

STAGE DE LEVE DE TERRAIN (BANON, MAI 1965)

EXPOSES DE M. COURBON

LE TRAVAIL SUR LE TERRAIN

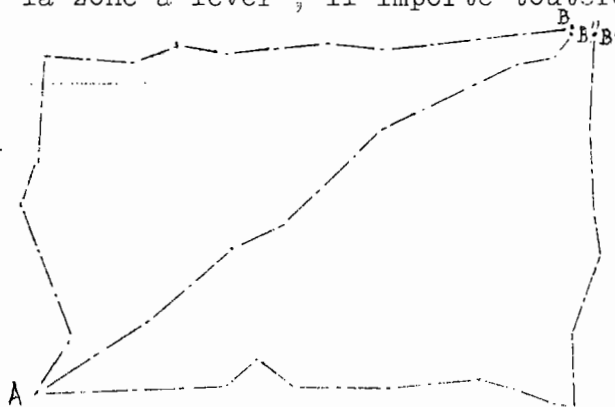
Choix de l'échelle

Il convient d'éviter les grandes échelles, car plus l'échelle est grande plus il faut de précision dans le travail.

Etablissement d'un canevas.

On établira le canevas par la méthode du cheminement. Tout d'abord des cheminements principaux : ceux-ci seront au nombre de deux au minimum, et normalement de trois. Ils doivent obligatoirement partir du même point et arriver au même point. Deux de ces cheminement principaux doivent grosso modo entourer la zone à lever ; il importe toutefois

d'éviter que le cheminement comporte des saillants et des rentrants trop importants. Le cheminement principal comporte pour chaque portée une visée directe et une visée inverse (on vise B de A puis A de B et on fait la moyenne) ; il est préférable, lorsqu'on le peut, de faire par-



tir ces cheminements d'un point dont on connaisse les coordonnées et l'altitude, de manière à pouvoir ensuite déterminer assez exactement l'altitude des autres points du cheminement. Des précautions sont à

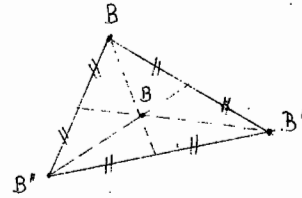
prendre ; il faut :

1 - stationner à l'endroit exact dont la position a été déterminée par la visée précédente (à 10 cm près).

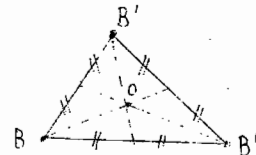
2 - ne pas faire de visées trop longues. La précision graphique qu'on peut escompter est de  $1/10^{\circ}$  de mm soit 1 m au  $1/10.000^{\circ}$ . La précision de l'alidade holométrique est satisfaisante de 1 m à 140 m. La longueur des portées possibles varie avec la précision de l'appareil par rapport à la précision graphique. Elle est de 90 m au  $1/5.000^{\circ}$ .

3 - orientation de la planchette : ne jamais changer en cours de travail le repère du déclinatoire sur la planchette ; au cours de la visée inverse, vérifier la longueur et le tracé de la visée sur la planchette (afin d'éliminer d'éventuelles erreurs dans la réduction à l'échelle, faute de quoi il deviendrait impossible de fermer les cheminements).

Ensuite, on corrigera les erreurs : en effet, inévitablement, les trois cheminements n'aboutiront pas, graphiquement, au même point sur la mappe. La précision graphique possible est au  $1/10$  de mm près ; de même la précision de l'alidade, pour un travail au  $1/5.000^{\circ}$ , équivaut à  $1/10$  de mm : au pire on peut donc avoir pour un point de cheminement une erreur "normale" de  $2/10$  mm.

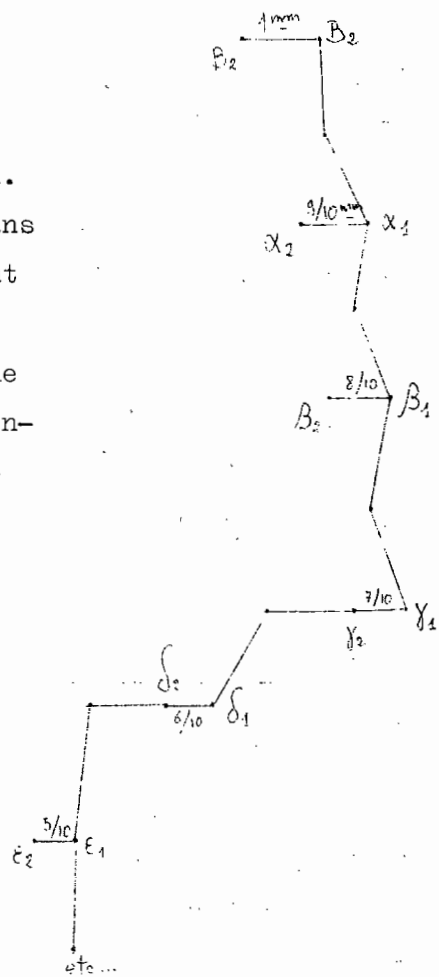


Mais toutes les erreurs ne s'ajoutent pas les unes aux autres sur tout le cheminement. Soit E l'erreur sur un pointé ; pour n portées sur un cheminement, l'erreur probable est de  $E \sqrt{n}$ . Si l'on a 25 portées de A à B, l'erreur probable sera  $E \sqrt{25} = 1$  mm. Avec trois cheminements principaux, les trois points devraient être, au pire, écartés de 2 mm. Si l'écart est supérieur il faut refaire les cheminements. Supposons que pour le point B, aboutissement des trois cheminements, on ait une tolérance acceptable dans la détermination (points écartés de moins de 2 mm pour une échelle de  $1/5.000$ ) ; on prendra un point intermédiaire qui est le centre de gravité des trois points B, et on apportera une compensation graphique sur chacune des visées des cheminements. Si l'on



a 25 portées et un mm d'erreur, on corrigera toutes les 2 ou 3 visées puisqu'on ne peut avoir une précision graphique supérieure à 1/10 mm. La compensation se fait toujours dans le même sens, même si le cheminement change de direction.

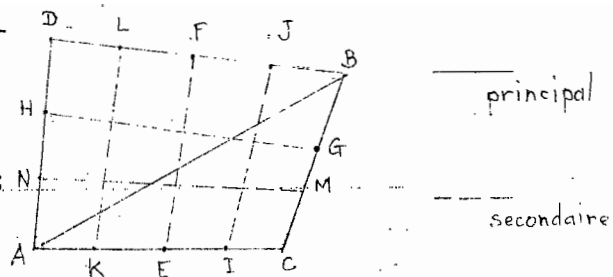
NOTA. Il est évident que chaque point visé sur les cheminements principaux doit être matérialisé de manière durable sur le terrain. Il y aura intérêt à porter sur la marque une indication numérotée permettant de reconnaître l'emplacement du point dans le cheminement. D'autre part chaque point visé fait l'objet d'une description précise et d'un croquis de localisation dans le carnet de levé de terrain.



Cheminements secondaires.

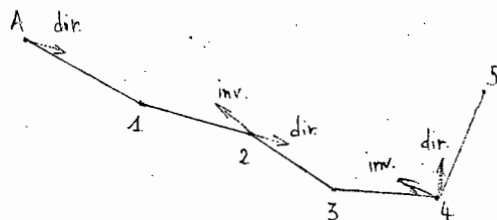
Les cheminements secondaires doivent assurer avec les principaux un quadrillage acceptable du terrain, tel que pratiquement on puisse, pour tout levé de détail, se référer à un point du cheminement. Tout cheminement secondaire doit partir d'un point de cheminement principal et aboutir à un autre point d'un cheminement principal. Ceci permet de repérer les erreurs de cheminement, qui seront compensées comme dans le cas des cheminements principaux.

Le cheminement secondaire est beaucoup plus rapide : il n'est pas question de faire une double visée ; on adoptera ici le système du "saut de mouton" qui limite le nombre de poses de planchette. De A à 1, on fait une visée directe ; de 2 à 1 une visée



inverse ; de 2 à 3 une visée directe ; de 4 à 3 une visée inverse ; de 4 à 5 une visée inverse ; de 4 à 5 une visée directe, etc...

Le piquetage du cheminement secondaire n'est pas nécessaire ; cependant si le cheminement suit un itinéraire intéressant (route ...) ou s'il longe une maille d'une surface importante et à travers laquelle on pense faire d'autres itinéraires, il sera bon de piqueter certains points intéressants du cheminement.

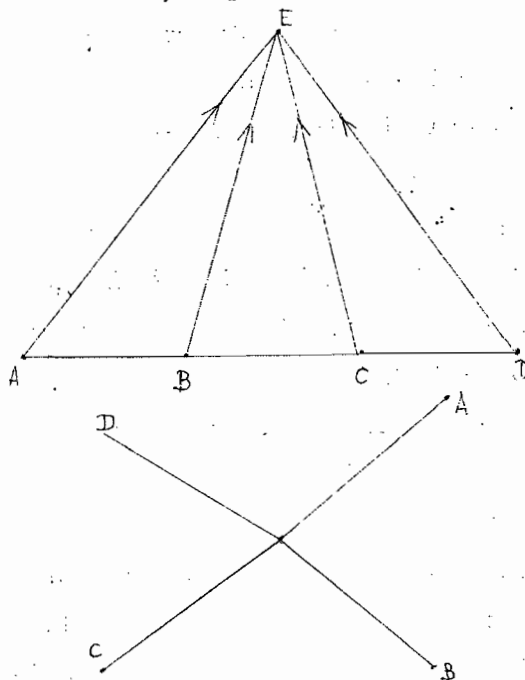


Différence à noter entre cheminement principal et cheminement secondaire : dans le cheminement principal, on ne s'occupe que du cheminement ; il n'est pas question de faire de levé de détail. Au contraire, dans le cheminement secondaire, on peut au fur et à mesure faire du levé de détail.

Les intersections et les relèvements.

a) Intersections. Quand on n'a pas envie d'aller à un point intéressant, (ou qu'on ne peut pas le faire), E, bon à relever, à proximité du cheminement, on emploie l'intersection. De A, B, C, D, points du cheminement, on visera E.

L'intersection des visées donnera la position de E. Il faut au minimum trois visées pour déterminer une intersection, quatre sont préférables. Il faut éviter les visées "en sifflet", faisant un angle trop aigu avec la ligne joignant les points de visée.

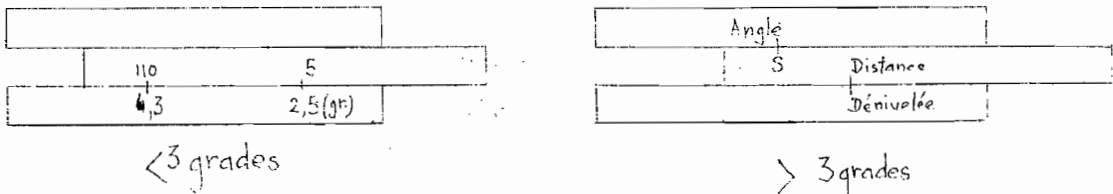


b) Relèvements. De S, la planchette étant orientée, on vise avec l'alidade les points A, B, C, D, connus. Il faut choisir des visées qui se recoupent selon un angle

assez important. Leur intersection donne S.

Réduction des distances à l'horizontale.

Il est évident qu'on reporte sur la mappe non la distance réelle, mais la distance réduite à l'horizontale. Il convient de ne pas l'oublier, spécialement dans le cas d'un cheminement ... La réduction n'est pas la même selon qu'on a une distance calculée par chaînage, ou une distance stadimétrique mesurée sur une mire ou d'après un voyant. Quand on réduit à l'horizontale une distance trouvée par chaînage, on a :  $D_h = D \cos i$ ,  $D$  étant la distance mesurée au double décamètre,  $i$  étant la pente. Quand on réduit à l'horizontale une distance stadimétrique, on a :  $D - D_h = D \sin^2 i$ . Dans la pratique, on trouve dans les carnets de levé des tableaux donnant la réduction à faire pour les distances stadimétriques selon la pente.



Calcul des dénivelées. On les calcule à partir de  $D$  mesurée (stadimétrique) et non à partir de la distance horizontale.

1°) Calcul pour angles inférieurs à trois grades. La dénivelée est donnée par la formule  $\Delta h = D \sin i$ . Pour angles inférieurs à trois grades on peut en effet confondre  $\sin$  et  $\text{tg}$ , et  $\sin$  est proportionnel à l'angle lui-même. Pratiquement le calcul se fait avec la règle à calcul de topographe ; on emploie la partie inférieure de la réglette mobile. Sur cette réglette entre 6,3 et 6,4 on trouve le signe "S" qu'on amène en coïncidence avec la valeur de l'angle mesuré, prise sur la partie inférieure de la règle. On lit la dénivelée en regardant le chiffre qui se trouve en face de la valeur de  $D$ , qu'on prend sur la partie inférieure de la réglette mobile.

2°) Pour les angles supérieurs à trois grades. On utilise la partie supérieure de la réglette mobile. Le "S" se trouve à côté de la graduation 50 ; on amène S en face de la valeur de l'angle en grades, puis comme précédemment on lit la distance et la dénivelée sur la partie inférieure de la réglette mobile et de la règle.

### Détails pratiques.

On a parlé de 3 cheminements principaux ; il pourra en falloir 4 ou 5 si la surface à lever est grande.

Un cheminement secondaire ne doit pas avoir plus de 800 à 1000 m. Au cours d'un cheminement secondaire, si l'on peut lever le terrain qui encadre le cheminement, il faut garder au cheminement l'allure la plus régulière possible et ne pas suivre un tracé en dents de scie. Pour lever le terrain environnant, il faudra soit faire des rayonnements avec la planchette autour du point de jalon, soit lancer des coups de jalon autour de la planchette. Les débutants ont trop souvent tendance à envoyer le porte-jalon autour de la planchette, car la mise en station de celle-ci leur paraît longue. Il vaut mieux laisser le jalon fixe et **rayonner** avec la planchette autour du jalon, ce qui permet de mieux voir le terrain et, finalement, d'aller plus vite.

Ne pas avoir peur de faire des intersections. On peut utiliser aussi les recoupements : un point étant déterminé par une visée, on peut se placer en ce point et le déterminer définitivement en effectuant 1 ou 2 visées inverses sur des points connus.

Le carnet de détails est très important pour les cheminements, car il permet de retrouver la plupart des erreurs commises sur un cheminement, sans recommencer le cheminement lui-même.

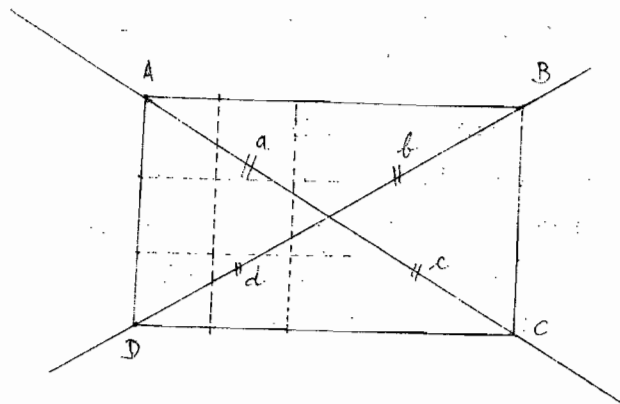
### Carroyage de la mappe.

Il est nécessaire sur la planchette pour reporter un cheminement commun, quand on doit faire le levé en plusieurs morceaux.

Le carroyage se fait en fonction de l'échelle :

- au  $1/20.000^{\circ}$  : carreaux de 5 cm de côté
- au  $1/10.000^{\circ}$  carreaux de 10 cm
- au  $1/5.000^{\circ}$ , carreaux de 10 cm (500 m de côté).

Carroyage par la méthode des diagonales :



a) tracer deux diagonales quelconques.

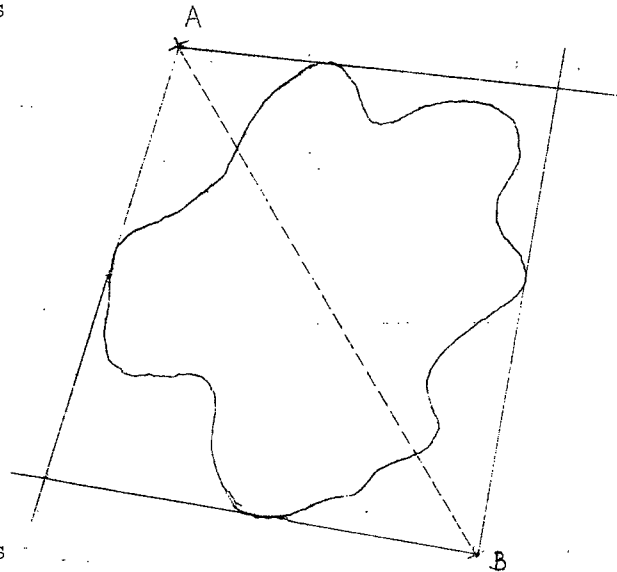
b) à partir du point d'intersection des diagonales prendre quatre longueurs égales.

c) joindre les extrémités de ces longueurs de façon à former un quadrilatère. On a alors automatiquement un rectangle.

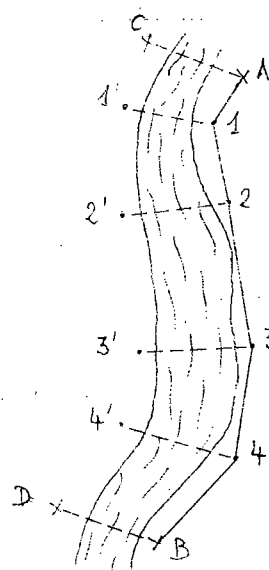
d) prendre sur AB à partir de A les longueurs correspondant au carroyage ; id pour CD et joindre les points, id sur AC et BD.

Reconnaissance ; cadrage du levé.

Il est facilité quand le terrain à lever comporte des points hauts. D'un des points, l'on prend les tangentes aux limites de la zone à lever ; on vise également le 2ème point haut. Du 2ème point l'on prend les autres tangentes. On connaît alors le quadrilatère dans lequel tient le terrain, mais on n'en sait pas les dimensions ; celles-ci seront approximativement mesurées au double pas.



Rivières. Quand on fait un cheminement le long d'une rivière on a intérêt à avoir 2 portemires, 1 sur chaque rive. De chaque point du cheminement, situé sur une rive, on vise en face la mire de l'autre côté. Le problème se complique quand la rivière forme limite entre deux fractions de levé, la région étant grande. On a fait le cheminement principal sur une rive, mais sur l'autre on n'a qu'une visée : il faut alors y refaire le

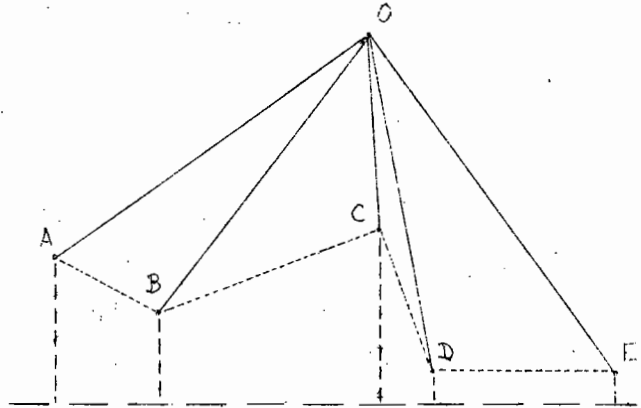


cheminement principal avec les points visés précédemment et procéder à deux visées entre les extrémités (AB et CD) des cheminements de chaque rive.

#### L'EMPLOI DES PHOTOS AERIENNES POUR LE LEVE DE TERRAIN.

La photo aérienne ne donne qu'une vue qualitative du terrain. Il faut donc équiper la photo et faire un canevas. En Afrique, on ne dispose pas de triangulation : il faut donc faire des cheminements comme pour le levé direct, avec des mailles compartimentant la région. Ces cheminements sont à faire sur la planchette. Au cours du cheminement, il faut prendre soin de choisir les points de station de manière à ce qu'ils correspondent à un point visible sur la photo. Une fois déterminé le point de station sur la planchette, il faudra le piquer sur la photo. Une fois les cheminements terminés, pour pouvoir travailler sur la photo et en tirer un plan, il faudra tenir compte du relief du terrain, et partager la région à cartographier en facettes de pente à peu près égale, car selon l'angle de prise de vues l'échelle de la photo est différente. Le travail cartographique se fera sur chacune de ces bandes séparément.

Soit une facette A'B'C' ainsi déterminée sur la photo. Sur la planchette elle est déterminée par un triangle A.B.C.. Si par exemple  $A'B' = 35 \text{ mm}$   
 $AB = 80 \text{ mm}$  ; à partir de là on fera tous les calculs de longueur à proximité

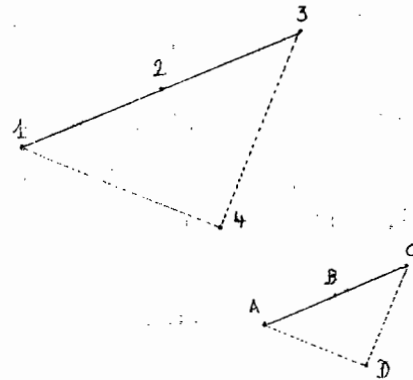


de AB. Il est inutile de faire des règles de trois : on utilise la règle à calcul de topographe. On place la graduation 35 de la partie fixe inférieure de la règle mobile sur la graduation 80 de la partie inférieure, et on a automatiquement la lecture de toutes les valeurs de la mappe pour toutes les valeurs de cette partie de la photo.

Le cheminement, avec ses longueurs mesurées permet de déterminer l'échelle (ou plutôt les différentes échelles de la photo aérienne et de reporter tous les points de la photo sur la mappe. Les seuls instruments nécessaires sont la règle à calcul, le double décimètre et le compas.



Supposons que l'on ait fait un cheminement le long d'une route. Soient 1.2.3., trois stations de cheminement choisies au hasard. On a repéré ces trois points sur la photo par les lettres A.B.C. Nous voulons déterminer la place d'un point D que l'on identifie sur la photo. Nous allons mesurer sur la photo la distance A.D. puis la distance C.D. Pour déterminer l'échelle de la photo par rapport à la mappe, on va mesurer A.C. Sur notre règle à calcul nous allons placer la valeur correspondant à 1.3. : automatiquement on trouve la valeur A.D. en face de 1.4., C.D. en face de 3.4. Ayant ainsi déterminé la valeur 1.4., je vais écarter les branches du compas à cette valeur et tracer un cercle de centre 1 et de rayon 1.4. Je vais effectuer la même opération à partir du point 3 ; l'intersection des deux cercles donne la position du point 4.



### LE TACHEOMETRE

Il mesure angles horizontaux, angles verticaux, distances. C'est un appareil à angle constant : dans l'objectif sont gravés deux traits, et on emploie une mire parlante sur laquelle les distances sont inscrites (l'alidade holométrique est un instrument à angle variable avec lequel on utilise un jalon sans valeur inscrite).

Au tachéomètre est associé un déclinatoire, mobile avec vis de blocage. Angle de direction du déclinatoire et axe optique du tachéomètre doivent être mesurés sur le terrain ; pour cela, il faut disposer d'un réseau géodésique permettant de viser une direction connue : c'est impossible en Afrique ; il faudrait alors s'orienter d'après l'étoile polaire ou faire un "soleil", ou, en pratique, placer à vue le déclinatoire parallèlement à la lunette.

Le tachéomètre donne un cheminement calculé et non un cheminement graphique.

Emploi. Du point A, on vise B. En ce point B, la visée de la mire parlante donne la distance AB. Soit A le 1er point de station d'un cheminement ; j'oriente mon tachéomètre de façon à ce que mon déclinatoire m'indique la direction du Nord (c'est à dire que les deux traits verticaux de ce déclinatoire soient en coïncidence), à ce moment, je fais une lecture du cercle horizontal. Tournant mon appareil dans le sens des aiguilles d'une montre, je vise le point B et je fais ma lecture sur le cercle horizontal. Je continue à tourner mon appareil dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que le déclinatoire soit à nouveau orienté vers le Nord et je fais à nouveau une lecture sur le cercle horizontal : elle doit correspondre à la première.

Pour mesurer la dénivelée, il existe deux méthodes :

a) par nivellement direct, quand la pente est faible. Je règle mon appareil à la pente 0 et je lis sur la mire parlante la hauteur à laquelle ma visée touche cette mire. Il faut connaître la hauteur du tachéomètre : si celle-ci,  $H$ , = 1,30 m, et si la hauteur lue sur la mire,  $h$ , = 0,80 m ; la dénivelée =  $H - h = 0,50$  m.

b) par nivellement indirect. On vise sur la mire un point situé à la même hauteur que le tachéomètre. On fait une lecture de l'angle obtenu sur le cercle vertical à droite ; puis on tourne la lunette de  $180^\circ$  dans le sens horizontal, puis de  $180^\circ$  dans le sens vertical de façon à amener le cercle vertical à la gauche de l'appareil et on fait une nouvelle lecture. Les deux lectures doivent être le supplément l'une de l'autre.

Quand on sera en B, la méthode est un peu différente. Elle est la même pour les mesures de site ; pour le cercle horizontal : on met le déclinatoire au N et on lit ; puis dans le sens des aiguilles d'une montre on vise A ou C (le 1er qu'on trouve) et on lit, puis C ou A suivant le cas et on lit ; puis on revise le Nord pour voir si le cercle ferme bien.

Mode de cheminement. Comme pour le cheminement graphique on peut faire un cheminement principal où on stationne tous les points ou encore faire un cheminement secondaire où on stationne un point sur deux. Cependant le cheminement secondaire est ici beaucoup moins précis et ne présente aucun intérêt.

Calcul du cheminement. On calcule le cheminement/<sup>en</sup>déterminant les différences de coordonnées des points de station, ce qui permet ensuite de piquer

les points sur la planchette. Pour éviter les erreurs, il est conseillé d'entreprendre avant le calcul de ce cheminement un petit cheminement graphique approximatif qu'on dessine avec rapporteur et double décimètre. Ce procédé permet de comprendre les figures géométriques que l'on aura à résoudre par la

suite. Soit  $\alpha$  l'angle mesuré entre le Nord et B. Entre B et A la différence de coordonnées est

$$\Delta x = AB \sin \alpha$$

$$\Delta y = AB \cos \alpha$$

Soit  $\beta$  l'angle entre AB et BC,  $\alpha$  l'angle entre AB et le Nord (même valeur que précédemment).

La différence de coordonnées entre C et B est donnée par :

$$\Delta x = BC \sin (\alpha + \beta)$$

$$\Delta y = BC \cos (\alpha + \beta)$$

Soit D un 4ème point du cheminement. Dans le cas de la figure

**suiivante**, on voit que :

$$\Delta x = CD \sin (\alpha + \beta - \gamma)$$

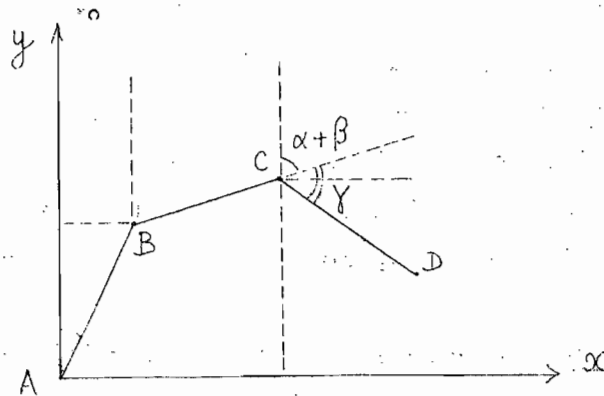
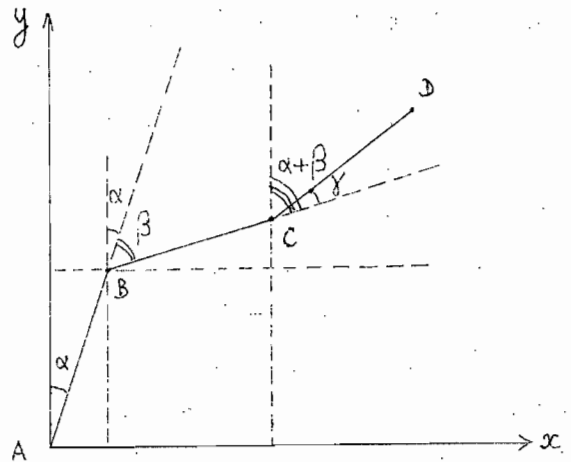
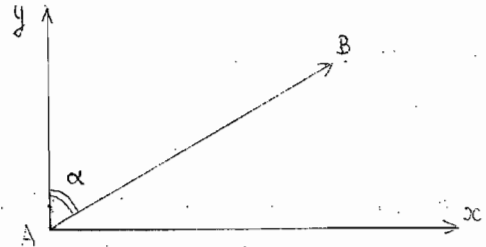
$$\Delta y = CD \cos (\alpha + \beta - \gamma)$$

Dans le cas de la figure suivante on a :

$$\Delta x = CD \cos (\alpha + \beta + \gamma - \pi/2)$$

$$\Delta y = -CD \sin (\alpha + \beta + \gamma - \pi/2)$$

$$(\sin \alpha + \beta + \gamma = \cos (\alpha + \beta + \gamma - \pi/2))$$



Pour faire les réductions à l'horizontale.

Ou bien l'on a un carnet de station et on lit les corrections à apporter. Ou bien on calcule cette réduction sur la règle à calcul. Formule :  $\Delta = D \sin^2 i$ , ou  $\Delta = D \sin i \times \sin i$ . Pour un angle de 5 grades à une distance de 100 m :  $D \sin i = 7,80 \text{ m}$   $7,80 \text{ m} \times \sin i = 0,60 \text{ m}$ .

Nota bene : Avant de commencer le cheminement, il faut régler l'appareil de façon à ce que le déclinatoire soit orienté et parallèle à la lunette, avec lecture 0 sur le cadran horizontal. Pour ce faire, il faut débloquer le déclinatoire de l'axe vertical du tachéomètre et diriger le déclinatoire vers le Nord ; puis, avec la commande du cercle horizontal, on amène les graduations de ce cercle jusqu'à ce qu'apparaisse dans le voyant la graduation 0 ; on bloque alors le déclinatoire.

#### CHEMINEMENT AVEC UN THEODOLITE.

Le théodolite mesure les angles horizontaux et les angles verticaux, mais il ne permet pas de mesurer les distances directement ni de voir l'angle par rapport au Nord magnétique.

##### Mode opératoire.

a) mesure des distances. On l'effectue avec une mire Wield dont les deux voyants sont distants de 2 mètres ; posée sur un pied elle est tenue horizontalement et dirigée grâce à une petite lunette perpendiculairement au théodolite. Au sommet, un niveau permet de maintenir la mire horizontale. On mesure l'angle existant entre les deux voyants et, par calcul sur une table appropriée, on obtient la distance.

b) mesure des directions. Pour les directions, on ne pourra déterminer que l'angle des visées entre elles. Pour orienter le cheminement, il faut viser au cours de la première station (et au cours de celle-ci seulement) un point que l'on estime être au Nord. Pour le calcul de ce cheminement, on pratique comme avec le tachéomètre.

#### INSTRUMENTS DE TERRAIN.

Pour faire du levé direct, point n'est besoin de matériel précis et coûteux. Plus un matériel est précis, plus il est ennuyeux et long à manipuler.

Le matériel conseillé sera :

- un éclinètre puissant ou une alidade holométrique.
- une mire avec deux voyants distants de 2 mètres et voyant intermédiaire mobile (ou une mire parlante comme dans l'appareil précédent).
- une alidade nivélatrice
- un décamètre à rouleau
- un déclinatoire et sa vis.
- une planchette 50 x 60 et son pied, plus un fil à plomb, plus une couverture de planchette et une sacoche.
- une règle à calcul
- une sacoche de topographe
- un stéréo pliant
- une planchette porte-photos
- un jeu de pinces Aclé
- des vaccinostyles
- une ou plusieurs gommes à encre
- des piquoirs
- deux crayons, 5 H et 4 H pour le dessin (ou même 6 H et 5 H car la mine se ramollit en climat chaud).
- un frotoir avec d'un côté du papier de verre assez fin et de l'autre de la toile d'émeri très fine.
- un carnet de détails.
- une mappe en astralon plus encres spéciales.

Pour la mise à net de la mappe : tire-lignes, plumes à dessin, papier-calque, double décimètre, règle carrée.

#### Détails :

Il est prudent d'avoir deux alidades nivélatrices ; le fil est constitué par un crin de cheval.

Les planchettes 50 x 60 permettent de couvrir une grande surface mais sont lourdes ; pour les petites surfaces, se contenter d'une plus petite (30 x 40 ; 40 x 50 ...). Pieds de planchettes : pour les cheminements principaux, veiller à avoir un pied rigide (donc lourd) ; ensuite, on peut prendre les petits pieds pliants, employés à l'IGN

par les compléteurs : ils sont toutefois assez fragiles.

Le déclinatoire est également fragile ; souvent l'axe supportant l'aiguille se brise ; il faut donc prendre au moins deux déclinatoires et deux ou trois vis.

Règle à calcul : ne pas prendre n'importe laquelle, mais une règle permettant de faire des calculs avec les sinus et, si les appareils de mesures sont gradués en grades, veiller à ce que la règle le soit aussi.

Ne pas oublier la sacoche qui permet de gagner beaucoup de temps.

-----