the concept behind orders of control and how the orders relate to marker spacing, the quality of their coordinates and their relative precision.
- Explain how you would integrate this information with modern positioning efforts, esp. if you were incorporating this in the design of a survey.
- Explain whether using coordinated monuments in a province-wide system would be suitable as "control" for a project requiring high relative precision, e.g., 1 in 200 000.

Voir matériel de référence essentiel : Blachut et al., 1979; Ghilani & Wolf, 2006; Cooper, 1987; FGDC, 1998b

Q5.18. Un arpentage de retracé récent a donné des coordonnées pour les coins des parcelles dérivées du raccordement de quatre bornes de levés coordonnées. Le levé précédent a rendu des coordonnées des coins de parcelles dérivées du raccordement des quatre bornes qui diffèrent de celles utilisées lors du levé plus récent. Les deux ensembles de coordonnées des coins des parcelles ne sont pas identiques.

- Expliquez pourquoi elles seraient différentes, tenant compte des erreurs systématiques et aléatoires.
- Expliquez comment vous établiriez que les différences entre les coordonnées pourraient être marquées du point de vue statistique.

Voir matériel de référence essentiel : Blachut et al., 1979; Ghilani & Wolf, 2006; Cooper, 1987; Chrzanowski, 1981

Q5.19. Un système d'élévations à l'échelle du Canada est fourni par les repères de nivellement établis par la Division des levés géodésiques du Canada.

- a. Explain the concept behind orders of vertical control and how the orders relate to benchmark spacing, the quality of their elevations.
- b. Explain how you would integrate this information with modern positioning efforts, esp. if you were incorporating this in the design of a three dimensional survey, e.g., by total station.
- c. Explain whether using these elevations would be suitable as "control" for a project requiring high precision, e.g., ± 1 mm or better over an area of 200 m by 200 m.

Voir matériel de référence essentiel : Blachut et al., 1979; Ghilani & Wolf, 2006; Cooper, 1987; Surveys and Mapping Branch, 197

Q5.20. A repetition instrument [theodolite or total station] can be used as a direction instrument if its lower motion remains clamped. Even so, a crusty older party chief insists that the repetition method is better than the direction method since it is faster in observing and is more precise. Consequently, he has decided to use the repetition method with the instrument even though the specifications say that the angles are to be measured as directions. Explain whether he is justified in doing so.

Réponse :

When only two directions are involved, i.e., in an angle, the repetition method is faster since fewer readings are taken and has a lower standard deviation. This can be shown by examining the formulae presented by Ghilani & Wolf, 2006 and by Anderson & Mikhail, 1998. If three or more directions are involved, it is more efficient to observe as directions rather than as several angles.

Voir matériel de référence essentiel : Ghilani & Wolf, 2006; Ghilani & Wolf, 2008; Anderson & Mikhail, 1998; Blachut et al., 1979]