

Burkina Faso

Unité – Progrès – Justice



Programme de Renforcement de la Formation Professionnelle

Support pédagogique modulaire de
formation professionnelle

Filière : Génie civil

Spécialité : Coffrage

Module : **09 Travaux pratiques de mesure
et d'implantation
(Niveau de base)**

Auteur: TSAI, Mou-Cheng

Table des matières

Pratique I. Principe d'arpentage.....	1
Pratique II. Mesure de la distance.....	7
Pratique III. Nivellement de l'élévation différentielle.....	12
Pratique IV. Mesures d'angles.....	20

Pratique I. Principe d'arpentage

(I) Objectif Présentation des bases d'arpentage

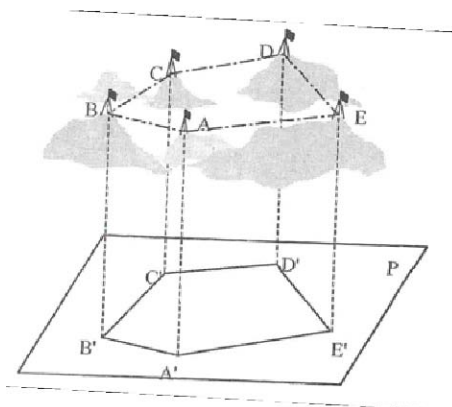
(II) Points principaux de l'exercice :

1. Définition de base

(1) Importance et étendue de l'arpentage

Traditionnellement, l'arpentage est utilisé pour étudier la forme et la taille des terrains, et la forme et l'emplacement spatial d'objets respectifs sur le terrain, permettant à des personnes de comprendre les apparences naturelles de la surface du terrain, pour la planification et l'utilisation des ressources naturelles.

Que ce soit pour l'infrastructure économique ou la défense nationale, les travaux d'arpentage sont nécessaires aux stades de l'évaluation du site, de la conception, de la construction, de l'achèvement, de l'entretien et de la réparation ; l'arpentage précède toutes ces opérations. Au fur et à mesure que la technologie progresse, la gravité des travaux d'arpentage augmente jour après jour dans l'économie nationale et les infrastructures de la défense nationale. L'arpentage est inévitablement impliqué dans des activités scientifiques telles que la prévision sismique, les enquêtes de ressources de fonds marins, le forage des puits de pétrole offshore, l'installation de câbles souterrains, la surveillance et l'investigation après des catastrophes, et le positionnement dans l'espace.



Principes d'arpentage pour les cartes

(2) Portée du travail des arpenteurs

Partie 1 :

- A. Étudier le champ de gravité et le champ magnétique de la terre, étudier la distribution de la densité interne de la terre et déterminer la forme et la taille de la terre. [Géodésie]
- B. Mesurer et dessiner la position, la forme et la surface d'une région avec le terrain et les objets sur la surface du sol, avec les résultats exprimés dans des cartes, des fichiers ou des tableaux. [Arpentage et topographie]
- C. Diriger et vérifier la construction des structures pour assurer l'exactitude. Fournir en outre des données de surveillance pour les références de la construction des bâtiments et de la sécurité. [Arpentage et ingénierie]

Partie 2 :

- A. Positionnement des objets volants ou terrestres. [Navigation]
- B. Positionnement des objets au sol (y compris les structures artificielles), internes ou externes sur la surface du sol.

Partie 3 :

Vérification des bordures des terrains et enregistrement des terres. [Arpentage et cadastre] (Y compris la mesure de la superficie et l'arpentage cadastral.)

Partie 4 :

Collecte, stockage, extraction, analyse et affichage des données spatiales (y compris la géographie et le terrain). [Géographie / Système d'information de terrain]

(3) Systèmes d'informations géographiques et de terrains

Le système d'informations de terrains et le système d'informations géographiques sont des nouveaux domaines de l'arpentage. Ces systèmes basés sur ordinateur peuvent être utilisés pour stocker, intégrer, traiter, analyser et afficher des informations spatiales pertinentes. Les systèmes d'information géographique (SIG) ont été utilisés par les gouvernements et les entreprises comme outils auxiliaires dans la gestion et la prise de décision. Les principales applications comprennent la gestion des ressources naturelles, la sélection de l'emplacement et la gestion des installations respectives, la modernisation des données cadastrales, les statistiques de la population et l'analyse du marché, les interventions d'urgence et l'expédition de véhicules, la gestion d'équipements publics, et la surveillance régionale, nationale ou même mondiale de l'environnement.

2. Connaissances de base sur l'arpentage

(1) Forme et taille de la terre

La plupart des cartes expriment les conditions de surface de la terre via un plan, ce qui exige la conversion des relations géométriques de la forme en une autre forme. Pour la conversion des relations géométriques sur la surface de la terre dans une carte plane, les étapes sont les suivantes :

- A. La forme géographique régulière qui détermine la terre est l'Ellipsoïde de référence (la forme géographique la plus proche de la forme réelle de la terre) ;
 - B. Transfert et position de la Terre sur l'Ellipsoïde de référence ;
 - C. Modifier l'Ellipsoïde dans un plan (méthode de projection cartographique)
 - D. Niveau moyen de la mer : Comme le niveau de la mer varie lorsque la marée monte et descend, la valeur moyenne est donc considérée comme la norme pour la représentation de la forme de la terre. Ceci est une surface de niveau d'une position gravitationnelle spécifique, à savoir un plan géodésique ou géoïde.
 - E. Figure de la Terre : La taille de la terre déterminée par le rayon long, le rayon court et le ratio de la planéité de la terre. Actuellement, notre pays adopte GRS67
- Figure de la Terre, les valeurs sont :

$$a = 6\,378\,160\text{m} ; b = 6\,356\,775\text{m} ; f = 1/298,247167427$$

Tableau comparatif des figures de la Terre mesurées en années respectives

Calculé par	Année	Rayon long a(m)	Rayon court b(m)	Ratio de la planéité 1/f
Delambre	1800	6 375 653	6 356 564	334
Bessel	1841	6 377 397	6 356 079	299,2
Clark	1880	6 378 249	6 306 515	293,5
Hayford	1909	6 378 388	6 356 912	297,0
Krassovsky	1940	9 378 245	6 356 863	298,3
Kuala	1967	6 378 160	6 356 775	298,247
IUGG	1975	6 378 140	6 356 755,3	298,257
IUGG	1980	6 378 137	6 356 752	298,257
IUGG	1986	6 378 137	6 356 752	298,257

(2) Concept des coordonnées d'arpentage

Dans le système de coordonnées, la chaîne et la trame définissent l'orientation principale. En outre, un radian peut être utilisé pour permettre la mesure de la distance sur une surface sphérique ; la méthode est appelée Système de coordonnées géodésiques ou système de coordonnées géographiques.

A. Système de coordonnées géodésiques :

Les coordonnées géodésiques, ou les coordonnées du terrain, sont une méthode pour exprimer une position par les divisions de la chaîne et la trame sur la terre.

※ Précision géodésique :

Prenant l'axe de rotation de la terre comme l'axe de rotation de l'ellipsoïde, une extrémité est l'Arctique et l'autre est l'Antarctique. Le plan passant par l'axe de rotation est un plan méridien. Le plan passant au centre de l'ellipsoïde et perpendiculaire à un plan méridien est l'équateur. Le plan d'intersection du plan méridien et de la surface de l'ellipsoïde est un grand cercle, à savoir une chaîne ou un méridien. La chaîne passant par l'Observatoire de Greenwich est le méridien, une base pour la mesure de précision est-ouest.

B. Système de coordonnées géographiques :

※ Projection de Mercator transverse :

TM simplifié, également connu sous le nom de projection Gauss-Krueger. Les zones TM3° et TM2° utilisées à Taiwan appliquent E 121° comme la chaîne centrale. Le ratio de la zone 3° est 1, le ratio maximum de dimension est 1,00037 ; l'erreur de dimension maximale est 1/3 000. L'intersection de l'origine et du centre de la chaîne se déplace horizontalement à l'ouest par 350 000m. Le ratio de dimension de la chaîne centrale de zone 2° est 0,9999, le ratio de dimension maximale est 1,00005, l'erreur de dimension maximale est 1/10 000 ~ 1/20 000, l'origine des coordonnées est l'intersection de la chaîne centrale et de l'Équateur. La coordonnée horizontale se déplace horizontalement à l'ouest par 250 000m.

※ Carte topographique :

Une carte topographique est une carte qui montre l'emplacement des routes, des rivières, des groupes et des séries d'objets fixes ainsi que les ondulations topographiques, grâce à un dépistage exhaustif et mise à l'échelle, tracés sur la carte avec une projection orthogonale en utilisant des symboles et des expressions fixes.

※ Principes d'arpentage pour les cartes :

Trois principes pour la mesure entre des points dans l'arpentage pour les cartes :

- (A) La mesure entre deux points sur la surface de la terre se réfère à la distance horizontale.
- (B) La mesure de l'angle d'inclusion de deux côtés se réfère à l'angle formé par la projection de 2 plans verticaux passant à travers 2 côtés de l'angle sur le plan horizontal. Cet angle est appelé Angle horizontal en arpentage.
- (C) La hauteur différentielle des divers points de la terre se réfère à la différence le long de la direction de la ligne d'aplomb vers le niveau géodésique, ou les différences d'altitude.

3. Théorie d'erreurs

(1) Concepts de probabilité et de statistiques

Après l'élimination des erreurs et la correction des erreurs système, la mesure observée est une variable aléatoire basée sur des erreurs accidentelles. Afin de réaliser des propriétés aléatoires de mesures observées, une valeur spécifique doit

être mesurée à plusieurs reprises. La distribution de la fréquence des mesures représente l'état de variations aléatoires. Avant d'étudier la théorie d'erreurs, il est essentiel de connaître les concepts fondamentaux des statistiques.

A. Distribution normale :

La fonction de distribution la plus couramment utilisée dans les statistiques pour analyser les données respectives (y compris les données d'arpentage). Les caractéristiques de cette fonction sont affectées par deux paramètres, à savoir la valeur moyenne μ et l'écart-type (σ). Puisque la distribution normale est symétrique, alors le Médian (se réfère à la valeur où l'axe vertical sépare la zone encerclée par la courbe en deux moitiés égales.) et le Mode (se réfère à la fonction de densité des variables aléatoires au point est un maximum absolu.) sont tous deux égaux à la valeur moyenne μ . D'autres significations importantes de μ et σ sont aussi décrites dans la figure suivante :

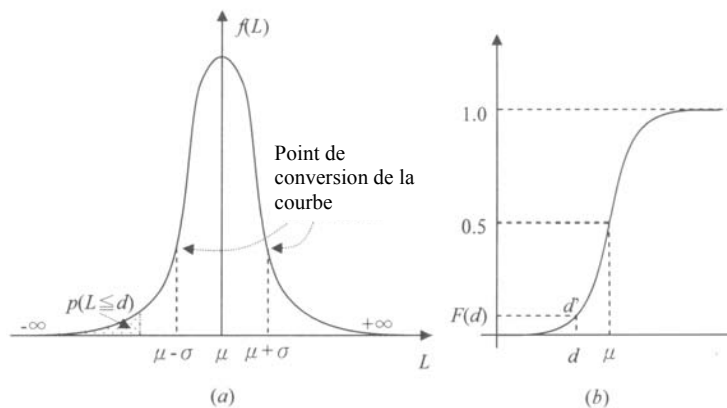


Fig.3-3 (a) Fonction de densité normale (b) Fonction de distribution normale

B. Statistiques d'échantillons :

Le processus d'estimation de la distribution de la probabilité en utilisant des mesures observées. Principalement pour le calcul :

(A) Paramètres de position : Valeurs moyennes, médians, modes, etc., des échantillons.

(B) Paramètre de dispersion : étendue, écart de valeur-moyenne, écart type et écart carré.

(2) Erreurs d'observation

La mesure est le travail essentiel des travaux d'arpentage. Toutes les mesures observées auront inévitablement des erreurs (notamment des erreurs d'observation), donc toutes les valeurs observées ne sont pas de vraies valeurs ; en d'autres termes, toutes les mesures observées sont variables (à savoir des Variables aléatoires).

(3) Types d'erreurs

Principales causes d'erreurs : Humain, instrument, et environnement naturel, sont 3 facteurs appelés conditions d'observation. Sur la base des propriétés, les erreurs d'observation peuvent être classées comme suit :

A. Erreurs majeures

Aussi connues comme erreur grossière ou faute, causées par la négligence humaine, le manque d'expérience, ou l'inattention, telles que : erreur de lecture, erreur d'enregistrement, etc. Aucune erreur n'est autorisée avec les mesures, ou les valeurs observées doivent être abandonnées.

B. Erreurs systématiques :

Effectuez une série d'observations d'une valeur fixe dans des conditions d'observation identiques, si une tendance constante d'observation est dans une plage +/- de la valeur, ou une variation régulière ou une constante, ce type d'erreur est appelé une erreur systématique.

C. Erreurs accidentelles ou erreurs aléatoires

Effectuez une série d'observations d'une valeur fixe dans des conditions d'observation identiques, si l'écart des résultats de l'observation montre une incohérence dans la plage +/- ou la taille, et aucune règle régulière ne peut être remarquée, ces erreurs sont accidentelles. Par exemple : Les erreurs de lecture des chiffres décimaux, etc.

(4) Caractéristiques des erreurs accidentelles

Régularités de base des erreurs accidentelles :

- A. Sous des conditions d'observation fixes, la valeur absolue des erreurs accidentelles ne doit pas dépasser une certaine limite, et les erreurs extrêmes sont rares.
- B. Les erreurs avec des petites valeurs absolues sont plus fréquemment rencontrées que celles avec des grandes valeurs absolues.
- C. Les erreurs plus ou moins avec la même valeur absolue ont la même probabilité d'occurrence.
- D. Lorsque le nombre d'observations augmente à l'infini, la valeur moyenne des erreurs accidentelles approche zéro, et l'espérance mathématique est nulle.

(5) Indice d'évaluation de la précision

A. Erreur moyenne

La moyenne mathématique des valeurs absolues des erreurs accidentelles

$$\bar{\xi} = \pm \frac{|\xi_1| + |\xi_2| + \dots + |\xi_n|}{n} = \pm \frac{\sum |\xi_i|}{n}$$

Mais la vraie erreur est inconnue, et donc représentée par $\xi = \pm \frac{[v]}{n}$.

Où ξ est la vraie erreur, $\xi = \text{valeur observée} - \text{vraie valeur}$;

v est l'écart de la valeur la plus probable, $v = \text{valeur observée} - \text{valeur moyenne}$

B. Erreur type

L'erreur type est la racine carrée de (valeur moyenne du carré d'erreur).

※ Pour l'observation équipondérante

$$s^2 = \frac{|\xi_1^2| + |\xi_2^2| + \dots + |\xi_n^2|}{n} \quad \text{Ou} \quad s = \pm \sqrt{\frac{\sum \xi_i^2}{n}}$$

Mais la vraie erreur est inconnue, donc représentée par v la valeur la plus probable de l'erreur

$$S = \pm \sqrt{\frac{|vv|}{n-1}} \quad \text{----- Ceci est l'erreur type des valeurs d'observation.}$$

est ainsi l'erreur type ou la valeur la plus probable (valeur moyenne) :

$$S = \frac{s}{\sqrt{n}} = \pm \sqrt{\frac{|vv|}{n(n-1)}}$$

※ Pour les observations non pondérées (c'est à dire que la précision de l'observation respective n'est pas égale, le poids d'une observation respective est P_i).

$$\text{Erreur type de la valeur de la } i\text{-ème observation : } s = \pm \sqrt{\frac{|p_{vv}|}{P_i(n-1)}}$$

Et l'erreur type de la valeur la plus probable (valeur moyenne) est :

$$S = \pm \sqrt{\frac{|p_{vv}|}{[p](n-1)}}$$

Où : P_i est le poids de la valeur de la i -ème observation

$$[p] = P_1 + P_2 + \dots + P_i + \dots + P_n$$

$$[p_{vv}] = P_1 v_1^2 + P_2 v_2^2 + \dots + P_i v_i^2 + \dots + P_n v_n^2$$

C. Erreur probable (r)

Obtenue en prenant la valeur centrale des valeurs absolues des erreurs accidentelles observées.

D. Erreur absolue et erreur relative

La valeur absolue de l'erreur type est appelée une Erreur absolue.

Le ratio [Erreur absolue sur la valeur la plus probable x] est une erreur relative.

$$f = \frac{|s|}{x}$$

E. Erreur admissible et erreur limite

La probabilité de $y_i > s$ est d'environ 32%, la probabilité de $y_i > 2s$ est d'environ 5%, la probabilité de $y_i > 3s$ est d'environ 0,3%. Dans l'arpentage, $2s$ est souvent considéré comme une erreur admissible, $3s$ est souvent considéré comme une erreur limite.

F. Divergence

La différence entre deux résultats d'arpentage

G. Précision et exactitude

Précision : Fait référence à la mesure de la proximité entre des mesures répétitives.

Exactitude : Fait référence à la mesure de la proximité entre les mesures et la vraie valeur.

H. La loi de propagation d'erreur

Supposons que x est une fonction non-linéaire arbitraire de valeurs d'observation n individuelles. Elles sont :

I.e., $x=f(l_1, l_2, \dots, l_n)$, l'écart type correspondant à la valeur d'observation l_i est " s_{l_i} ", définissez l'écart type de x comme " s_x ", puis :

$$s_x = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial l_1}\right)^2 s_{l_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial l_2}\right)^2 s_{l_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial l_n}\right)^2 s_{l_n}^2}$$

Pratique II. Mesure de la distance

(I) Objectif de l'exercice :

1. Apprendre les rudiments des mètres à ruban en acier et des instruments de mesure de distance électroniques (EDM).
2. Apprendre les méthodes de mesure avec des mètres à ruban en acier et des instruments de mesure de distance électroniques (EDM).
3. Apprendre à calculer les mesures de distance.

(II) Instrument et matériel pédagogique :

1. Mètre à ruban en acier : Un mètre à ruban en acier. Les mètres à ruban en acier font 10mm de large et 0,2mm d'épaisseur avec différentes longueurs, telles que 20m, 30m ou 50m, enroulées à l'intérieur d'une enveloppe ronde ou sur une structure métallique. L'échelle de base du mètre à ruban en acier est en mm ; les numéros sont indexés à chaque mètre et décimètre. Les mètres à ruban en acier ont normalement une échelle de 0,1mm dans le premier mm ; la longueur totale est donnée en échelles de mm.
2. Mire d'arpentage : La longueur générale est de 2m à 3m, en tige ronde en bois de 3cm de diamètre, ou en alliage d'aluminium ou en plastique. Le corps de la mire d'arpentage est segmenté en intervalles de 20cm recouverts alternativement en rouge et blanc pour une vérification facile. Le but principal de la mire d'arpentage est d'être utilisée comme un repère de point et de direction au cours des travaux d'arpentage.
3. Fiches de mesure : Jeux de 6 ou 11 fiches
4. Fil à plomb : Pour le point de projection.
5. Poids plume et thermomètre : Pour contrôler la tension et mesurer la température.
6. Carnet de notes : Pour écrire les notes et les résultats des travaux d'arpentage, utilisés ultérieurement pour le calcul et la discussion.

(III) Points principaux de l'exercice

1. Mesurer la distance avec un mètre à ruban en acier

(1) Alignement linéaire

Pour faciliter la mesure d'une grande distance entre deux points de la surface du sol ou dans une zone de terrain vallonné, la mesure peut être effectuée en plusieurs segments. L'installation de plusieurs mires d'arpentage sur une ligne linéaire connue est appelé alignement linéaire.

(2) Mesure de la distance

A. Mesure de distance sur un terrain plat

Avant la mesure, identifiez 2 points d'extrémité à mesurer, A et B, avec des piquets en bois (avec un petit clou sur le dessus). Tenez une mire d'arpentage à l'extérieur de chaque point d'extrémité, retirez les obstacles pour obtenir une ligne droite. La mesure peut maintenant être réalisée. La mesure est normalement réalisée par une équipe de 2 personnes. Le deuxième porteur de ruban tient le zéro du ruban au point A, et insère une fiche de chaînage dans A. Le premier porteur de ruban tient la fin du ruban et emmène le reste des fiches (5 ou 10) et avance le long de la direction AB, et s'arrête à la position du tronçon 1. Le deuxième porteur de ruban dirige le premier porteur pour redresser le ruban dans le sens AB. Le deuxième porteur de ruban aligne le zéro du ruban avec le point A, les deux personnes tirent pour resserrer le ruban et le stabiliser, le premier porteur de ruban insère une broche de chaînage à la fin du ruban pour créer le point 1. Ceci conclut la mesure du tronçon 1. Ensuite, le deuxième porteur de ruban retire la fiche de chaînage de A et avance simultanément avec le premier porteur de ruban ; le second tronçon peut être mesuré de la même façon. Répétez la mesure, jusqu'au dernier tronçon (n-B) qui est inférieur à 1 tronçon de ruban. Le premier porteur de

ruban aligne ensuite une échelle entière au point B, pour que le deuxième porteur de ruban puisse lire le ruban au point n ; la longueur du dernier tronçon peut être obtenue par la soustraction de ces deux lectures.

Pour éviter les erreurs de mesure et augmenter la précision de la mesure, la mesure doit être répétée dans les deux sens. Les instructions ci-dessus s'appliquent à la mesure vers l'avant. Pour la mesure vers l'arrière, l'alignement doit être renouvelé. Prenez la moyenne des mesures avant et arrière comme résultat de l'arpentage. La précision des mesures est exprimée par erreur relative, normalement convertie en une fraction avec un numérateur de 1.

B. Mesure de la distance sur une surface inclinée

(A) Mesure horizontale

Lors de la mesure de la distance le long d'une surface inclinée, la mesure peut être effectuée en tirant la bande d'acier à plat si l'angle est modéré. En allant de A à B, la première personne se trouve à A, et dirige le partenaire à marcher dans la direction AB avec le ruban. La première personne aligne le zéro du ruban avec A, le partenaire soulève le ruban et ajuste visuellement le niveau du ruban, et attache la fin du ruban au sol et insère une broche de chaînage. Si la pente est si raide que le nivellement du ruban n'est pas possible, la mesure peut être effectuée en divisant un tronçon en plusieurs segments afin d'effectuer plusieurs mesures horizontales.

(B) Mesure inclinée

Si la pente est régulière, nous pouvons mesurer la distance inclinée L de AB et l'angle d'inclinaison, puis calculer la distance horizontale D.

C. Mesure précise de la distance avec un mètre à ruban en acier

(A) Alignement

Pour faire une mesure précise de la distance de la ligne AB, retirez tout d'abord les obstacles sur la ligne. Ensuite, installez le transit au point A, visant vers B, et procédez à l'alignement en utilisant le transit. Effectuez des mesures générales avec le mètre à ruban en acier, prenez les sections A1, 12, 23 sur la ligne de visée, chacune étant légèrement plus courte que la longueur du mètre. Insérez des grands piquets de bois dans les points des sections d'extrémité respectives, avec le dessus de chaque piquet 3-5cm au-dessus de la surface du sol. Clouez une feuille d'acier inoxydable en haut de chaque piquet. Alignez avec le transit au point A ; sur chaque feuille inoxydable, marquez une ligne qui coïncide avec la direction AB et une autre ligne perpendiculaire à la direction AB, formant des croix, à être utilisées en tant que repères pour la mesure.

(B) Mesure de la distance

- a. Une équipe de mesure se compose normalement de 5 personnes, 2 pour tirer le ruban, 2 pour la lecture, 1 pour la direction et pour l'enregistrement et la vérification de la température ;
- b. Exercez la tension standard spécifiée lors de l'inspection des mètres à ruban en acier (tension standard pour un mètre à ruban en acier de 30m : 10kg) ;
- c. Lors du serrage du mètre à ruban en acier, le premier porteur aligne une échelle entière du mètre avec la croix et prononce l'ordre "Prêt" ; la deuxième personne répond par "OK" ;

- d. Lorsque "OK" est dit, les deux porteurs lisent les valeurs respectives selon les points de croisement, estimées à 0,5mm, et les enregistrent dans le carnet de notes.
- e. Effectuez une mesure vers l'avant jusqu'au point de terminaison comme décrit ci-dessus, suivie immédiatement par une mesure vers l'arrière.

D. Correction de l'erreur du système pour les mesures avec un mètre à ruban en acier.

(A) Correction de la longueur du ruban

La longueur examinée L' du mètre à ruban en acier sous une tension standard et une température standard n'est normalement pas la même que sa longueur nominale L_0 , le différentiel $L = L' - L_0$ est la correction de la longueur de la section de ruban entier. La valeur de correction de la longueur pour toute section de ruban L est $\Delta L_d = (L' - L_0)L/L_0$

(B) Correction de température

Si la température lors de l'examen du mètre à ruban en acier est $t_0^\circ C$, et la mesure est faite à $t^\circ C$, le coefficient de dilatation du mètre à ruban en acier est α , la correction de la température d'une section de mètre à ruban doit être $\Delta L_t = \alpha (t^\circ C - t_0^\circ C) L$

(C) Correction de la pente

Si L est la distance de pente mesurée, h est la hauteur différentielle entre deux extrémités du ruban, pour convertir L en la distance horizontale d' , une correction de pente $\Delta L_h = -h^2/2L$ doit être introduite.

2. Instrument électronique de mesure de distance

(1) Principes de base

La mesure de longues distances est une tâche difficile nécessitant beaucoup de main-d'œuvre avec une faible efficacité de travail, en particulier lorsque cela est effectué dans des régions montagneuses ou des marais. Pour améliorer cette situation, il a été développé des instruments électroniques de mesure de distance (EDM) dans les années 1950. Au cours des dernières années, en raison de l'évolution rapide des technologies électroniques et des microprocesseurs, divers EDM ont été développés et sont désormais utilisés dans les applications de mesure.

(2) Principes de la mesure de la distance

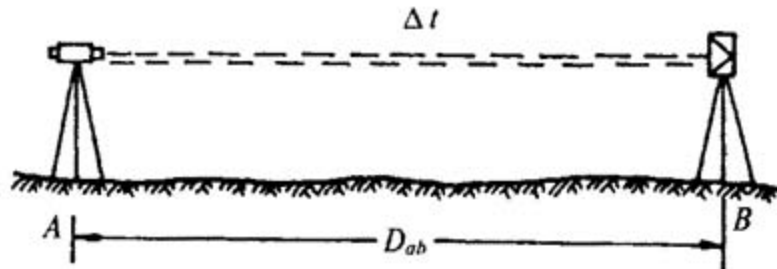
Pour mesurer la distance entre des points A et B, placez l'instrument à A et le réflecteur à B. Le faisceau émis de A à B par l'instrument est réfléchi vers l'instrument. La vitesse de la lumière c est connue, si le temps requis pour le faisceau lumineux de voyager dans les deux sens sur la distance mesurée D . t_{2D} est connue, la distance D peut être déterminée par l'équation suivante. $D = \frac{1}{2}ct_{2D}$

Où $c = c^\circ/n$, c° est la vitesse de la lumière dans le vide ; la valeur est 299792458m/s ; n est l'indice de réfraction de l'atmosphère, lié à la longueur d'onde de l'utilisation de la source de lumière de l'instrument, la température t dans la ligne mesurée, la pression atmosphérique P et l'humidité e .

La précision de la mesure de distance dépend principalement de la précision de la mesure du temps t_{2D} . Par exemple, si une précision de $\pm 1\text{cm}$ est nécessaire pour la distance mesurée, la précision de la mesure du temps doit être 6 à $7 \times 10^{-11}\text{s}$, ce qui est impossible à réaliser. Par conséquent une mesure indirecte est souvent utilisée. t_{2D} La méthode de mesure indirecte pour t_{2D} peut être l'une des deux qui suivent :

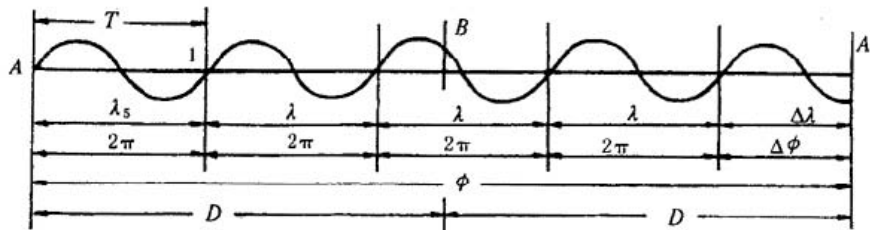
A. Mesure de distance de type impulsions

Le système d'émission de l'EDM émet des impulsions lumineuses, elles sont réfléchies par la cible et reçues par le système de réception de l'EDM. Le nombre d'impulsions d'horloge par intervalles de temps () nécessaires pour que l'impulsion lumineuse parcourt la distance dans les deux sens est mesurée pour calculer la distance D . Puisque le compteur de fréquence est normalement 300MHz (300×10^6 Hz), la précision de mesure de distance est de 0,5m, ce qui est faible.



B. Mesure de la distance par phase

Le système d'émission de l'EDM émet une onde lumineuse continue modulée ; la distance D est déterminée en mesurant le déphasage de l'onde lumineuse modulée générée par le voyage dans les deux sens de la ligne mesurée. Les instruments EDM infrarouges utilisent généralement la méthode par phase pour la mesure de la distance.



(IV) Résultats et discussions

1. Signification : Comme le terme l'indique, la distance entre deux points de mesure est appelée mesure de distance ou métrage. Les tâches de mesure de distance peuvent être effectuées en utilisant une mesure visuelle de la distance, un mètre à ruban, une mesure avec une caméra, la mesure de l'inertie, un système de positionnement par satellite et des instruments électroniques de mesure de distance.
2. La distance entre deux points est la distance horizontale de la ligne droite entre les points ; en plus de la distance, la direction de la ligne est également nécessaire. La direction est un terme relatif, qui respecte une certaine direction standard, à savoir la direction de base. Par conséquent, le sens d'une ligne se réfère à la direction relative par rapport à la direction de base.
3. Il existe de nombreuses méthodes pour mesurer les distances. Ce cours pratique se concentre sur la mesure avec un mètre à ruban en acier. La mesure de la distance avec un mètre à ruban en acier est divisée en 2 parties : Méthode générale et méthode de précision. Pour la méthode générale, une mire d'arpentage est utilisée pour l'alignement visuel, qui est de plus divisé en des mesures du niveau terrestre et du niveau de la pente. La mesure est normalement en mm, généralement effectuée dans les deux sens pour le calcul de l'erreur relative. La mesure de précision utilise un transit pour l'alignement et les mesures approximatives par un mètre à ruban en acier avec l'insertion de piquets de bois. Suivie par la mesure de la distance à l'aide d'un mètre à ruban en acier étalonné. 3 mouvements

du mètre à ruban en acier sont effectués pour chaque mètre-section pour obtenir 3 résultats ; si la déviation des 3 résultats est conforme aux exigences, prenez la moyenne. Les valeurs mesurées sont en “mm ”. Une mesure dans le sens opposé est alors effectuée. Le nombre de mesures pour chaque ligne dépend des exigences et des spécifications requises. Les corrections de la longueur du ruban, de la température, de l'inclinaison, etc. doivent toutes être effectuées pour chaque section, pour garantir l'exactitude des résultats de l'arpentage.

Pratique III. Nivellement de l'élevation différentielle

(I) Objectif de l'exercice :

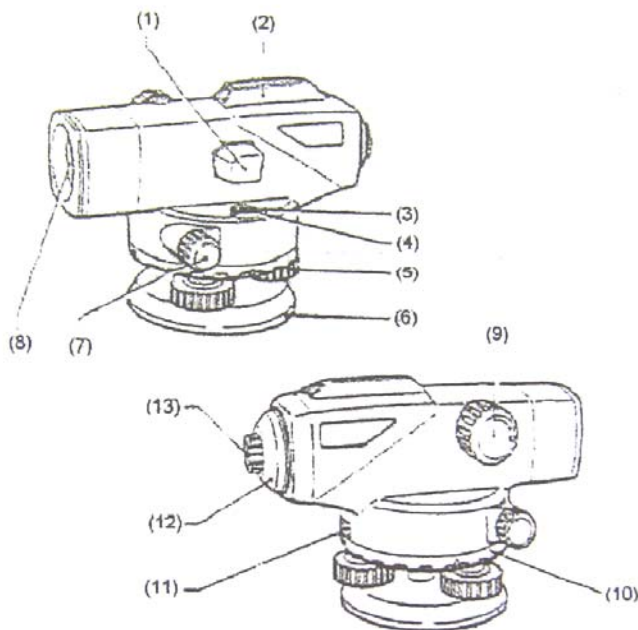
- A. Comprendre la théorie du principe et l'utilisation correcte des tachéomètres
- B. Apprendre comment faire l'arpentage avec un tachéomètre
- C. Apprendre comment faire pour effectuer le calcul de bureau des données de niveau d'élevation différentielle

(II) Instrument et matériel pédagogique :

- A. Tachéomètre : Il y a plusieurs types de tachéomètres : Tachéomètre avec télescope rotatif, tachéomètre avec télescope fixe, et tachéomètre à vis inclinée. Cet instrument se compose principalement d'un télescope et d'un dispositif de mesure de niveau qui sont capables de tourner par 360 degrés pour la mesure de l'élevation.
- B. Mire de nivellement (Personnel) : Également appelée échelle de boîte ou une mire d'arpentage ; il en existe de nombreux types utilisés pour le nivellement direct, le nivellement indirect, la mesure de la distance visuelle, etc. Il s'agit d'un type d'extension, généralement en 3 étapes avec une longueur totale de 5m.
- C. Trépied : Se compose de 3 pieds de longueur égale et réglable. Utilisé pour fixer une table horizontale, un tachéomètre ou un transit. (Différents trépieds sont utilisés pour différents instruments).
- D. Mètre à ruban : Aussi appelé un mètre de ceinture, fait de tissu métallique synthétique. Les plus couramment utilisés sont les mètres en tissu et en bande d'acier ; la longueur varie généralement de 10m, 20m, 30m, 50m, etc. Un outil essentiel pour l'arpentage.
- E. Carnet de notes : Pour l'enregistrement des procédures et des résultats de l'arpentage, pour collation et discussions ultérieures.

(III) Points principaux de l'exercice

1. Noms des pièces d'un tachéomètre :



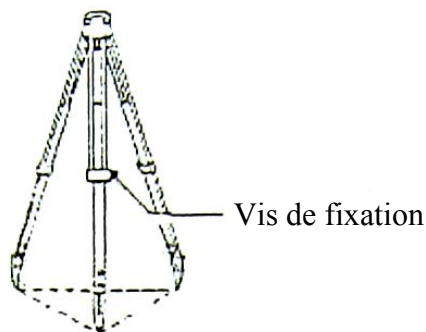
- (1) Prisme réflecteur
- (2) Visueur
- (3) Vis de réglage de la bulle ronde
- (4) Bulle ronde

- (5) Vis de nivellement
- (6) Base
- (5) Roue d'ajustement précis
- (8) Objectif d'objet
- (9) Roue de mise au point
- (10) Anneau d'index horizontal
- (10) Fenêtre d'index horizontal
- (12) Capuchon de la vis de réglage
- (13) Oculaire

2. Préparatifs avant l'arpentage :

- (1) Installation de l'instrument

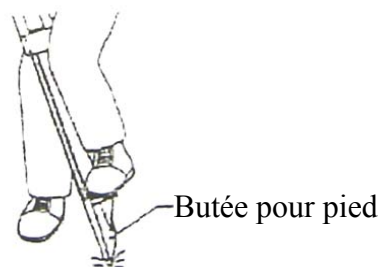
A. Relâchez la ceinture en cuir du trépied, desserrez la(les) vis de fixation.



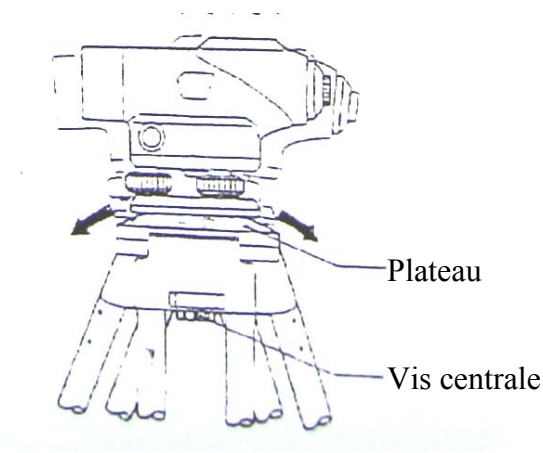
B. Avant d'étaler les pieds, étendez les pieds de telle sorte que la tête du trépied soit à la bonne hauteur, serrez la vis de fixation.

C. Étalez les 3 pieds pour former un triangle équilatéral.

D. Nivelez approximativement la tête, appuyez avec le pied sur la butée pour fixer le trépied.



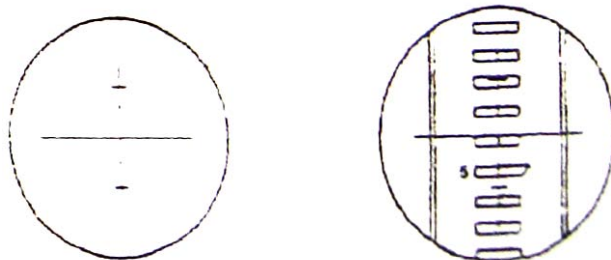
E. Placez le tachéomètre sur le plateau du trépied. Fixez avec la vis centrale.



- F. Pour un plateau sphérique, desserrez légèrement la vis centrale ; maintenez la base des 2 mains pour faire coulisser le tachéomètre sur le plateau sphérique, pour l'introduction d'une bulle d'air dans le cercle.
- G. Serrez la vis centrale.
- H. Serrez la vis de nivellement pour centrer la bulle d'air dans le cercle.

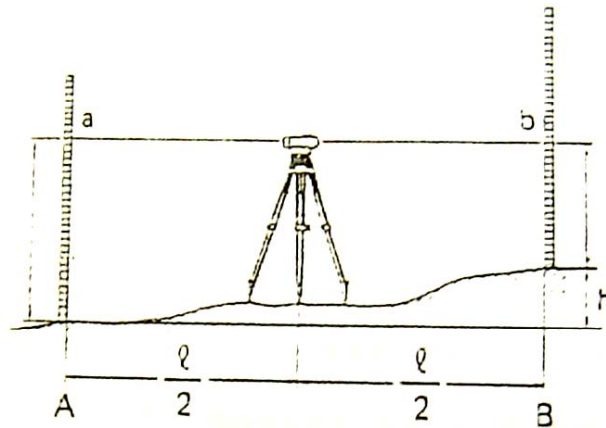


- I. Visée
- (A) Regardez à travers la visée brute pour viser l'objectif sur la cible.
- (B) Tournez lentement l'oculaire, arrêtez de tourner lorsque la ligne de croix de la plaque d'index est sur le point de devenir flou.
- (C) Tournez la roue du réglage précis du télescope pour centrer la cible dans le champ de vision ; tournez le bouton de mise au point pour effectuer la mise au point sur la cible.
- (D) Regardez dans le télescope et déplacez votre œil de haut en bas et de gauche à droite.
- (E) Vérifiez que la cible est stable par rapport aux lignes de croix et qu'il n'y ait aucune parallaxe relative ; la préparation avant l'arpentage est terminée. S'il y a une parallaxe relative, recommencez à partir de l'étape (B).
(Une parallaxe relative lors de l'étape (E) entraînera une erreur dans les mesures, cette procédure doit donc être effectuée avec un soin extrême.)



3. Méthode de mesure :

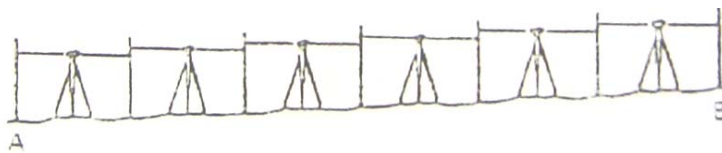
- (1) Installez l'instrument au centre entre les points A et B. (PS : Si l'instrument est placé au centre entre A et B, le résultat ne sera pas affecté, même s'il existe un léger dénivellement de l'axe de visée. Pour minimiser l'erreur, centrez l'appareil autant que faire se peut).



- (2) En visant le point A ; obtenez une lecture sur l'échelle (mire) : a (valeur à l'arrière).
(3) En visant le point B ; obtenez une lecture sur l'échelle (mire) : b (valeur à l'avant).
(4) La valeur de a-b est la hauteur différentielle entre A et B.

$$h = a - b = 1,735\text{m} - 1,224\text{m} = 0,511\text{m}$$

PS : Si la distance est longue ou la hauteur différentielle importante entre A et B, la mesure peut être effectuée en divisant le champ en plusieurs sections.



- (5) Le calcul se fait comme suit :

Hauteur différentielle = (La somme des valeurs arrières) - (La somme des valeurs avants)

Altitude du point mesuré = Altitude du point connu + Hauteur différentielle

4. Inspection et étalonnage d'un tachéomètre

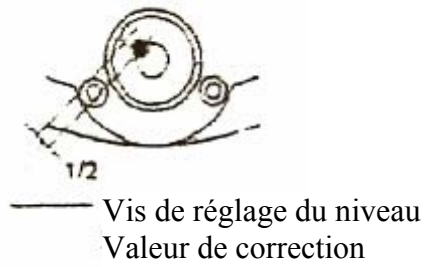
- (1) Bulle ronde

A. Serrez la vis de nivellement pour centrer la bulle d'air.

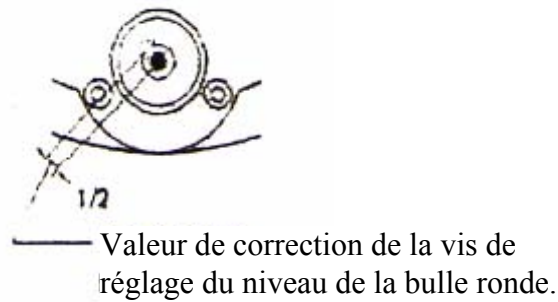
B. Tournez l'instrument sur 180 degrés. L'instrument est normal si la bulle d'air reste au centre. En cas d'écart, réglez comme suit.



C. Refaites la moitié de l'écart avec la vis de nivellement.



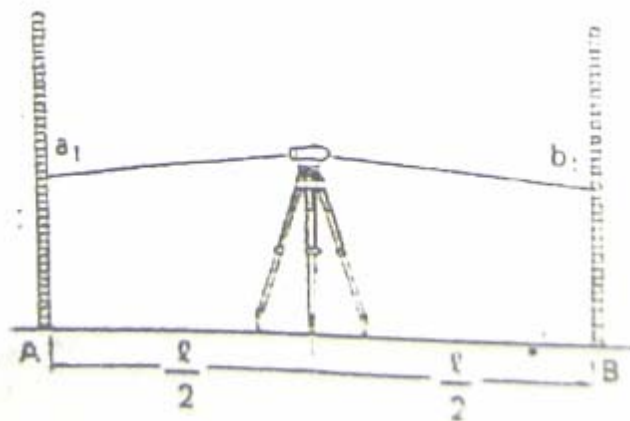
D. Corrigez la moitié restante de l'écart en ajustant la vis de réglage (3) du niveau de la bulle ronde en utilisant une clé hexagonale, pour centrer la bulle.



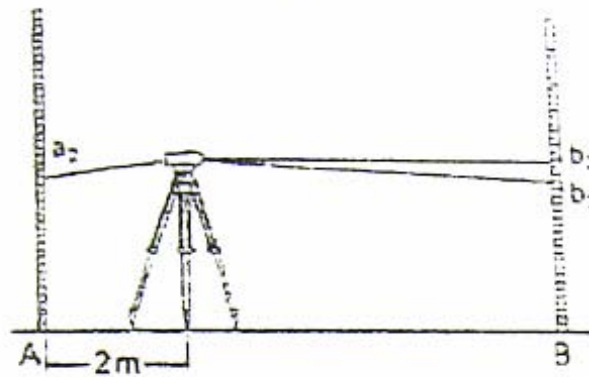
E. Répétez les étapes ci-dessus jusqu'à ce que la bulle soit bien centrée lorsque vous mettez l'instrument dans n'importe quel sens.

(2) Croix de la plaque d'index

A. La distance entre le point A est environ 50m, installez l'instrument au centre et obtenez des lectures pour A1 et B1.



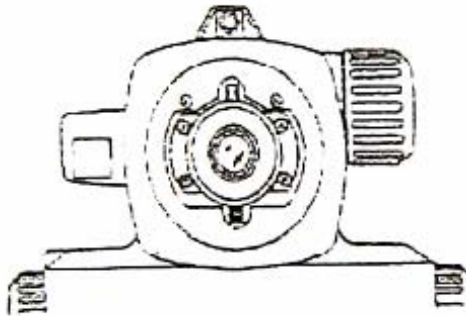
B. Installez l'instrument à 2m du point A et obtenez des lectures pour A2 et B2.



Le télescope est maintenant pointé vers B.

Remarque : Calculez $b1' = a1 - (a1 - b1)$. Si $b2' = b2$, la croix (réticule) de la plaque d'index est normal. Autrement, faites le réglage suivant.

C. Tournez vers la gauche pour enlever le capuchon de la vis de réglage (12).



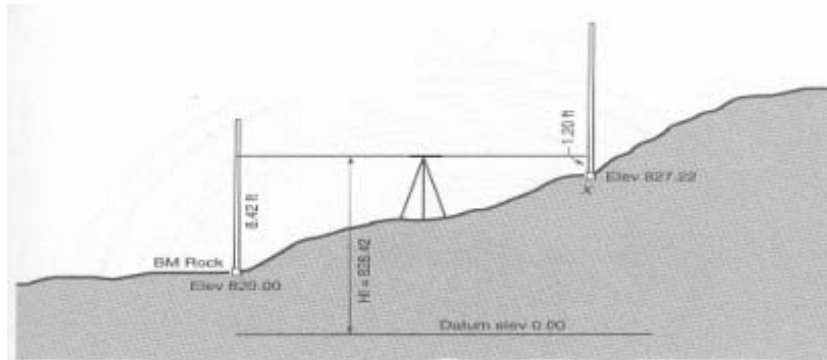
D. Ajustez la croix de la plaque d'index en utilisant la broche d'étalonnage : ajustez vers le bas si $b2' < b2$; sinon ajustez vers le haut.

E. Répétez les étapes d'étalonnage ci-dessus jusqu'à ce que $b2' = b2$.

(IV) Exercice de mise en pratique :

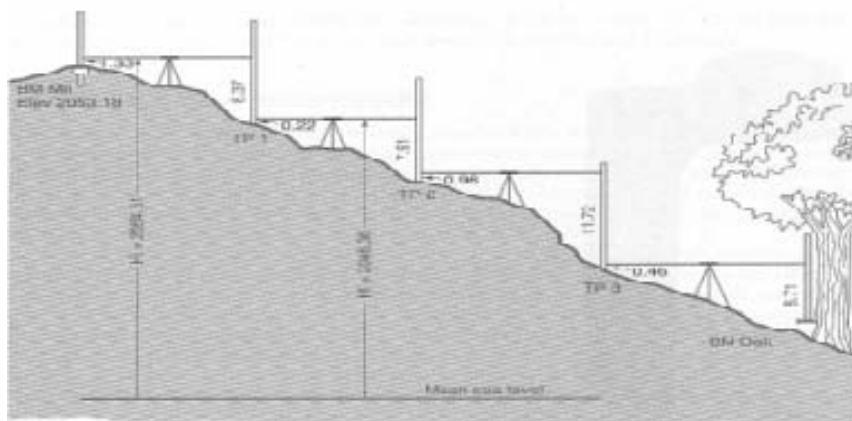
1. Sélectionnez un itinéraire approprié sur le campus pour réaliser la Route de nivellement.
2. Prenant n'importe quel point comme point de départ, supposons que l'élévation est de 100m.
3. En plus des coins, un point tournant peut être installé à certains endroits en fonction des conditions du terrain. Effectuez un Nivellement différentiel fermé avec un tachéomètre.
4. Vérifiez le niveau et enregistrez les mesures dans le carnet de notes.

La procédure pour faire un Nivellement différentiel fermé est comme suit :



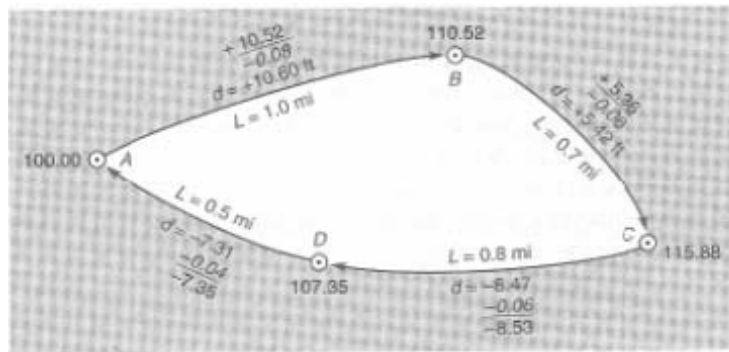
$$HI = \text{élev (BM Rock)} + BS, \text{ et } \text{Élev (X)} = HI - FS$$

$$\therefore \text{Élev (X)} = \text{élev (BM Rock)} + BS - FS$$



$$\therefore \text{Élev (EM Oak)} = \text{elev (BM Mil)} + \left(\sum_{i=1}^n BS - \sum_{i=1}^n FS \right)$$

5. Principes de calcul de l'ajustement de la station : $C_i = - D_i / D * W$
 C_i : Valeur de correction du I-ème point. D : Longueur totale. D_i : Distance du début à I.
 W : Différence de fermeture



$$10,60+5,42-8,47-7,31=0,24$$

$$[0,24/(1+0,7+0,8+0,5)]*1,0=0,08$$

$$[0,24/(1+0,7+0,8+0,5)]*0,7=0,06$$

$$[0,24/(1+0,7+0,8+0,5)]*0,8=0,06$$

$$[0,24/(1+0,7+0,8+0,5)]*0,5=0,04$$

$$10,52+5,36-8,53-7,36=0,01(0,00)-----\text{vérifier}$$

- (V) Résultats et discussions :
 Collectez le formulaire d'enregistrement des données et les calculs de correction selon les données de l'arpentage du site ; discutez des améliorations possibles concernant le processus.

Pratique IV. Mesures d'angles

(I) Objectif de l'exercice :

1. Comprendre le principe de conception et l'utilisation correcte d'un transit.
2. Comprendre les différences entre un transit optique et un transit électronique.
3. Apprendre à mesurer des angles à l'aide d'un transit.
4. Acquérir des compétences pour le calcul des données d'élévation obtenue par l'arpentage.

(II) Instrument et matériel pédagogique :

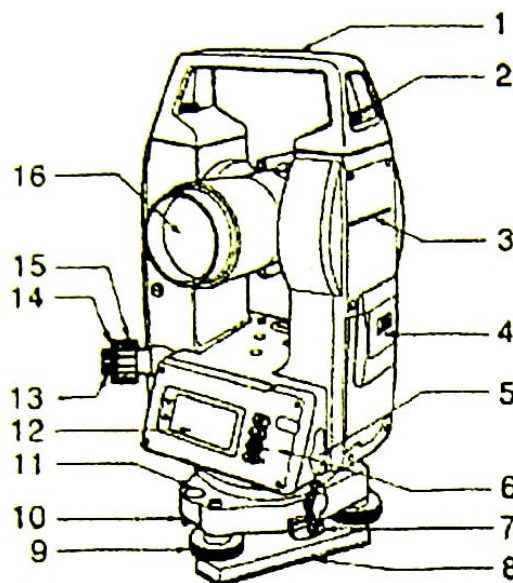
1. Transit : Par méthode de la lecture, il y a des transits Vernier et des transits optiques. Par structure, il y a des transits directionnels et les transits répéteurs. L'appareil se compose d'un cadran horizontal et d'un cadran vertical. Le télescope est capable de tourner sur 360 degrés, à la fois sur le plan horizontal et sur le plan vertical, pour mesurer des angles horizontaux et verticaux. Il y a des lignes de stades internes pour mesurer les distances visuelles pour le calcul des distances horizontales ainsi que des élévations différentielles. Un transit est l'instrument le plus utilisé dans les opérations d'arpentage.
2. Mire de nivellement (Personnel) : Aussi connue comme une échelle de boîte ou une mire d'arpentage ; il en existe de nombreux types utilisés pour le nivellement direct, le nivellement indirect, la mesure de la distance visuelle, etc. Il s'agit d'un type d'extension, généralement en 3 étapes avec une longueur totale de 5m.
3. Trépied : Se compose de 3 pieds de longueur égale et réglable. Utilisé pour fixer une table horizontale, un tachéomètre ou un transit. (Différents trépieds sont utilisés pour différents instruments).
4. Mètre à ruban : aussi appelé mètre de ceinture, fait de tissu métallique synthétique. Les plus couramment utilisés sont les mètres en tissu et en bande d'acier ; la longueur varie généralement de 10m, 20m, 30m, 50m, etc. Un outil essentiel pour l'arpentage.
5. Carnet de notes : Pour écrire les notes et les résultats des travaux d'arpentage, utilisé ultérieurement pour le calcul et la discussion.

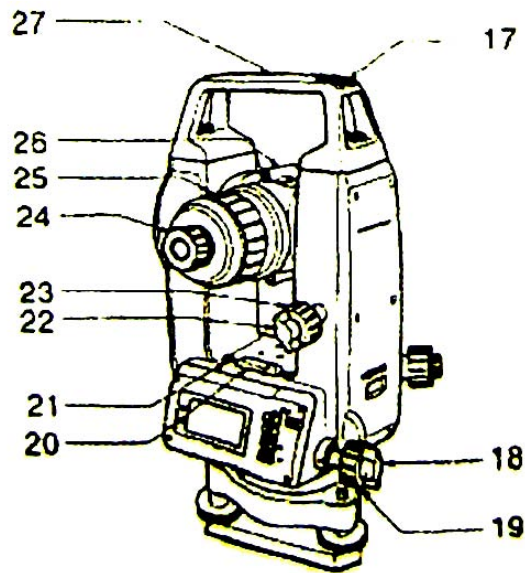
(III) Points clés de l'exercice et procédures

1. Transit optique et transit électronique

(1) Transit optique

A. Structure de base



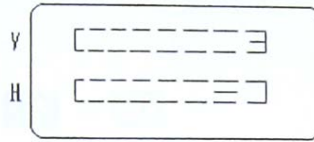


B. Nom des pièces :

1. Poignée
2. Vis de fixation de la poignée
3. Repère de hauteur de l'instrument
4. Couvercle de la batterie
5. Connecteur de sortie de données
6. Panneau de commande
7. Poignée de fixation de base horizontale
8. Base
9. Vis de nivellement de base horizontale
10. Bouton de réglage fin de l'axe horizontal
11. Niveau de la bulle du tube
12. Vis d'étalonnage du niveau de la bulle du tube
13. Poignée de fixation de l'axe vertical
14. Bouton de réglage fin de l'axe vertical
15. Orifice d'observation du télescope
16. Bague de mise au point du télescope
17. Trou de visée
18. Repère du centre de l'instrument
19. Vis de réglage du niveau de la bulle ronde
20. Niveau de la bulle ronde
21. Écran d'affichage
22. Oculaire de l'appareil de centrage optique
23. Couvercle de la croix de l'appareil de centrage optique
24. Bague de mise au point de l'appareil de centrage optique
25. Objectif d'objet
26. Fente de compas
27. Poignée de fixation de l'axe horizontal

* Précautions :

Si l'écran illustré apparaît lors de la mise sous tension, il indique que l'instrument n'a pas encore été centré ou nivelé.



C. Mesure de l'angle horizontal

1. Centrage, nivellement et diriger le transit

(1) Centrage

Le but du centrage est d'aligner le centre de l'instrument à la ligne d'aplomb de son point debout.

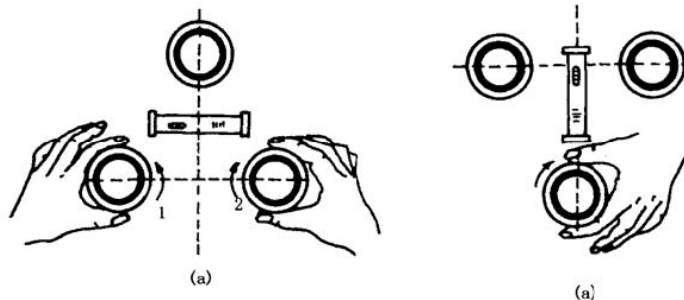
Estimez visuellement le nivellement approximatif du plateau du trépied, avec le centre du trépied pointant approximativement vers le centre du marquage au sol. Attachez un pied en le serrant. Tenez les deux autres pieds avec les deux mains en soulevant légèrement du sol et en déplaçant dans toutes les directions tout en regardant à travers le télescope de centrage jusqu'à ce que le centre de l'anneau d'index pointe vers le centre du marquage au sol, posez les pieds et serrez-les. Réglez les pieds de manière à ce que la bulle soit au centre, puis ajustez précisément avec les vis des pieds. Vérifiez si le marquage au sol est bien au centre du cercle de centrage ; sinon, desserrez légèrement la vis de connexion et déplacez l'instrument au-dessus de la tête pour un centrage précis.

(2) Nivellement

En utilisant les 3 vis calantes sur la base, centrez la bulle d'air dans le tube horizontal de visée, de sorte que l'axe vertical soit vertical et l'index horizontal de l'indice soit à niveau.

Lors du nivellement, tournez d'abord la visée, pour le tube de niveau de visée en parallèle à la ligne de connexion de 2 vis calantes ; centrez la bulle du tube de niveau en tournant ces deux vis calantes, avec les deux mains, dans la même direction (avant ou arrière) et en même temps.

Tournez la visée par 90° , tournez la troisième vis calante pour centrer la bulle d'air. Faites les procédures ci-dessus de manière répétitive jusqu'à ce que la bulle soit centrée, peu importe dans quelle direction la visée se trouve.



(3) Visée

2. Mesure de l'angle horizontal

(1) Méthode d'observation

Cette méthode est utilisée pour observer un angle unique entre deux directions.

- a. Visez avec précision vers la cible gauche A avec l'indice gauche, ajustez l'indice horizontal au-dessus de zéro, prenez la lecture A_{gauche} .

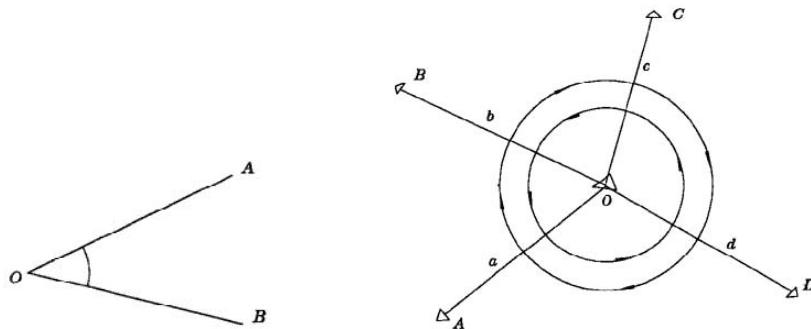
- b. Desserrez la vis de fixation horizontale, tournez la visée dans le sens horaire et visez vers la cible droite ; prenez la lecture B_{gauche} . L'opération ci-dessus est la première partie d'un cycle de mesure. $\beta_{1\text{er}} = B_{\text{gauche}} - A_{\text{gauche}}$.
- c. Desserrez les vis de fixation horizontales et verticales, visez vers la cible droite avec l'indice droit ; prenez la valeur horizontale B_{droite} . Puis visez vers la cible gauche juste A_{droite} . L'opération ci-dessus est la deuxième partie d'un cycle de mesure. $\beta_{2\text{eme}} = B_{\text{gauche}} - A_{\text{gauche}}$.
- d. La combinaison de la première et de la deuxième partie constitue un cycle de mesure.

$$\Delta = \beta_{1\text{er}} - \beta_{2\text{eme}} \leq \pm 40\beta = \frac{1}{2} (\beta_{1\text{er}} - \beta_{2\text{eme}})$$

Si une grande précision de mesure d'angle est requise, plusieurs cycles de mesure peuvent être nécessaires. Afin de minimiser l'erreur de l'indice, la position de l'indice est modifiée pour chaque cycle par $180^\circ/n$ si le nombre total de cycles est n .

(2) Méthode d'observation directionnelle

Convient pour l'observation de plus de 2 directions. Si le nombre de directions est plus de 3, commencez chaque demi-cycle à partir d'une direction de départ sélectionnée (la direction zéro) ; après avoir observé les cibles requises respectivement, observez à nouveau la direction de départ (à savoir la réduction à zéro). Cette méthode est appelée la méthode directionnelle complète.



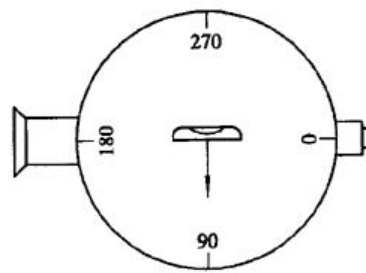
3. Observation d'angle vertical

(1) Théorie de l'observation d'angle vertical

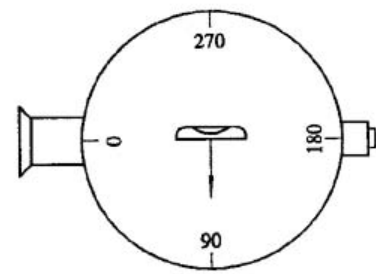
Fait référence à un angle compris entre la ligne de visée et la ligne horizontale sur le même plan vertical. La valeur de l'angle est de $0^\circ - 90^\circ$. L'angle vertical est une élévation et affiche un signe plus si la ligne de visée incline vers le haut. L'angle vertical est une dépression et affiche un signe moins si la ligne de visée incline vers le bas.

La valeur d'un angle vertical est la différence de 2 lectures directionnelles dans l'indice, la même que celle d'un angle horizontal. Seulement 1 des 2 directions d'un angle vertical doit être horizontale. Tout type de transit est fabriqué avec l'exigence selon laquelle une lecture constante de l'indice vertical peut être atteinte lorsque la bulle de niveau vertical est centrée et l'axe de visée du télescope est nivelé. Par conséquent, lors de l'observation d'un angle vertical, seule la direction de la cible est observée pour la lecture de l'indice vertical, l'observation de la direction horizontale n'est pas nécessaire.

(2) Indice vertical



Échelles dans le sens horaire



Échelles dans le sens antihoraire

(3) Observation et calcul d'angles verticaux

- Placez l'instrument au point d'observation. Visez l'indice gauche vers la cible M (centre de croix tangente en haut de la cible).
- Ajustez le niveau-bulle de l'indice vertical en centrant la bulle, prenez la lecture de L.
- Visez vers l'indice droit sur la cible M à nouveau et ajustez le niveau-bulle de l'indice vertical en centrant la bulle, prenez la lecture de R.
- Calculez l'angle vertical α .

(4) Écart de l'indice vertical

Lorsque la ligne de visée est horizontale, la lecture sur l'indice vertical gauche est de 90° , celle sur l'indice vertical droit est de 270° . Cependant l'indice n'est pas exactement à 90° ou 270° , il y aura petite différence angulaire x , à savoir l'Écart de l'indice vertical.

$$x = 1/2 (\alpha_R - \alpha_L) \quad \text{Ou} \quad x = 1/2 (R + L - 360^\circ)$$

D. Erreur d'observation de l'angle horizontal

1. Erreur de l'instrument

(1) Erreur d'axe de visée

Lorsque l'axe de visée du télescope n'est pas perpendiculaire à l'axe horizontal, la valeur de l'angle de déviation C est appelé Erreur de visée.

(2) Erreur d'axe horizontal

Si l'axe horizontal n'est pas nivelé alors que l'axe vertical est d'aplomb, la valeur d'écart I est appelé Erreur d'axe horizontal ou d'erreur de trame.

(3) Erreur d'axe vertical

Lors des observations horizontales, si l'axe vertical de l'instrument n'est pas d'aplomb, l'angle de déviation δ est appelé Erreur d'axe vertical.

2. Erreur de centrage et excentricité de la cible

Un mauvais alignement du centre de l'instrument avec le centre du point d'observation provoqué par un centrage inexact lors de l'observation de l'angle horizontal est appelé erreur de centrage, ou excentricité de station.

Lorsque la cible visée n'est pas dans la même partie du centre du marquage au sol, l'écart est appelé excentricité de la cible ou excentricité du point de visée. L'effet est similaire à celui de l'erreur de centrage ; plus la longueur du côté est courte, plus l'excentricité sera grande et par conséquent l'impact.

3. Erreurs d'observation

(1) Erreur de pointage (visée)

L'angle minimal visible à l'œil humain est d'environ $60''$, l'erreur de pointage est $m_v = \pm 60''/V$

(2) Erreur de lecture

La lecture du micromètre peut être estimée à 1 dixième de l'échelle minimale. Ceci est pris en tant que l'erreur de lecture.

4. Impact des conditions extérieures

Les observations sont réalisées sous certaines conditions ; les conditions externes, telles qu'une terre meuble, les rafales de vent, etc., influencent directement la valeur de l'observation et de la lecture. Les rayons du soleil et le changement de température affectent le mouvement de la bulle d'air dans le tube de niveau. L'influence de la radiation thermique du sol dans l'atmosphère entraîne un rebondissement de l'image cible. Tous ces facteurs peuvent causer des erreurs lors de l'observation des angles horizontaux. Par conséquent, il faut sélectionner un temps clément si une image de cible claire est requise afin de surmonter ou de prévenir les effets des conditions défavorables, de sorte à ce que la qualité des résultats de l'observation puissent être améliorés.

E. Inspection et étalonnage d'un Transit

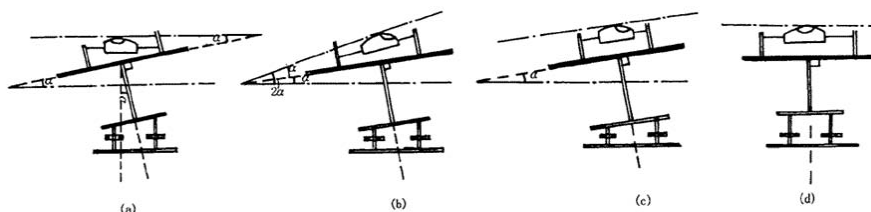
1. Verticalité de l'axe de visée avec l'instrument

(1) Inspection

Nivelez d'abord l'instrument, laissez le tube de niveau de la visée parallèle à n'importe quelle paire de vis calantes ; tournez cette paire de vis pour centrer la bulle, puis tournez la visée sur 180 degrés. Le critère est rempli si la bulle est toujours au centre ; autrement il faut refaire l'étalonnage.

(2) Étalonnage

Tournez la vis d'étalonnage sur un côté du tube de niveau à l'aide d'une broche d'étalonnage, desserrez et serrez l'autre, pour que la bulle récupère la moitié des échelles déviées ; puis tournez les vis calantes pour centrer la bulle. Répéter l'inspection et l'étalonnage ci-dessus jusqu'à ce que la déviation de la bulle soit inférieure à 1 échelle dans n'importe quelle position.



Étalonnage de l'axe du niveau de la visée

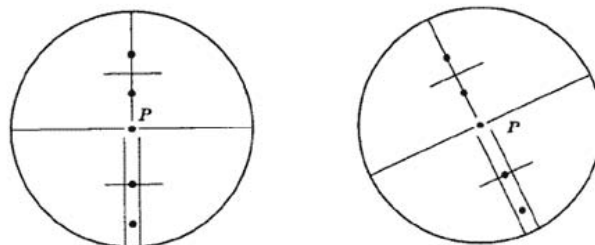
2. Étalonnage pour la ligne verticale de croix perpendiculaire à l'axe horizontal de l'instrument

(1) Inspection

Pointez une extrémité de la ligne verticale de la croix vers un petit point cible ; tournez la vis du réglage fin du télescope pour déplacer le point cible vers l'autre extrémité de la ligne verticale. Si le point cible reste sur la ligne verticale durant tout le mouvement, le critère est rempli ; autrement un étalonnage est nécessaire.

(2) Étalonnage

Retirez la plaque de couverture de la croix en la tournant, desserrez la vis de fixation de la plaque de l'échelle de la croix ; tournez la plaque de l'échelle légèrement, pour réduire l'espacement entre la ligne verticale et le point cible jusqu'à moitié ; puis retournez à l'extrémité de départ. Répétez l'étalonnage ci-dessus jusqu'à ce qu'il n'y ait pas d'écart significatif. Serrez alors la vis de fixation.



Étalonnage de la ligne verticale de la croix

3. Étalonnage pour l'axe de visée perpendiculaire à l'axe horizontal

Méthode 1

(1) Inspection

Visez vers un point lointain A à la même élévation que l'instrument avec l'indice gauche, prenez la lecture α_{gauche} sur l'indice horizontal. Inversez le télescope et visez à nouveau vers A avec l'indice droit, prenez la lecture α_{droite} sur l'indice horizontal. Si $\alpha_{\text{gauche}} = \alpha_{\text{droite}} \pm 180^\circ$, le critère est rempli ; si l'écart est supérieur à $2'$, un étalonnage est nécessaire.

(2) Étalonnage

Calculez la valeur correcte $\alpha_{\text{droite}}' = [\alpha_{\text{droite}} + (\alpha_{\text{gauche}} \pm 180^\circ)]/2$, tournez la vis horizontale de réglage fin de sorte que la valeur de l'indice horizontale devienne α_{droite}' ; la cible va maintenant s'éloigner de la croix. Prenez et tournez la vis d'étalonnage gauche et droite de la croix en utilisant la broche d'étalonnage, pour que le centre de la croix soit aligné avec le point A. Répétez l'étalonnage ci-dessus jusqu'à ce que la déviation soit moins de $2'$. Remettez la plaque de couverture de la plaque de la croix.

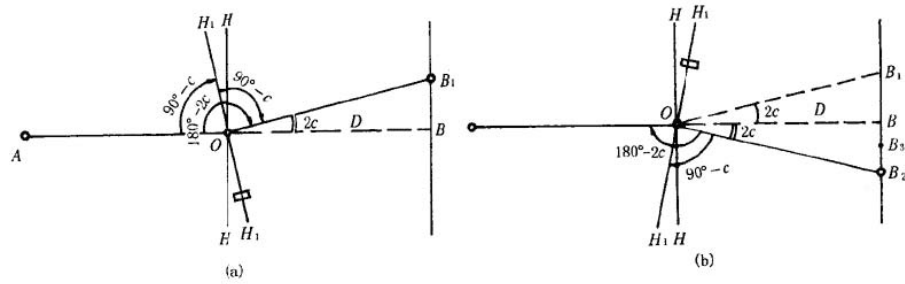
Méthode 2

(1) Inspection

Sélectionnez les points A et B à une distance de 100m dans un champ plat, placez l'instrument au point central O. Installez des points cibles au point A à la même hauteur que l'instrument (ou un repère à la même hauteur sur un mur). Installez une échelle horizontale au point B, à la même hauteur que l'instrument et perpendiculaire à OB. Pour faire l'inspection, visez le point avec le repère A avec l'indice gauche, fixez la visée et inversez le télescope, prenez la lecture B1 sur l'échelle au point B. Ensuite, prenez la lecture B2 avec l'indice droit. Si B1 coïncide avec B2, le critère est rempli ; autrement un étalonnage est nécessaire.

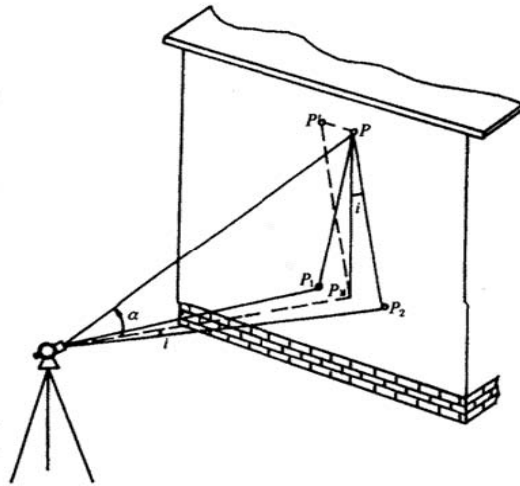
(2) Étalonnage

Prenez une lecture à $1/4$ entre B1 et B2, pour que $B_3 = B_2 - (B_2 - B_1)/4$. Prenez et tournez la vis d'étalonnage gauche et droite de la croix, pour que le centre de la croix coïncide avec le point B3. Répétez l'étalonnage jusqu'à ce que $B_1 B_2 \leq 2\text{cm}$. Remettez la plaque de couverture de la plaque de la croix.

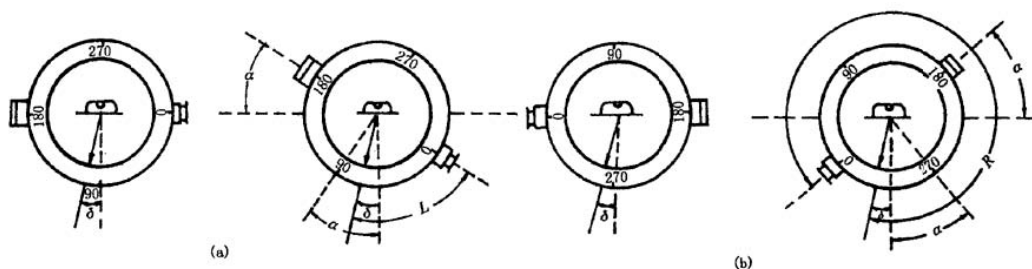


Étalonnage de l'axe de visée

4. Inspection et étalonnage de la verticalité entre l'axe horizontal et l'axe vertical
 Installez l'instrument à une distance de 10m d'un bâtiment. Visez un point cible élevé P sur le mur avec l'indice gauche (angle vertical >30). Nivelez le télescope ; projetez le centre de la croix sur le mur pour fixer un point P1. Visez le point P avec l'indice droit et fixez un point P2 en utilisant la même méthode. Si P1 coïncide avec P2, le critère est rempli. Si P1P2 > 5mm, un étalonnage est nécessaire. Puisque l'axe horizontal de l'instrument est scellé, cet étalonnage doit être effectué par un professionnel.



5. Inspection et étalonnage de l'erreur de l'indice vertical



Erreur d'indice d'un cercle vertical (a. Gauche ; b. Droite)

$$\text{Indice gauche } \alpha_R = R - 270^\circ$$

$$\text{Indice droit } \alpha_L = 90^\circ - L$$

$$\alpha = 1/2 (\alpha_L + \alpha_R)$$

2. Transit électronique

La principale différence entre un transit électronique et un transit optique est qu'un système de mesure d'angle électronique commandé par microprocesseur est utilisé à la place d'un système de lecture optique. Les caractéristiques principales incluent :

- (1) Un système de mesure d'angle électronique qui affiche les mesures automatiquement, réalisant l'automatisation et la numérisation des lectures.
- (2) Une structure de bloc est utilisée, capable d'être combinée avec les télémètres photoélectriques pour obtenir un Transit de transport électronique total (théodolite). En association avec les bons ports E/S, des données d'enregistrement électroniques peuvent être transmises à un PC pour le traitement des données et le tracé de graphiques.

(IV) Résultats et discussions :

1. Décrivez les erreurs qui peuvent être éliminées ou réduites par les méthodes d'observation suivantes
 - (1) Une distance visuelle égale à l'avant et à l'arrière pour le nivellement
 - (2) Prenez les lectures de Vernier de A et B et calculez la moyenne pour la mesure de l'angle en utilisant un transit.
 - (3) Lecture de la conformité optique. (Ajustez la vis de conformité)
 - (4) Observez avec un télescope frontal et inversé et prenez la moyenne des lectures.
 - (5) Modifiez la lecture de début de chaque cycle avec la méthode de cycles directionnels.

~ Analyse ~

- (1) Éliminez l'erreur de l'axe de visée, l'erreur de la courbure de la Terre, l'erreur de réfraction de l'atmosphère.
- (2) Éliminez l'excentricité de l'indice supérieur.
- (3) Éliminez l'excentricité de l'indice inférieur.
- (4) Éliminez l'erreur de l'axe de visée, l'erreur de l'axe horizontal et l'excentricité de l'axe de visée.
- (5) Identifiez les erreurs de lecture et minimisez l'erreur de l'indice.