

ROYAUME DU MAROC

MINISTÈRE des TRAVAUX PUBLICS et des COMMUNICATIONS

DIRECTION de L'HYDRAULIQUE

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

NOTE TECHNIQUE N°2 /1976

NIVELLEMENT

Décembre 1976

note technique n° 2 /76

nivellement

ROYAUME DU MAROC
--
MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS
ET DES COMMUNICATIONS
--
DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE
--
DIVISION DES RESSOURCES EN EAU
--

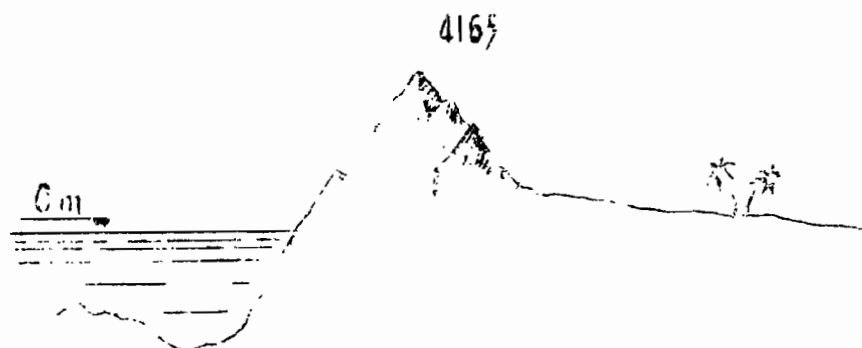
NOTE TECHNIQUE N° 2/1976

- NIVELLEMENT -

Décembre 1976

- S O M M A I R E -

	Pages
INTRODUCTION	1
TRANSPORT	2
CONTROLE DU NIVEAU	2
NIVELLEMENT	3
TECHNIQUE DU NIVELLEMENT	3
CHEMINNEMENT	5
RAYONNEMENT	8
NIVELLEMENT DE SURFACE	8
PROFIL EN LONG	10
PIQUETS	10
MISE EN STATION	11
REGLAGE DE VISEE	11
LECTURES ET CONTROLE	14
DENOMINATION	15
ALTITUDE	15
MIRE	15
MESURE DES DISTANCES	19
CERCLE	21
FERMETURE	21
CALCUL DE LA FERMETURE	24
COMPENSATION	26
RESTITUTION D'UN PROFIL	26
GENERALITES	28
CARNET DE NIVELLEMENT	30



- GRAPHIQUES & CROQUIS -

	Page
GR0 NIVELLEMENT	4
GR1 CHEMINEMENT	7
GR2 RAYONNEMENT	7
GR3 CONTROLE NIVEAU	7
GR4 PROFIL EN LONG	18
GR5 MISE EN STATION	13
GR6 RETICULES	13
GR7 MIRE	18
GR8 CHAINAGE - XYZ -	20
GR9 NIVELLEMENT - FERMETURE	25
GR10 CERCLE	22 et 23
GR11 NIVELLEMENT DE SURFACE	9
GR12 RESTITUTION EN PLAN	9
GR13 TECHNIQUE DU NIVELLEMENT	6
GR14 PIQUET CRAPAUD	12
GR15 RESTITUTION D'UN PROFIL	27
GR16 TRACE D'UN PROFIL	29
ALTITUDE ABSOLUE	16
ALTITUDE FICTIVE	17

NOTE TECHNIQUE N° 2/76

NIVELLEMENT

INTRODUCTION

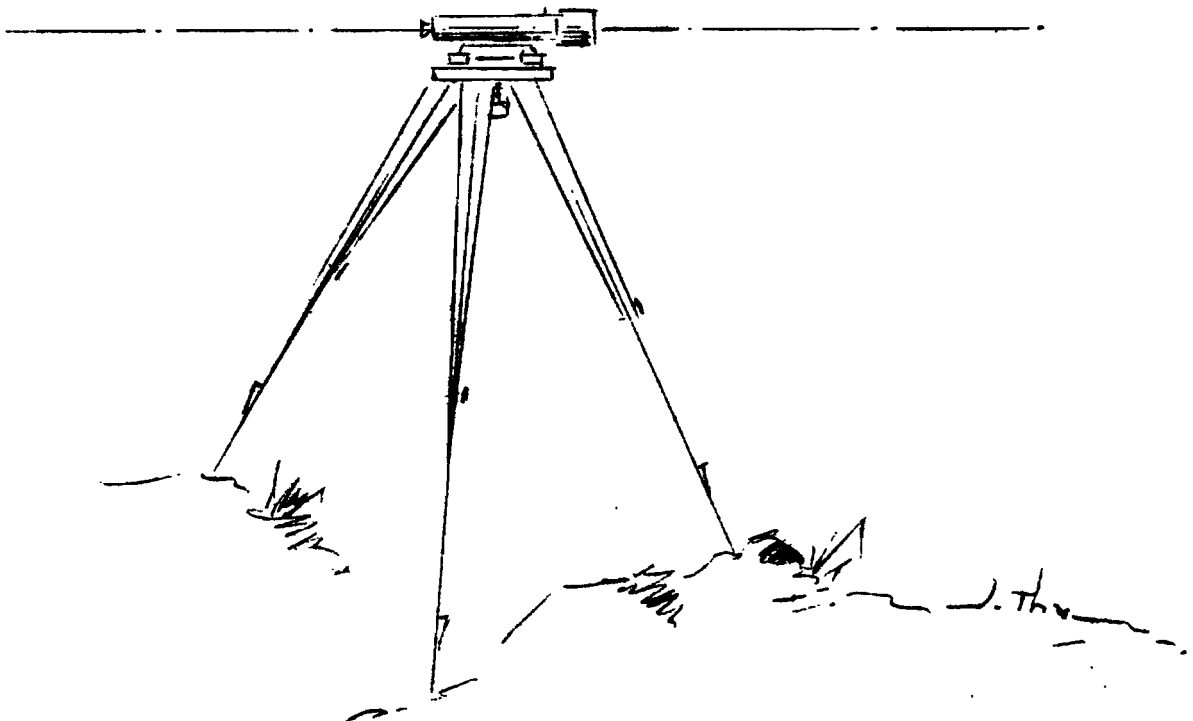
Les essais en 1973 de mise au point d'une méthode et d'un carnet devant permettre de contourner les erreurs toujours possible lors d'un nivellement et de pouvoir également dépouiller les résultats à l'ordinateur s'avèrent finalement peut rentables, même au bout de 3 années d'expérience.

Nous revenons donc à un carnet plus simple et si les bases de la méthode reste évidemment les mêmes elles sont néanmoins simplifiées.

Nous conserverons tout de même certains points qui s'avèrent utiles et indispensables. Cet essai aura donc été positif.

Cette note rappelle en même temps les principes essentiels du nivellement et servira de memento aux opérateurs de la Division des Ressources en Eau qui n'ont pas l'occasion de manipuler souvent pour effectuer, aussi correctement que possible, les levés simples de rattachement d'échelles limnimétriques, les profils en long, profils en travers et les implantations de stations hydrométriques en général.

Nous avons volontairement fait bon nombre de croquis espérant ainsi faciliter la compréhension du texte et des travaux pratiques.



TRANSPORT

Le niveau est un appareil simple mais tout de même fragile qu'il faut obligatoirement transporter dans son coffre protecteur, lui-même placé dans une boîte en bois garnie de mousse. Dans le véhicule, placer la boîte à plat, le haut en haut, et en général devant, où les secousses sont moins fortes que derrière surtout en Land Rover sur les pistes.

Les mires, également très fragiles, doivent être transportées dans des mousses et surtout pas en porte à faux avec des objets lourds encore dessus.

La place idéale pour les Jalons et les mires est évidemment sur une galerie, lorsque que l'on en a une.

Les trépieds sont également fragiles. Eviter les objets lourds dessus, les portes à faux, les frottements contre objets durs. La plaque de couche doit être protégée par sa housse en cuir. Eviter d'accrocher les vis papillons et de les casser ou de les tordre.

On peut savonner les parties de bois coulissantes pour les rendre plus glissantes.

CONTROLE DU NIVEAU

Avant de commencer un relevé il est impératif de vérifier si le niveau est en état.

Pour cela on effectue un contrôle rapide en procédant comme suit : (voir GR 3 page 7.).

Placer deux crapaux (voir GR 14 page 12) ou deux piquets P1 et P2 à environ 50m de distance l'un de l'autre.

Mettez en station en S1 à 50m environ de P1. Lire la mire placée sur P1 puis sur P2.

Appelons ces lectures respectivement L1 et L2. Déplacer le niveau et mettre en station en S2 à environ 50m du piquet P2 et lire la mire placée sur P2 puis sur P1. Appelons ces lectures L3 et L4. Le niveau est bien réglé et en état si :

$$(L1 - L4) = (L2 - L3)$$

- NE JAMAIS LAISSER UN NIVEAU AU SOLEIL -

- UTILISER UN "PARSOL" -

Essuyer les lentilles avec un mouchoir fin et propre ou une peau de chamoix spéciales

- NE JAMAIS DEMONTER UN APPAREIL -
- L'ENVOYER EN REPARATION A RABAT -

NIVELLEMENT

Un nivellement est un relevé de points précis et d'altitudes varies appelé, profil, cheminement ou rattachement.

Il consiste à mesurer les différences d'altitude entre deux ou plusieurs points. Le principe est donné sur le graphique GR 0 page 4. C'est le dispositif le plus simple mais peu pratique et peu rapide, surtout lors de mesure de distances et de nombre de points important. On utilise alors un niveau simple ou perfectionné. En général à la Division des Ressources en Eau et principalement au Service Hydrologie les nivellements demandés sont des profils en travers d'un Oued à une section donnée, ou un profil en long sur 500m de part et d'autre d'une section ou encore des rattachements d'éléments d'échelles de batterie à un repère.

Tous ces travaux se font au niveau et à la chaîne. Les théodolites étant plus spécialement utilisés par les professionnels. On procède, suivant la topographie des lieux et des accès, par cheminement ou par rayonnement. (voir GR 1 et GR 2 page 7).

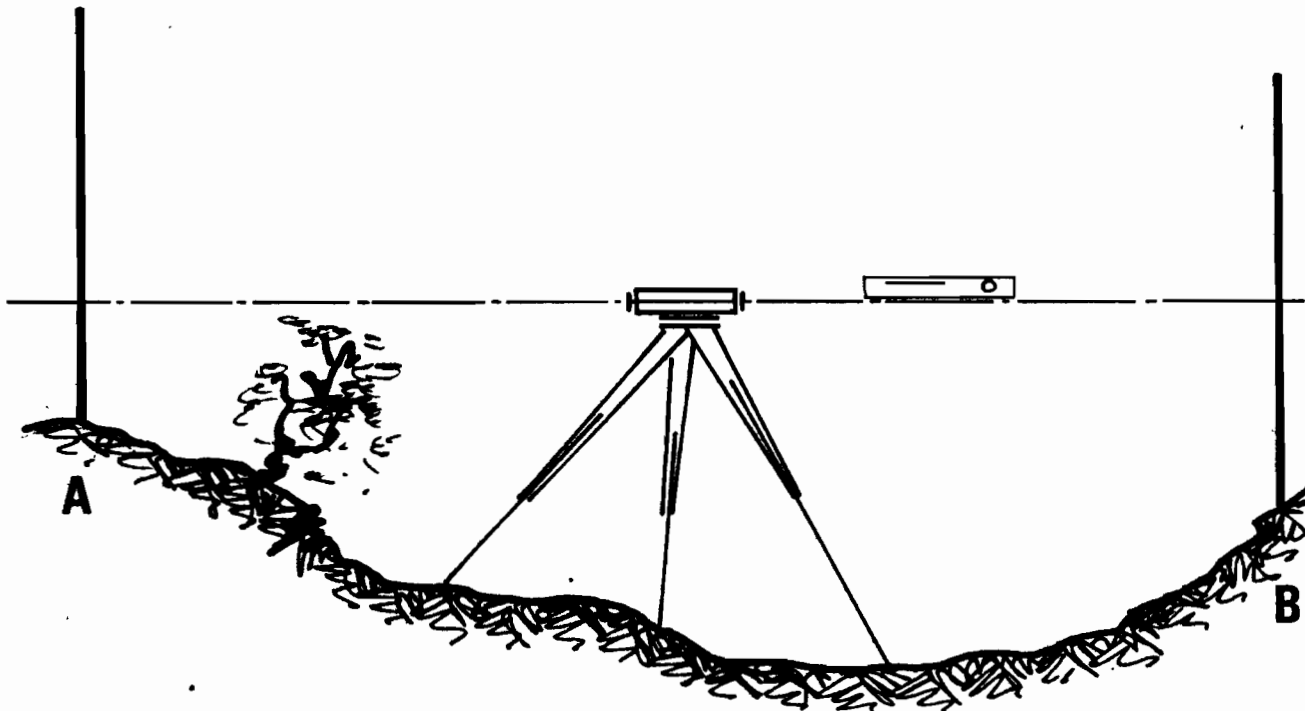
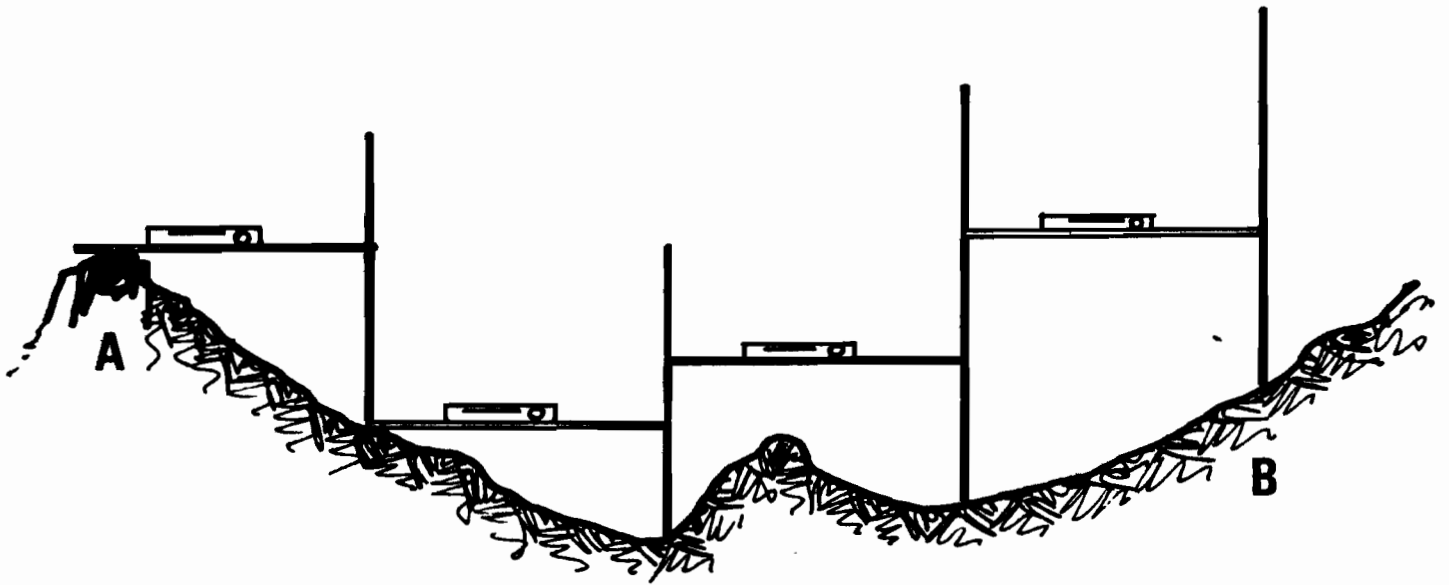
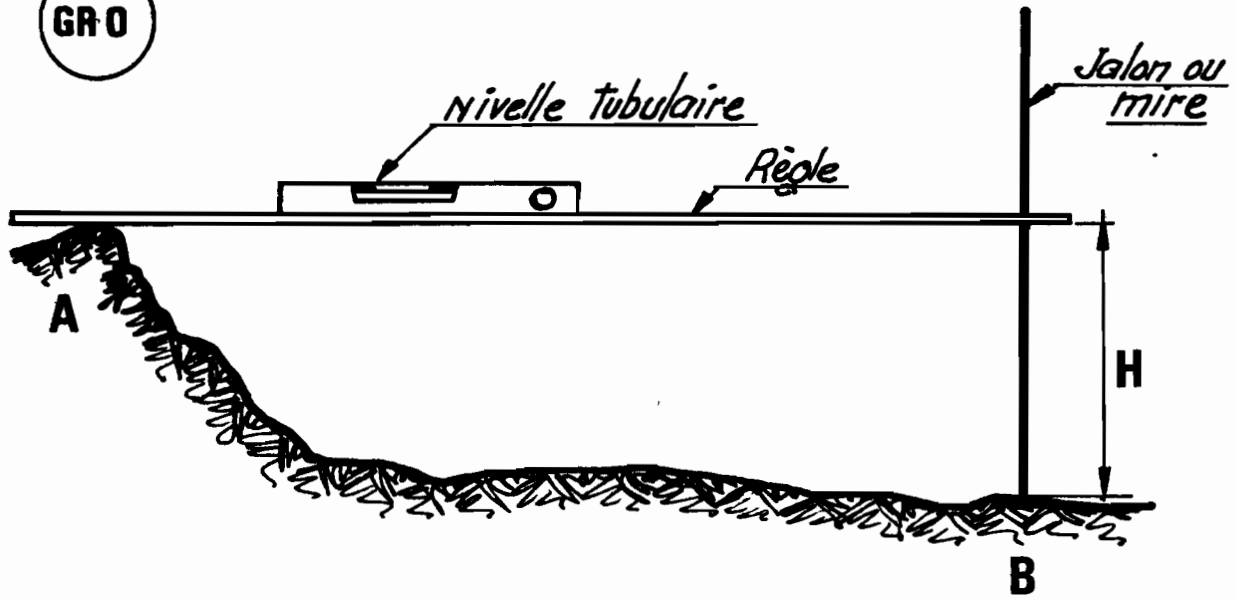
Sur le carnet 1976 nous avons volontairement supprimé la colonne des relevés de cercle celle-ci étant utilisée très rarement. En cas de besoin particulier l'opérateur peut noter les angles sur la page OBSERVATIONS (voir chapitre CERCLE).

TECHNIQUE DU NIVELLEMENT

La différence de niveau entre deux points (nivellement) peut être déterminée à partir de trois procédés différents suivant le relief, les accès, et les possibilités et conditions du moment. (voir GR 13 page 6).

- 1°/ L'instrument est placé au dessus de l'un des deux points et la hauteur H_0 est mesurée. Cette hauteur est la distance entre le point P1 d'altitude connue et l'axe de la lunette de visée. La mire est placée verticalement sur le deuxième point P2 et la lecture L1 est effectuée.

GRO



La différence de niveau entre P1 et P2 est :

$$h = L1 - Ho$$

Ou encore, si l'on résonne en altitude :

$$\text{Altitude de P1} + Ho - L1 = \text{Altitude de P2}$$

2°/ L'instrument est placé entre les deux points de préférences et si possible à peu près au milieu. La lecture L1 est effectuée sur la mire placée sur P1 puis L2 sur la mire placée sur P2. La différence de niveau est :

$$h = L2 - L1$$

ou encore, si l'on raisonne en altitude :

$$\text{Altitude de P1} + L1 - L2 = \text{Altitude de P2}$$

3°/ L'instrument en peut pas être placé sur un point ni entre les points. On met alors en station derrière ou a coté et on effectue les lectures L1 et L2. La différence de niveau est :

$$h = L2 - L1$$

On encore, si l'on raisonne en altitude :

$$\text{Altitude de P1} + L1 - L2 = \text{Altitude de P2}$$

REMARQUES :

C'est dans le 2ème cas (station entre les deux mires) que la mesure est la plus précis, car les erreurs résiduelles de réglage de l'instrument se compensent réciproquement à condition d'être à égale distance entre les deux points visés. Pour cette raison on a intérêt à se placer, si possible, à peu près au milieu entre les deux mires.

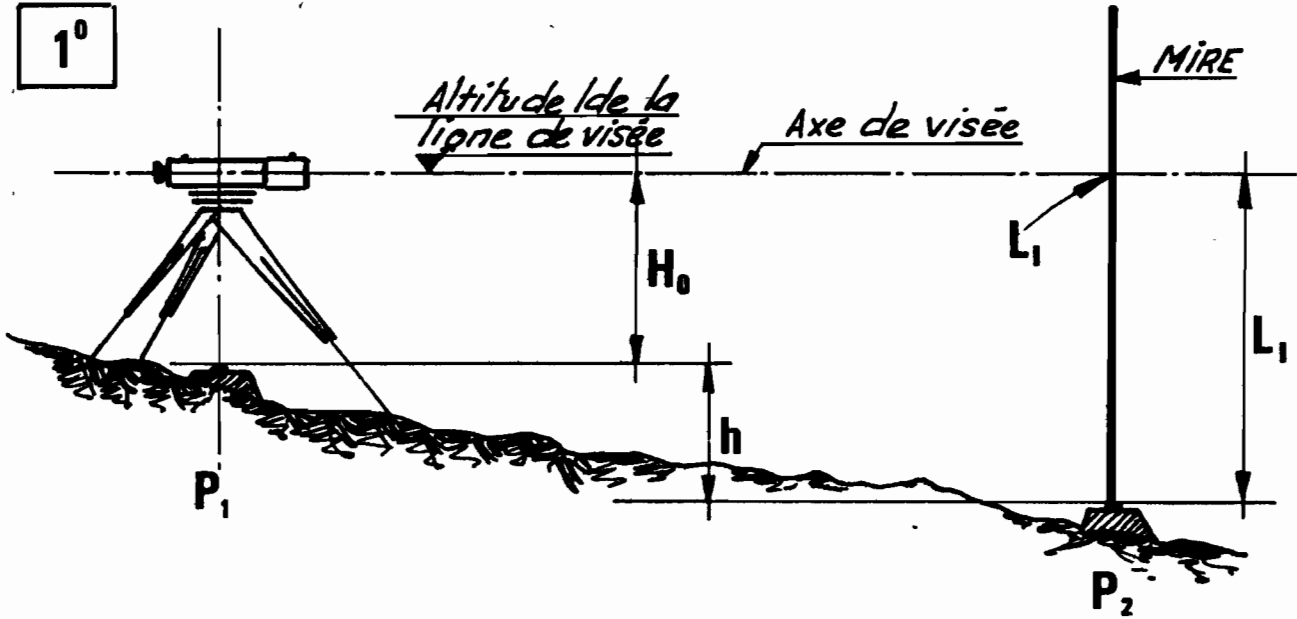
NIVELLEMENT PAR CHEMINEMENT

C'est surtout lorsque l'on fait un profil en long ou le rattachement d'une batterie d'échelle à un macaron du Nivellement Général Marocain éloigné que l'on procède par cheminement.

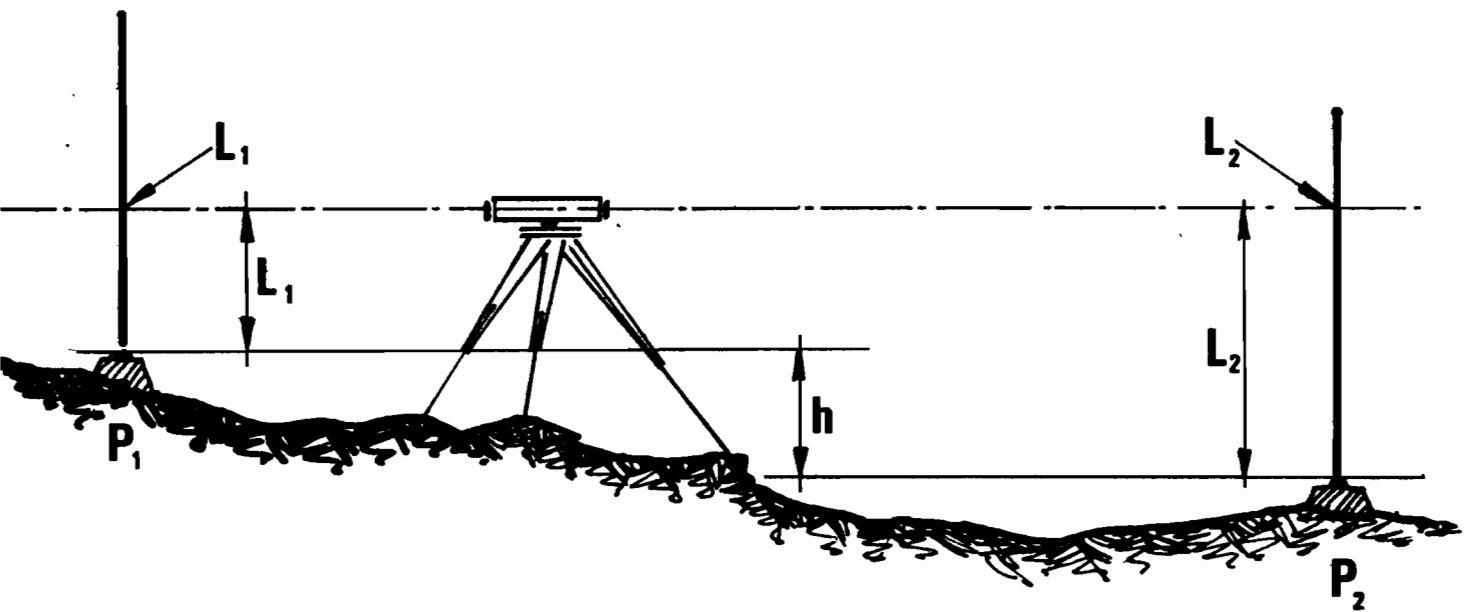
En résumé, lorsque l'on a une grande distance peu accidentée à couvrir il faut utiliser cette méthode qui est la plus rapide. (voir GR1 page 7).

Avec les niveaux classiques les portées maximum sont de l'ordre de 100m si la visibilité est bonne. Mire claire, éclairage bon, température pas trop élevée, pour cela on a toujours intérêt à travailler très tôt le matin.

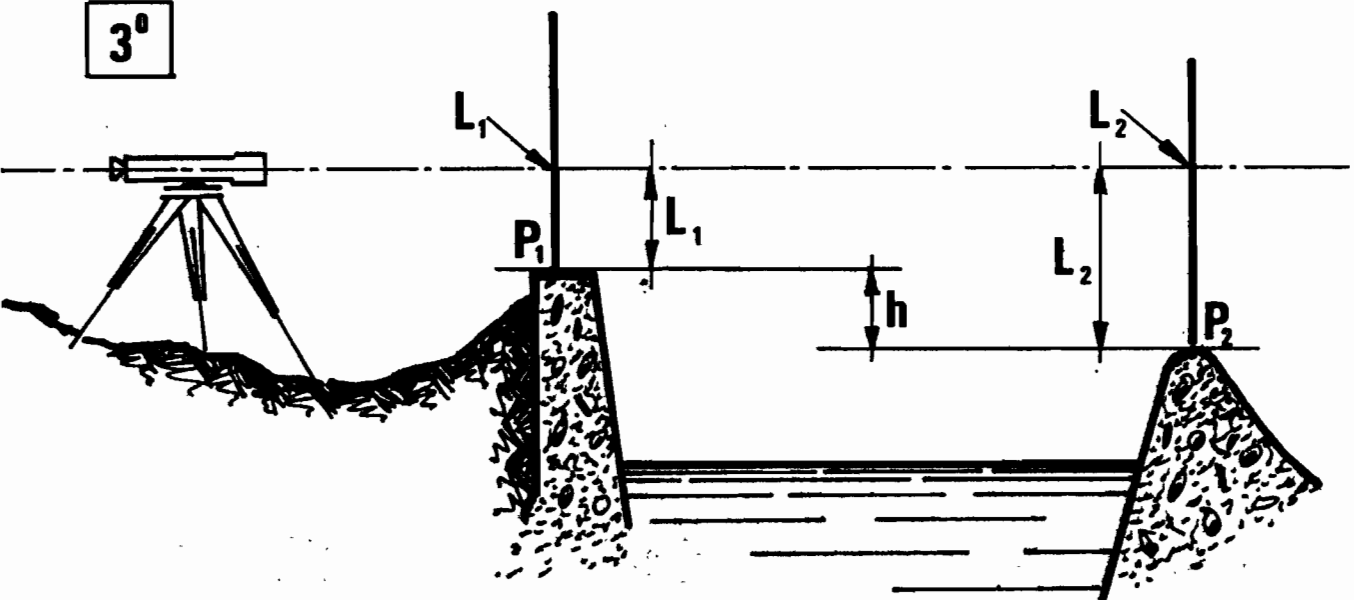
1°



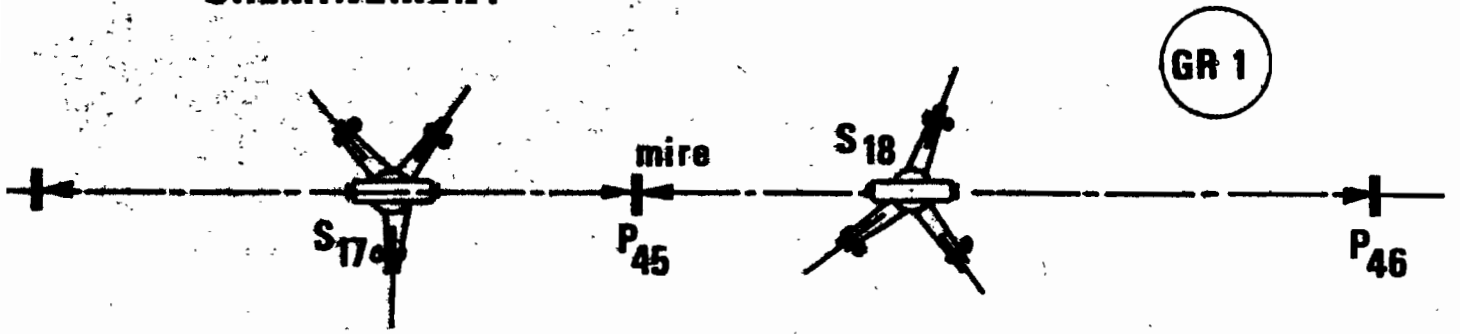
2°



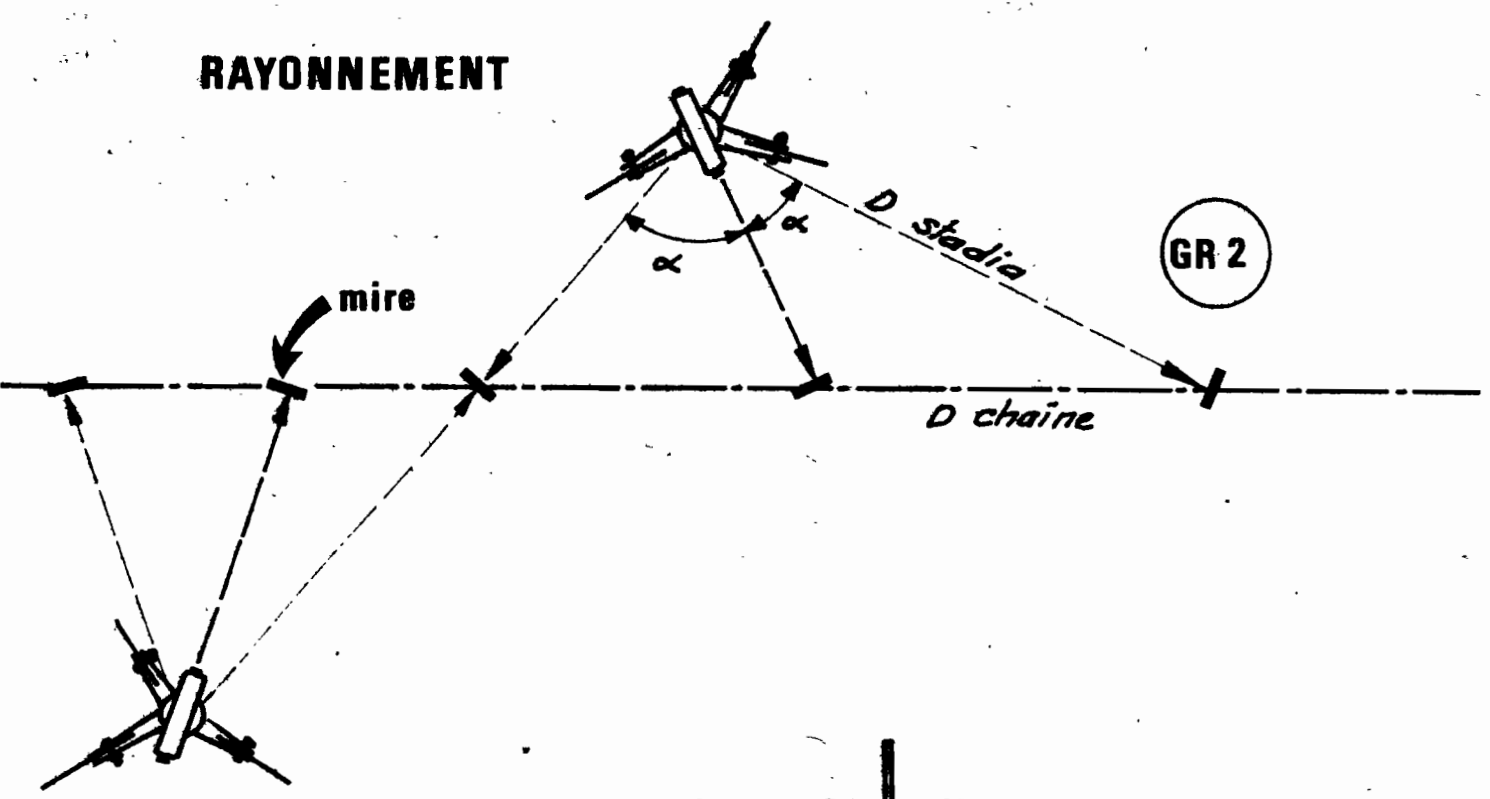
3°



CHEMINEMENT

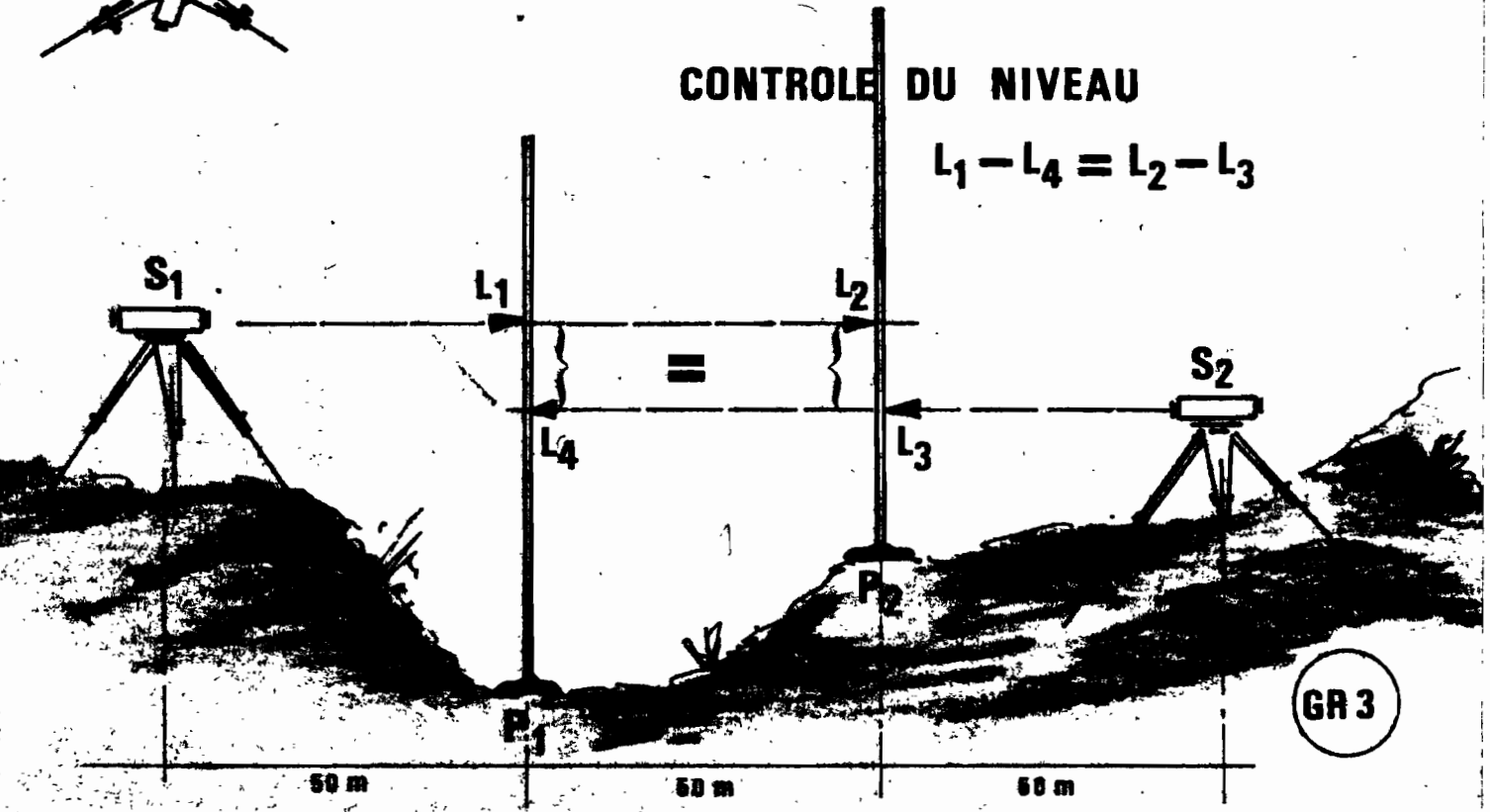


RAYONNEMENT



CONTROLE DU NIVEAU

$$L_1 - L_4 = L_2 - L_3$$



50 m

50 m

50 m

En cheminement on peut utiliser la stadia pour mesurer les distances. Celle-ci donne un travail suffisamment précis pour un rattachement ou pour un profil en long (voir chapitre mesure des distances).

VITESSE D'AVANCEMENT

1 à 2 km/h

FAIRE DES PORTEES EGALES
ENTRE DEUX POINTS

NIVELLEMENT PAR RAYONNEMENT

On procède par rayonnement lorsque l'on ne peut pas, pour des raisons de pratique, d'accès ou de commodité, se mettre en station entre deux mires sur l'axe des relevés, c'est le cas généralement pour un rattachement d'échelle ou de profil en travers avec berges à fortes pentes. (voir GR 2 page 7).

Les distances entre piquets sont alors relevés à la chaîne horizontalement.

On peut aussi faire "chaîne et stadia" et relever les angles mais c'est déjà du ressort de topographes avertis et il est plus simple pour les agents de la Division des Ressources en Eau de mesurer la distance entre deux piquets avec une chaîne d'arpenteur.

Attention ! certaines sont gravées d'un côté et de l'autre mais avec l'origine (zéro) inversée, ce qui a très souvent provoqué des erreurs. Vérifier l'ordre de grandeur de votre mesure, et faites un recoupement ou un contrôle.

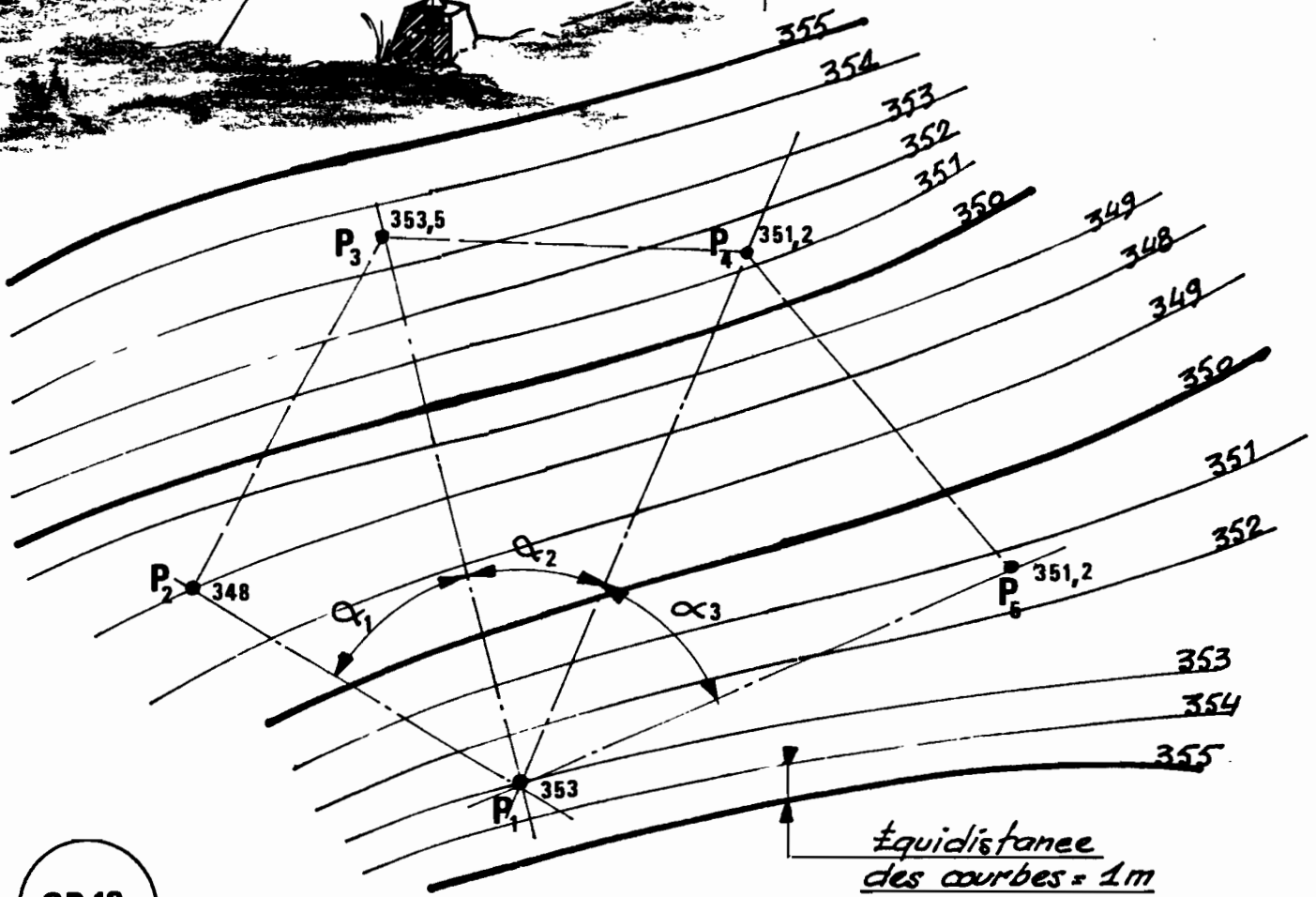
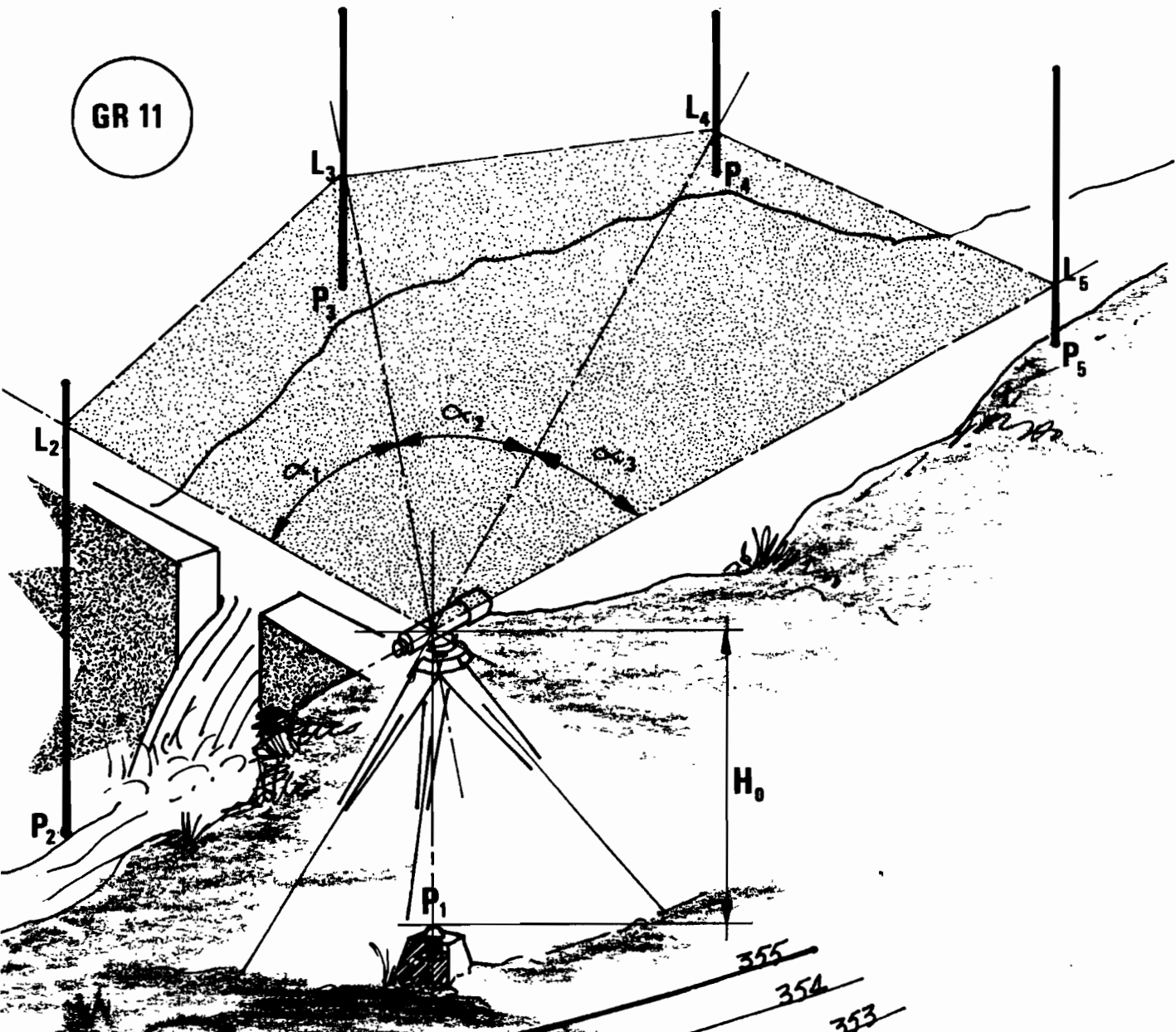
De plus en plus on utilisera de préférence des pentadécamètres (50m) en plastique ou en acier.

NIVELLEMENT DE SURFACE

Pour déterminer des différences de niveau à l'intérieur d'un périmètre limité on peut couvrir celui-ci d'un réseau plus ou moins dense de points dont les altitudes seront mesurées.

Lorsque le niveau est correctement calé, la ligne de visée de la lunette est horizontale quelque soit l'angle de visé (voir GR 11 page 9).

GR 11



GR 12

Si on ajoute la hauteur H_0 de l'instrument à l'altitude du point initial P_1 on obtient l'altitude de la ligne de visée. En soustrayant de celle-ci les lectures de mire L_2 L_3 etc... on obtient l'altitude du sol aux points P_2 P_3 etc....

Si l'on a relevé les angles X_1 X_2 X_3 et les distances entre les points et la station et les points entre eux on peut alors facilement les reporter en plan et tracer les courbes de niveaux (voir GR 12 page 9).

PROFIL EN LONG

Un profil en long s'effectue en général de part et d'autre d'une station hydrométrique.

La distance à relever en amont et en aval de la section est fonction de l'importance de l'Oued, de sa largeur et des ruptures de pentes.

En moyenne et pour des cas normaux, nous indiquons ci-dessous les ordres de grandeurs des distances généralement suffisantes :

- pour des séguias 50m de part et d'autre de la section
- pour des canaux de quelques mètres de largeur, 100m de part et d'autre.
- pour des oueds de 100m de large, relever sur 500m en amont et 500m en aval.
- pour des oueds de 200m de large il faut au moins 1km de part et d'autre.
- pour des oueds de 400m de large relever sur plus de 2km de chaque coté de la section.
- En règle général plus le levé est long mieux il sera exploitable.

Il faut suivre l'axe principal de l'oued imaginé en crue et non pas les méandres de l'étiage qui serpentent de gauche à droite au fond du lit mineur. En effet le profil en long est surtout effectué pour calculer la pente et la vitesse théorique à des débits importants et non aux étiages (voir GR 4 page 18).

Après une crue on suit sur une rive les laisses de crue qui reflètent parfaitement ce qu'était la pente de la ligne d'eau pendant cette crue. Les laisses de crue sont les traces maximums laissées par la crue, sable, brindilles, etc... Eviter les herbes accrochées aux branches souples qui ont été forcément couchés par la vitesse et indiquent des traces trop hautes une fois relevées.

Les portes mires placent la mire juste sur ces traces de laisses de crue.

PIQUETS

Il faut, pour faire un bon nivellement, que la mire repose et pivote sur des points durs repérés, sans bouger d'altitude.

Pour cela on utilise des crapauds ou des piquets généralement en bois.

L'idéal avec les piquets c'est d'en enfoncer un sur l'endroit que l'on désire niveller au raz du sol et d'y mettre à coté une fiche numérotée indiquant le numéro du point (voir GR 14 page 12).

MISE EN STATION

La mise en station d'un niveau doit être rapide et correcte. Pour arriver à cale il faut procéder toujours de la même façon et dans le même ordre.

Avant de fixer l'appareil sur sa plaque de couche vérifier que les surfaces d'appuis sont exemptés de terre ou de grain de sable.

Les pieds télescopiques sont mis en extension totale ou partielle puis écartés de façon à placer la plaque de couche à hauteur du mention en position normale debout.

On enfonce les pointes acier dans le sol en appuyant avec le pied. En terrain meuble repasser plusieurs fois. On règle la plaque de couche a peu près horizontale en agissant sur les pieds coulissants.

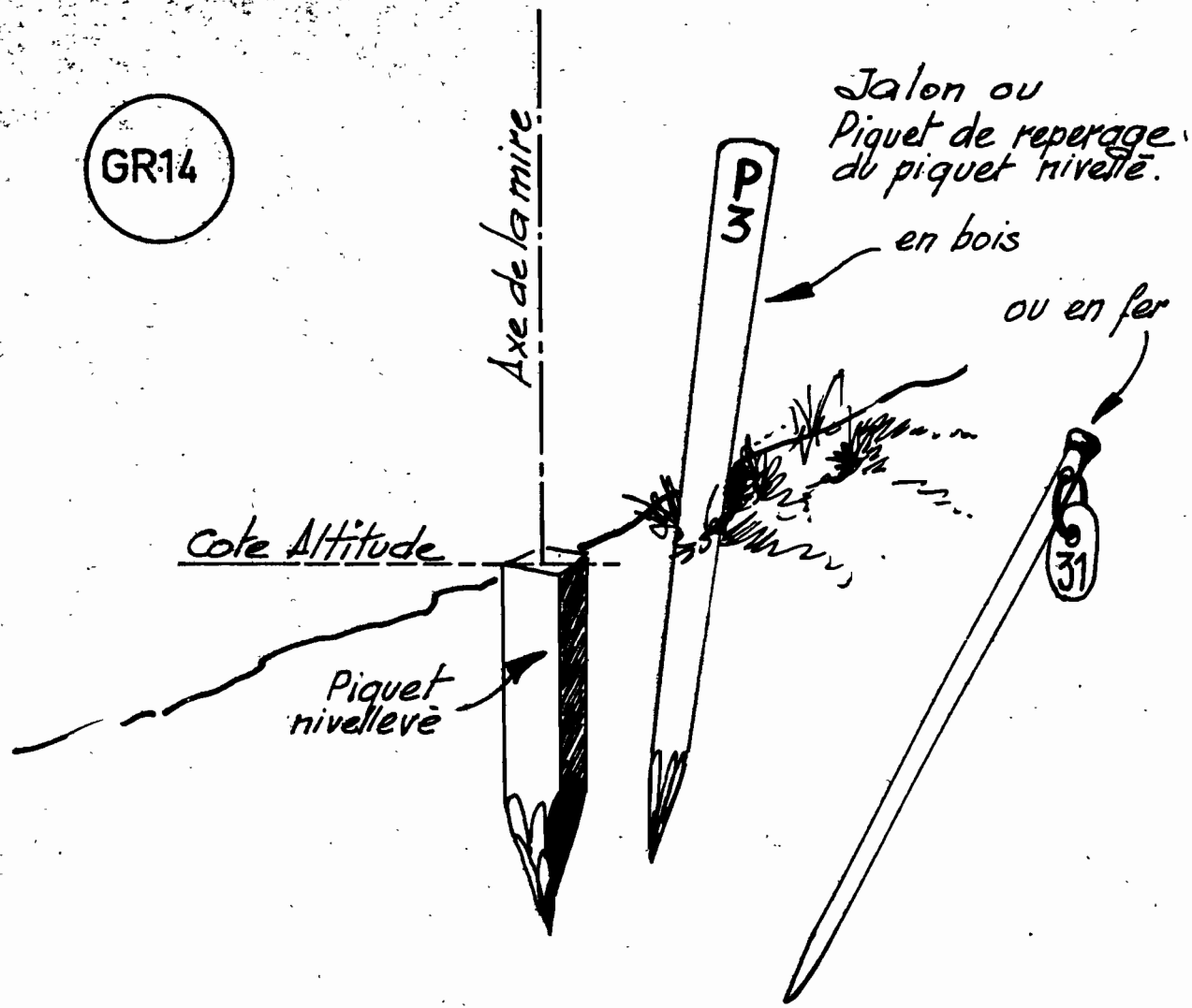
Placer alors la lunette parrallèle à deux vis micrométriques la nivellement vers soi. (voir GR n° 5 page 13 . Position I). En agissant simultanément sur les deux vis 1 et 2 (en même temps) d'un nombre de tours et toujours dans le sens opposé l'une par rapport à l'autre c'est-à-dire que les deux pouces rentrent à l'intérieur ensemble ou sortent, on amène la bulle de la nivellement sphérique dans l'axe perpendiculaire à la lunette.

On fait alors pivoter la lunette à angle droit (90°) dirigée sur la vis 3 (position II du GR5) et on amène le bulle à sa place en agissant uniquement sur la vis 3. Avec un peu d'habitude cela suffit pour caler le niveau correctement. Dans le cas contraire on revient à la position I et on continue la même opération, lunette parallèle aux vis 1 et 2, affiner le calage toujours sur les deux vis en même temps et sens opposé puis revenir en position II à 90° et placer correctement la bulle dans le cercle central de la nivellement en agissant uniquement sur la vis 3.

REGLAGE DE VISEE

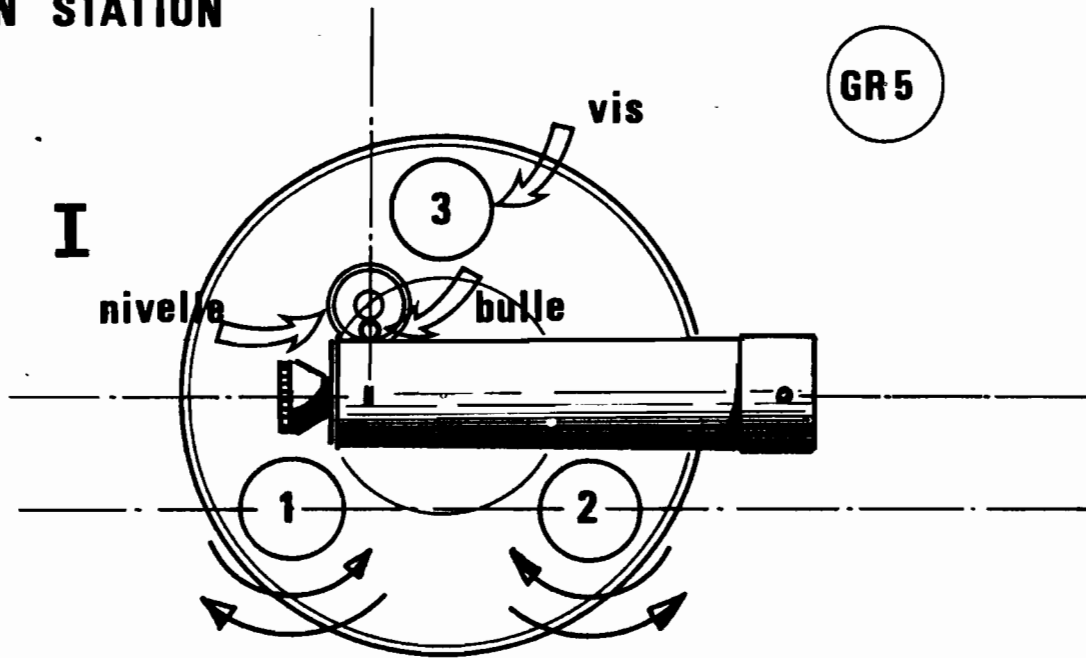
Le niveau en station, la mire en place, il s'agit de faire les lectures nécessaires. Les réglages sont un peu différents suivant le type d'appareil utilisée mais sont généralement du même genre. Visée grossière de la mire avec le guidon au dessus de la lunette du type carabine. On règle ensuite la netteté des réticules une fois pour toutes. Ce réglage est différent suivant la vue de l'opérateur. Les réticules sont les fils vus au travers de la lunette. Fils de visée qui doivent être réglés très nets, fins et bien noirs. Il y a généralement un fil vertical et 3 horizontaux, celui du milieu plus long ou avec un V coté gauche (voir graphique n°6) page 13).

GR14

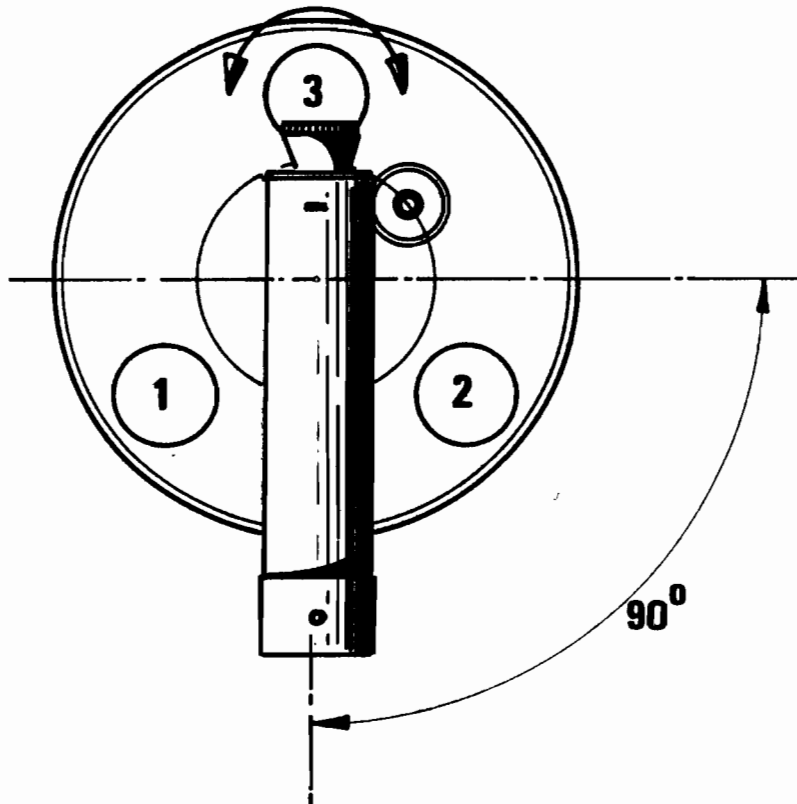


C R A P A U D

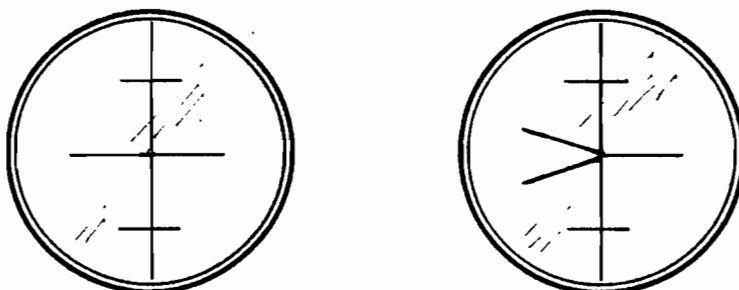
MISE EN STATION



II



RETICULES



GR6

On règle ensuite la netteté de l'image sur la mire comme avec des jumelles en agissant sur une vis latérale qui est en générale plus grosse que les autres.

Avant chaque lecture certains appareils demandent un réglage des bulles à coïncidence ou d'appuyer sur un bouton afin de vérifier la suspension des primes (cas des niveaux automatiques). Suivre les indications spécifiques à chaque appareil.

Le déplacement fin et latéral de la lunette pour amener les réticules sur la mire à la meilleure position souhaitée afin de faciliter les lectures s'effectue à l'aide d'un bouton généralement situé devant l'appareil.

LECTURES ET CONTROLE

À la Division des Ressources en Eau on lit systématiquement les trois fils. C'est-à-dire la lecture correspondant au fil du HAUT la lecture MILIEU et la lecture du BAS.

Immédiatement on effectue le contrôle afin d'éviter toute erreur en faisant :

$$\begin{array}{r} \text{Lecture du HAUT} \\ - \text{Lecture du MILIEU} \\ = \quad \quad \quad X \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Lecture du MILIEU} \\ - \text{Lecture du BAS} \\ = \quad \quad \quad X \end{array}$$

Les deux différences doivent être égales à 2 ou 3 près. On peut aussi faire HAUT + BAS = MILIEU X 2 ce qui revient au même mais peut être moins simple. Prendre la formule qui convient le mieux.

EXEMPLE :

Lecture du fil HAUT	1553
Lecture du fil MILIEU	1357
Lecture du fil BAS	1160

CONTROLES :

$$\begin{array}{r} - 1553 \\ - 1357 \\ \hline 196 \end{array} \quad = \quad \begin{array}{r} - 1357 \\ - 1160 \\ \hline 197 \end{array}$$

Ou :

$$\begin{array}{r} 1357 \\ + 1357 \\ \hline 2714 \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{r} 1357 \\ \times \quad 2 \\ \hline 2714 \end{array} \quad = \quad \begin{array}{r} 1553 \\ + 1160 \\ \hline 2713 \end{array}$$

DENOMINATION

On appelle généralement les points où l'on place le niveau ; des Stations. Il est préférable de les appeler dans l'ordre d'avancement c'est-à-dire S1 S2 S3 etc...

Les piquets nivelés à la mire peuvent s'appeler n'importe comment mais de façon à les reconnaître facilement. En général P1 P2 P3 etc... mais aussi Ro R1 R2 pour des bornes repère ou encore HE1 ce qui peut vouloir dire Haut de l'Echelle 1m. L'essentiel est que l'opérateur s'y retrouve lors du dépouillement.

Jamais un même point s'appellera de deux façons différentes au cours du même nivellement exp: P3 à l'allé et P18 au retour. C'est toujours P3. Si le profil en long passe sur un piquet du profil en travers le piquet portera la même appellation sur les deux profils. De même on ne trouvera évidemment pas deux fois la même dénomination sur deux points différents.

Les "COUPS AVANT" sont ceux que l'on vise dans le sens de la progression. Les "COUPS ARRIERE" sont évidemment ceux que l'on lit à travers la lunette en regardant vers d'où l'on vient. Les coups avant sont calculés en négatif et les coups arrières en positif. (voir chapitre FERMETURE).

ALTITUDE

L'altitude REELLE ou ABSOLUE (voir croquis page 16). est l'altitude vraie d'un point côté par rapport à un nivellement officiel NGM (Nivellement Général Marocain) qui couvre tout le pays et part du zéro moyen de la mer. Tous les points nivelés et déduits de cette origine sont donc en altitude REELLE.

A chaque fois que l'on peut se rattacher à une borne (macaron) NGM, donc d'altitude REELLE connue on a intérêt à le faire.

L'altitude FICTIVE (voir croquis page 17), est une altitude "inventée" imaginaire que l'on impose à un piquet "départ" et d'où seront déduites toutes les autres altitudes. A la Division des Ressources en Eau, hydrologie, on prend en général 50.000m comme altitude fictive de point de départ.

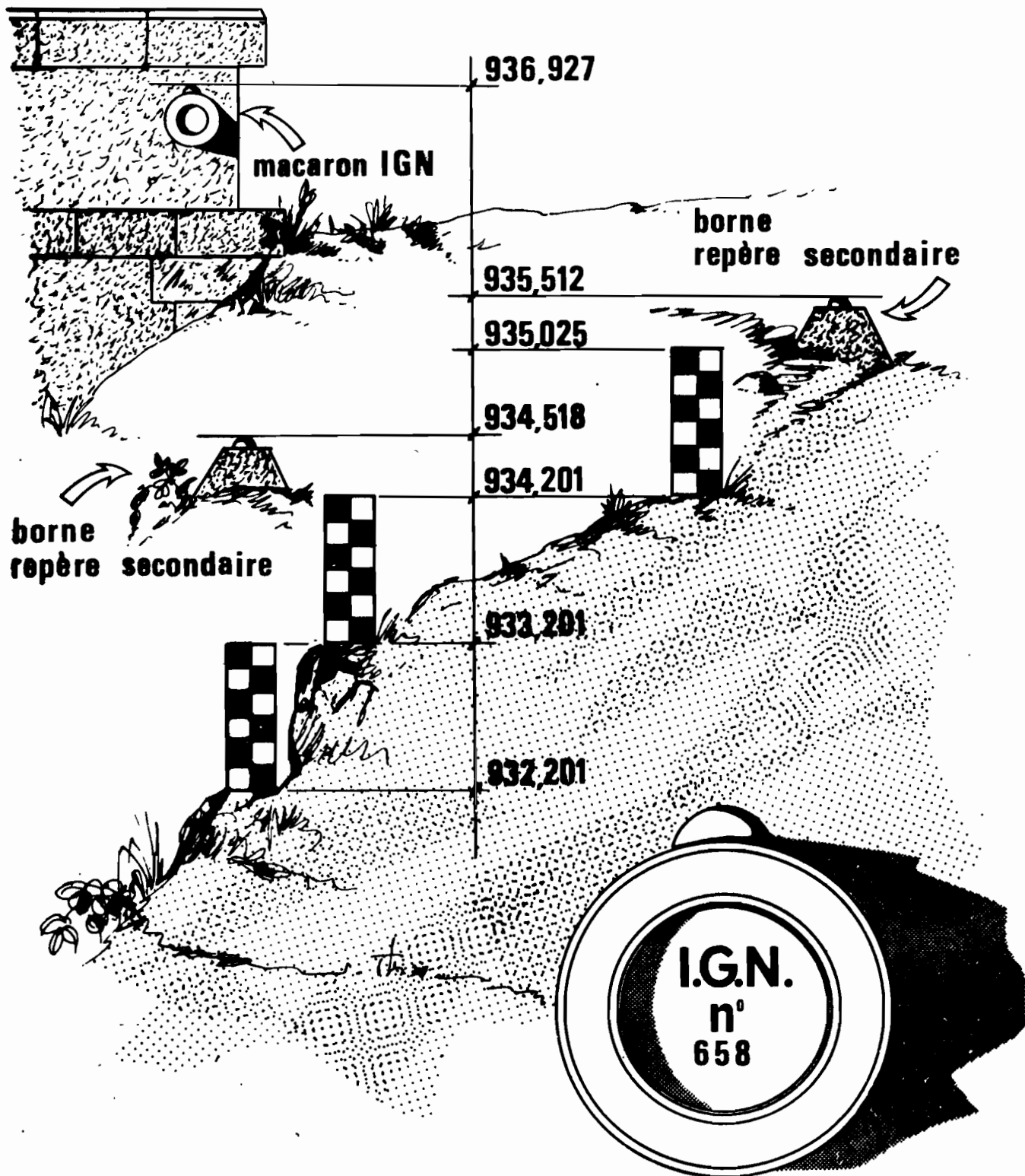
MIRE

La tenue de la mire se fait jambes écartées et en appui sur le front les yeux fixés sur la nivelle.

Surtout s'il y a du vent c'est le seul moyen de faciliter les lectures. (voir graphique n° 7 page 18).

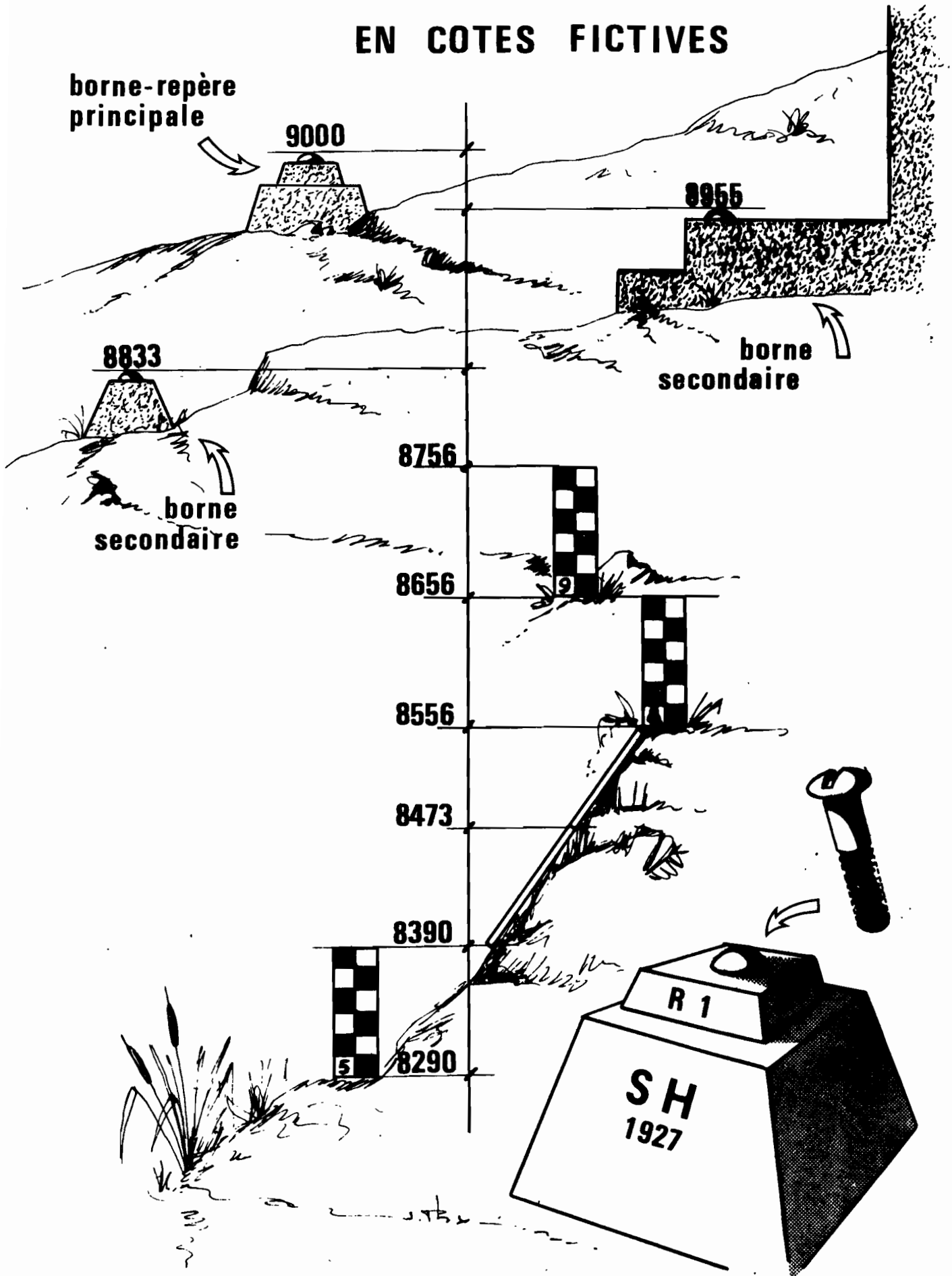
Pour ne pas fatiguer inutilement le porte-mire convenez et travailler toujours avec les mêmes signes pour lui "dire", déplacement, lecture, fin de lecture, à gauche, à droite, reculer; avancer, monter, descendre etc....

REPERES DE GARDE EN COTES ABSOLUES ET EN ALTITUDE REELLE



REPERES DE GARDE

EN COTES FICTIVES



MIRE

GR 4

axe d'un profil en long
OU SUR LES TRACES
DE CRUE

NON
FAUX

OUI

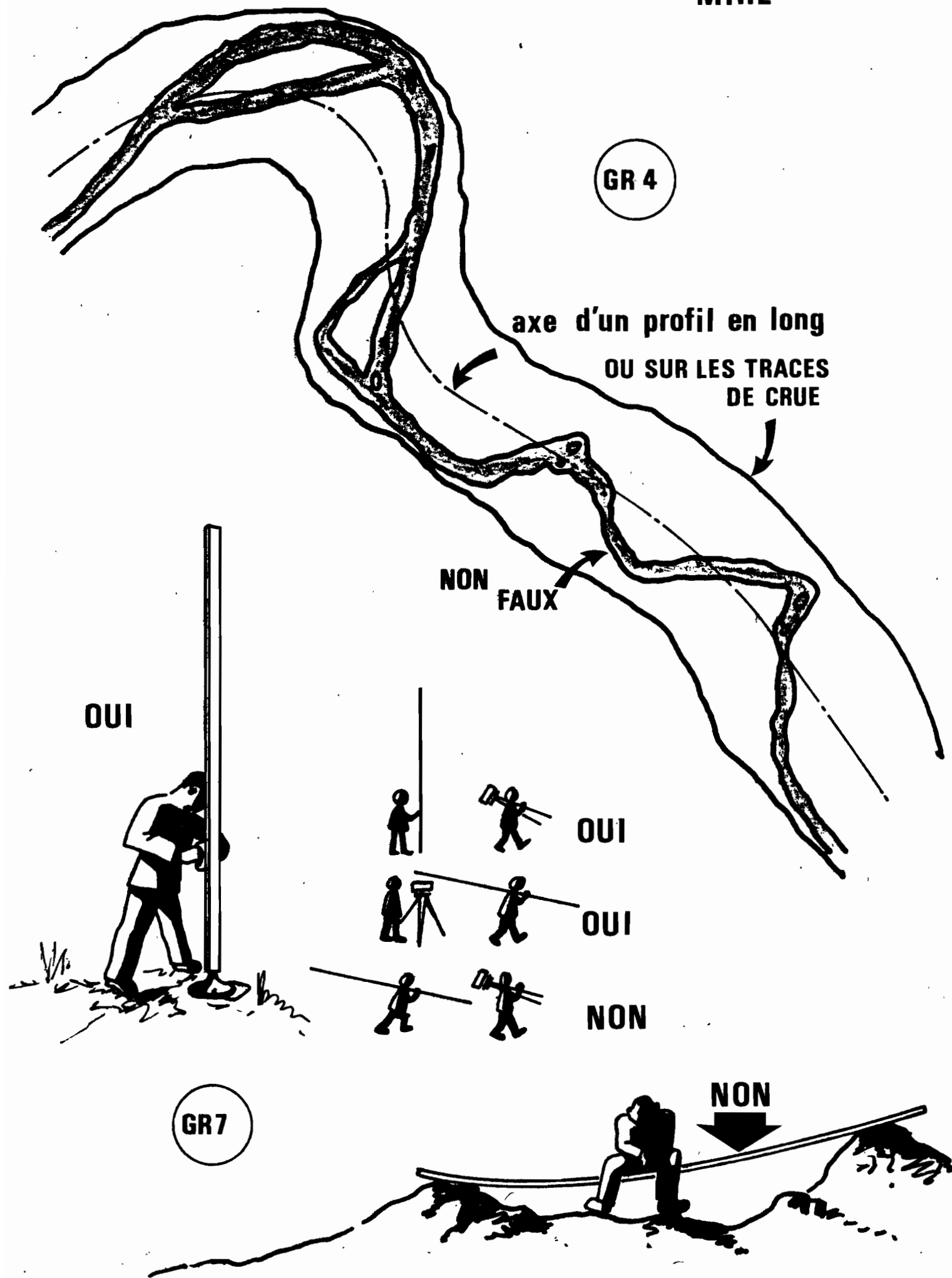
OUI

OUI

NON

GR 7

NON



Ne jamais laisser une mire au soleil pendant une pose ni la placer en porte à faux.

On doit de temps en temps vérifier que la nivellement est bien réglé sur la mire. Pour cela on place la mire parfaitement verticale, dans tous les sens avec un niveau de façon ou un fil à plomb et on amène la bulle dans le cercle de la nivellement à l'aide des 3 vis de réglage situées sous la cage de la nivellement. Bloquer ensuite avec la vis centrale.

Si la mire change de piquet la station doit rester en place. Si la station (le niveau) change de place la mire doit rester sur son piquet et seulement pivoter.

On ne doit jamais voir la mire et le niveau se déplacer en même temps

MESURE DES DISTANCES

Comme il a déjà été écrit au chapitre NIVELLEMENT PAR RAYONNEMENT on peut mesurer les distances soit à la chaîne d'arpenteur soit à la STADIA.

Attention au chaîne "inversée" et ne jamais mesurer le long de la pente, ce qui est faux, mais toujours à l'horizontal (voir graphique n° 8 page 20).

Les mesures à la STADIA donnent la distance entre le niveau (la station) et la mire. Cette mesure n'est pas très précise mais suffit en général pour les levés hydrologiques courants.

La distance entre le niveau et la mire est égale à :
Lecture du fil HAUT - lecture du fil BAS Xk . k étant un coefficient pris suivant les travaux pour utiliser une unité de mesure pratique ou représentative en générale de mètre et en fonction de l'écart des réticules. En principe les réticules des niveaux ont un écart des fils stadimétriques de 1 pour 100 c'est-à-dire que si on lit sur le fil du HAUT 3485 et sur le fil du BAS 3170 la distance entre le niveau et la mire est de :

$$\begin{aligned} 3485 - 3170 &= 315 \text{ mm} \\ 315 \text{ mm} \times k &= 315 \times 100 = 31500 \text{ mm} = 31,5 \text{ m} \\ (\text{si } k &= 100) \text{ à vérifier.} \end{aligned}$$

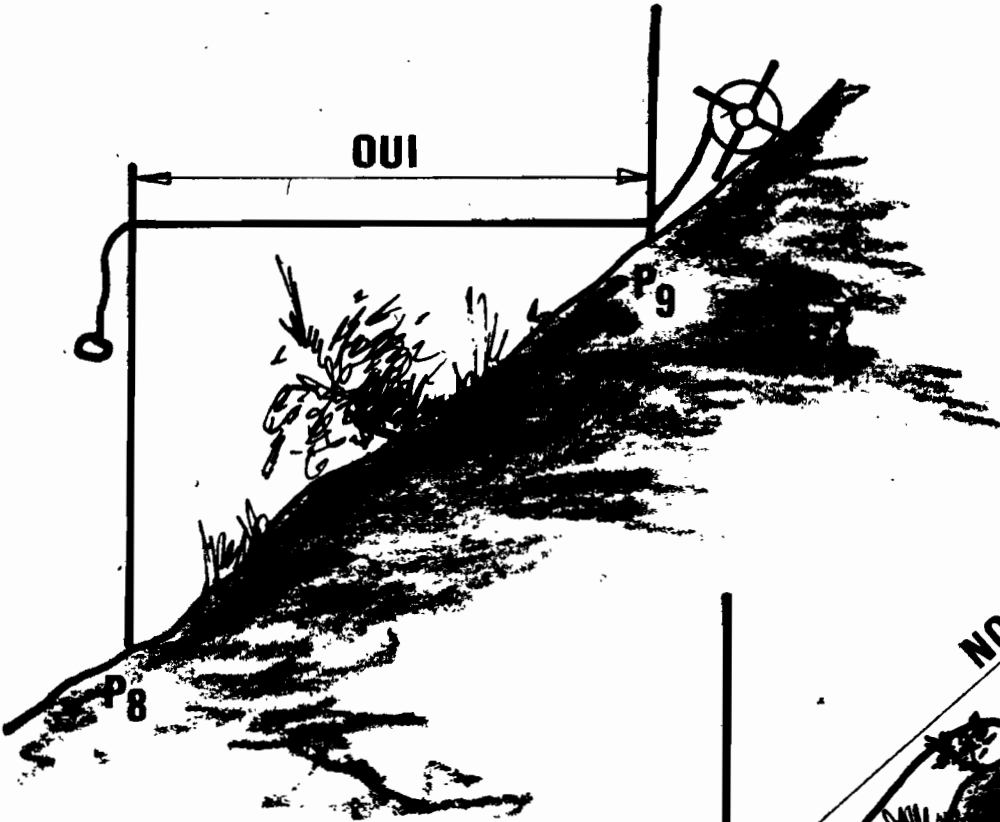
Sur certains appareils il peut être égal à 0,3 : 100.

En pratique on prend $k = 10$ en diviseur pour obtenir des mètres soit :

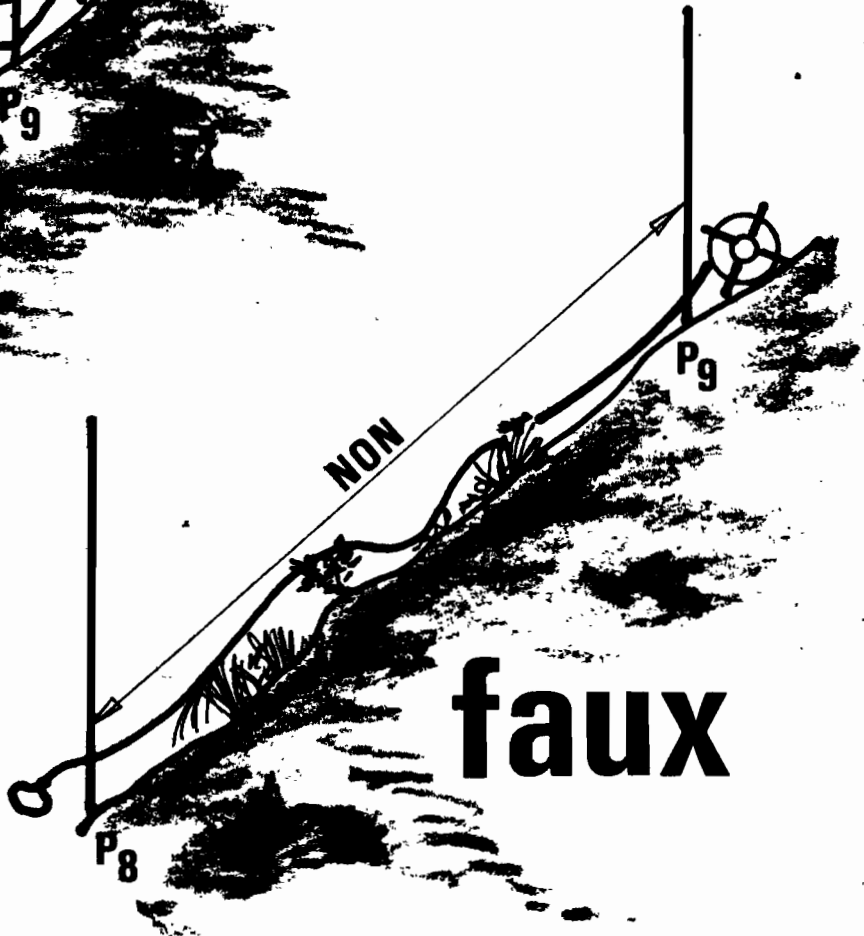
$$3485 - 3170 = \frac{315}{10} \text{ soit } 31,5 \text{ m}$$

GR 8

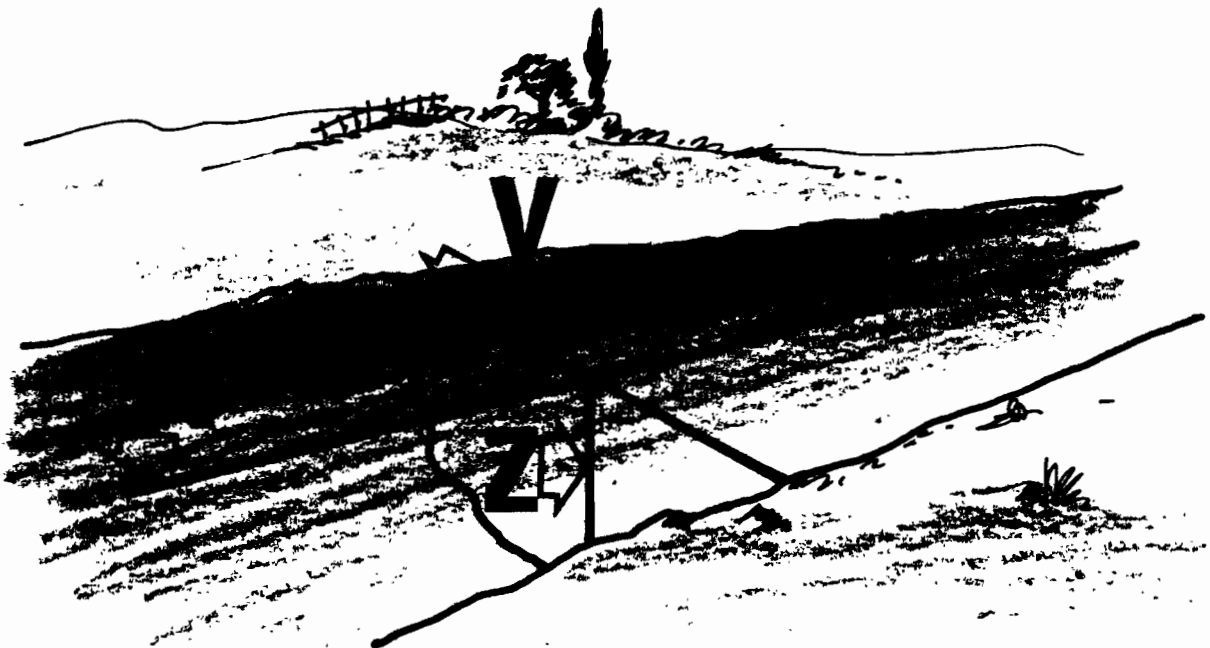
OUI



NON



faux



CERCLE

Les mesures d'angle se font sur le cercle soit en grades soit en degrés. Le préciser dans la colonne observations. Un cercle gradué en grade est divisé en 400 pour un tour complet et en 360° pour celui gradué en degrés.

Les sous divisions du grade sont des 1/10 ou 1/100 et les sous divisions du degrés sont des minutes. (60 minutes pour 1degrés). Les systèmes et les graduations suivant le type d'appareil utilisé sont très variables.

Nous représentons les principaux utilisés au MAROC par la Division des Ressources en Eau sur les différents croquis des graphiques GR 10 pages 22 et 23).

On relève les angles lorsque l'on veut restituer sur plan, la position exacte des points nivelés en plus de leur altitude.

FERMETURE

La fermeture est le fait de terminer son nivellement sur un point déjà connu en altitude.

Soit revenir au point de départ soit aller sur un autre repère déjà nivelé par ailleurs et par conséquent d'altitude déjà connue.

C'est le seul moyen de contrôler si tout le nivellement est bon et d'évaluer sa précision.

LA FERMETURE EST OBLIGATOIRE

Exemple : si l'on commence un nivellement par le piquet P1 on lui donne une altitude fictive 50,000m. Après avoir fait tout le tracé souhaité on revient au piquet P1. Il est bien évident que les calculs doivent conduire à retrouver l'altitude de 50,000 m à la fin, à quelques centimètres ou millimètres près suivant la précision nécessaire désirée.

Si l'on commence sur un macaron NGM dont l'altitude réelle connue est de par exemple 367,630m et que l'on termine sur un autre repère NGM d'altitude connue par exemple 388,302m il est évident que commençant les dépouillements à 367,630 en doit finir à 388,302 ou proche de ce chiffre.

Dans le cas contraire il y a une ou plusieurs erreurs de lectures au cours du nivellement ou dans les calculs.

Le contrôle de la fermeture doit se faire sur le terrain afin d'éviter un autre déplacement en cas d'erreur surtout si l'on travail loin de son point d'attache.

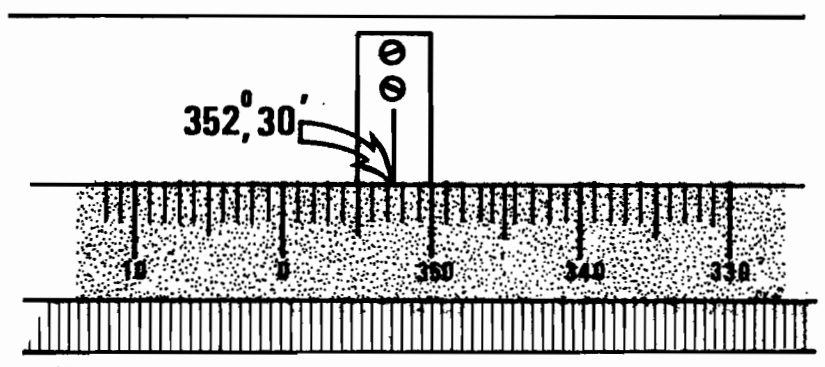
GR 10

LECTURE DU CERCLE

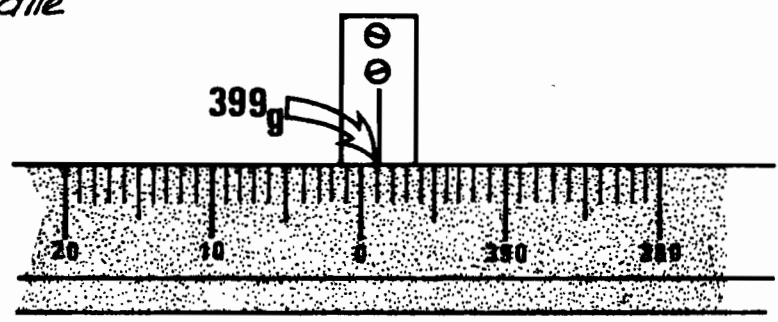
WILD NAKO
WILD NK01

KERN GK1
(avec loupe)

cercle orientable
en degré 360 pour
1 tour complet. Un intervalle
de division pour 1°

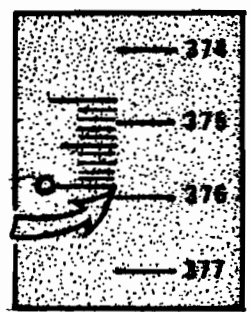


cercle en grade
400 g pour 1 tour

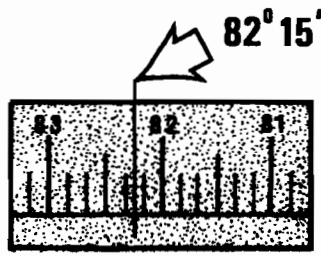
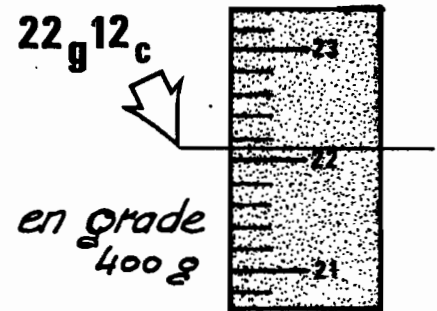
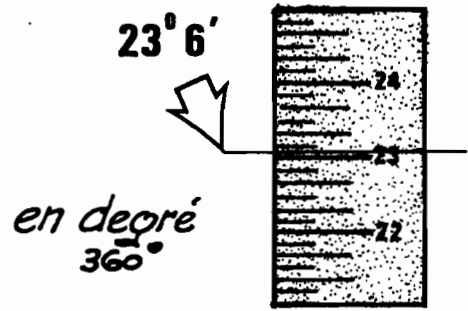


KERN GK23 (suisse)

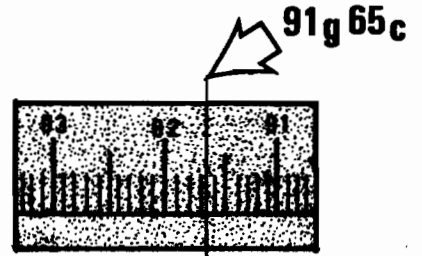
grade et centieme de grade 375g75c
(400 g)



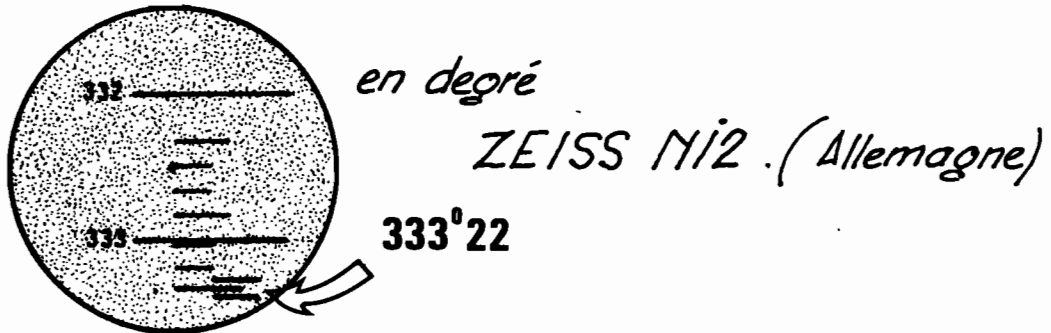
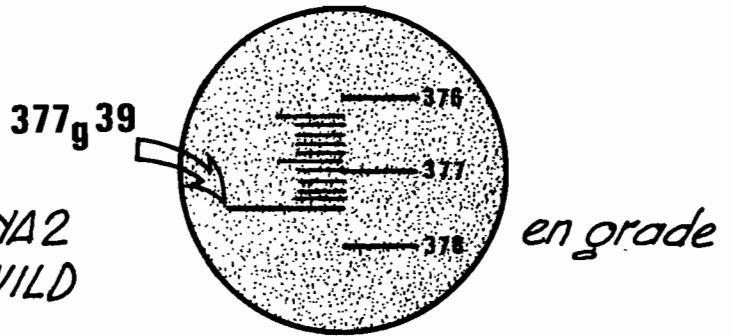
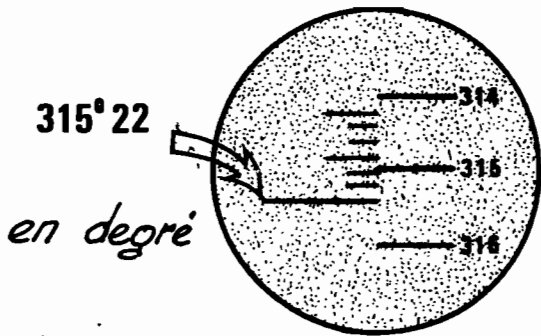
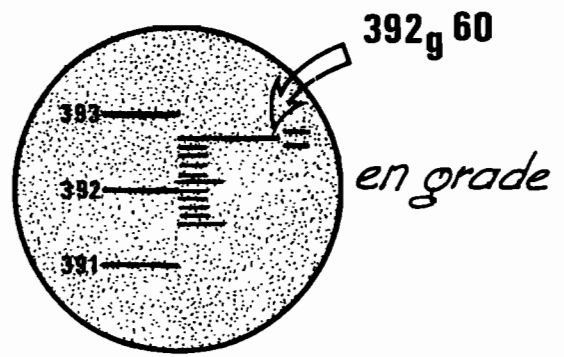
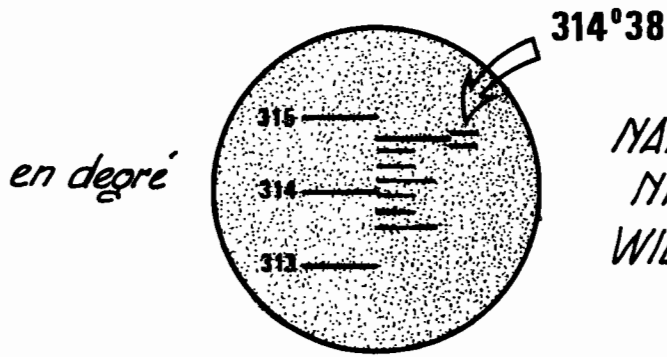
Fenêtre de lecture du SALMOIRAGHI (Italie)



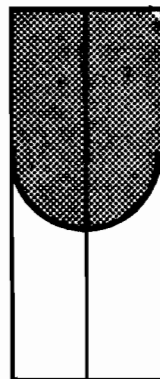
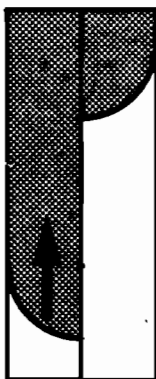
en degré



en grade



NIVELLE A COINCIDENCE SUR LE N2 WILD



Sens de rotation de la vis de fin basculement indiquée par la flèche



CALCULS DE LA FERMETURE

Le calcul de la fermeture est simple et rapide. Il consiste à effectuer une suite d'additions et de soustractions.

On commence par poser l'altitude du point de départ par exemple 50,00m auquel on ajoute la lecture MILIEU de la mire sur ce point P1 par exemple 2864. Soit 52864. Ceci est l'altitude de la ligne de visée de la station 1 (voir croquis n° 9 page 25). Puis on soustrait de cette altitude la lecture MILIEU lue sur la mire au dernier piquet lu depuis la station 1 par exemple 3605. Soit 49259 l'altitude fictive du piquet 5. Les visées intermédiaires sur les piquets P2 P3 P4 ne sont pas dépouillées sur le terrain.

Puis on continu ainsi 49259 + la lecture MILIEU vue de S2 la mire retournée sur P5 donnera l'altitude de la ligne de visée de S2 auquel si l'on enlève le lecture de P8 donnera l'altitude de P8 etc... (c'est toujours + - + - + -).

Soit pour l'exemple (croquis n° 9 page 25).

+ 50.000	altitude de P1 départ
+ 2.864	lecture MILIEU la mire sur P1 vue de S1
<u>52.864</u>	altitude ligne de visée de S1
- 3.605	lecture MILIEU la mire sur P5 vue de S1
<u>49.259</u>	altitude de P5
+ 1.007	lecture MILIEU la mire sur P5 vue de S2
<u>50.266</u>	altitude ligne de visée de S2
- 2.888	lecture la mire sur P8 vue de S2
<u>47.378</u>	altitude de P8
+ 3.964	lecture la mire sur P8 vue de S3
<u>51.342</u>	altitude de S3
- 0.642	lecture la mire sur P13 vue de S3
<u>50.700</u>	altitude de P13
+ 3.025	lecture la mire sur P13 vie de S4
<u>53.725</u>	altitude de S4
- 3.722	lecture sur P1 vue de S4
<u>50.003</u>	altitude de P1 arrivée fermeture

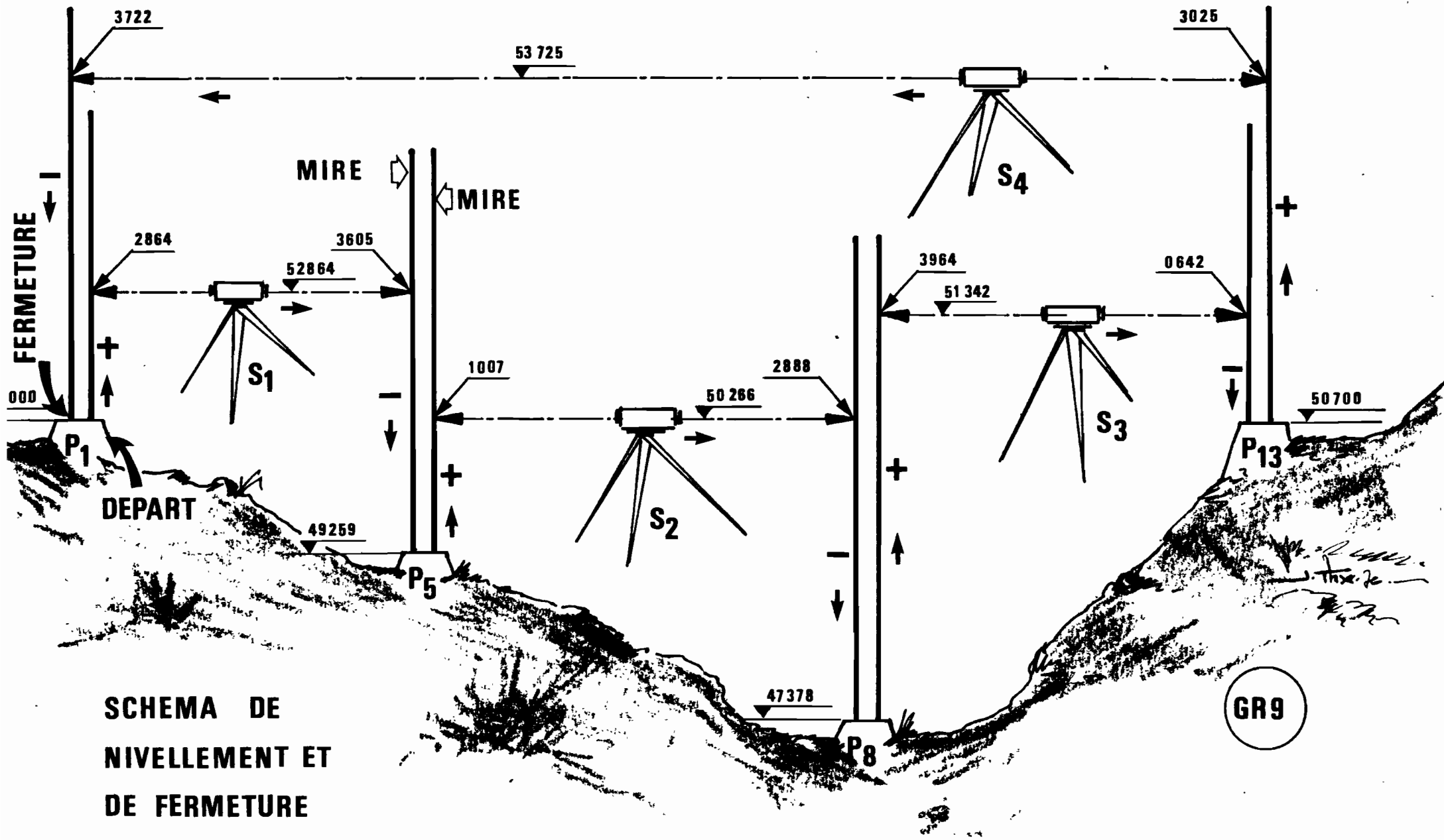
On voit que la fermeture est à 3mm ce qui est très bon.

Une autre méthode, ancienne, et généralement utilisée par les professionnels consiste à additionner les "COUPS AVANT" puis les "COUPS ARRIERE" et d'en faire la différence. Dans l'exemple choisi cela donne :

<u>COUPS ARRIERE</u>	<u>COUPS AVANT</u>
+	-
2864	3605
+ 1007	+ 2888
+ 3964	+ 0642
<u>3035</u>	<u>3722</u>
= 10860	= 10857

10860 - 10857 = + 00003 fermeture correcte.

(voir chapitre DENOMINATION).



SCHEMA DE
NIVELLEMENT ET
DE FERMETURE

GR9

Si l'on part d'une borne à cote connue (pour P1 par exemple 389,064m) et que l'on ferme sur une autre borne d'altitude également connue (par exemple 389,761 pour P13 sur le croquis n°9) on peut procéder de deux façons différentes :

①	②
	ou
$ \begin{array}{r} + \quad 389.064 \\ \quad \underline{2.864} \\ 391.928 \\ - \quad \underline{3.605} \\ 388.323 \\ + \quad \underline{1.007} \\ 389.330 \\ - \quad \underline{2.888} \\ 386.442 \\ + \quad \underline{3.964} \\ 390.406 \\ - \quad \underline{0.642} \\ \hline 389.764 \end{array} $	$ \begin{array}{r} + \quad \quad \quad - \\ 2864 \quad \quad 3605 \\ 1007 \quad \quad 2888 \\ + \quad \underline{3964} \quad + \quad \underline{0642} \\ =+ \quad \underline{7835} \quad =- \quad \underline{7135} \\ \\ \quad \quad \quad + \quad 389.064 \\ \quad \quad \quad \underline{\quad 7.835} \\ \quad \quad \quad 396.899 \\ \quad \quad \quad - \quad \underline{\quad 7.135} \\ \quad \quad \quad = \quad \underline{389.764} \end{array} $

Pour 389,761 cote officielle de P13 on trouve 389.764 soit là aussi 3mm d'erreur.

La méthode ① est préconisée de préférence à la Division des Ressources en Eau, hydrologie, elle est peut être plus simple suivant les habitudes surtout avec une calculatrice électronique de poche.

COMPENSATION

Lors de nivellement de précision on effectue "la compensation" en répartissant également "la différence fermeture" sur tous les points nivelés.

RESTITUTION D'UN PROFIL SUIVANT UN AXE

La restitution d'un profil suivant un axe est généralement représentée sous la forme d'une coupe verticale du terrain suivant cet axe. En ordonnée on trouve les altitudes et en abscisse les distances.

Il serait préférable d'utiliser la même échelle pour les dénivellations (altitudes) et pour les distances mais cela conduit parfois à des formats de présentation peu pratiques et l'on est astreint à un graphique disproportionné ce qui est toujours moins représentatif.

PROFIL DE :

Fait le : par :

Matériel utilisé :

observations :

GR.15

Echelles : H verticale 1/100
L horizontale 1/200

Altitude
réelle absolue

150 m

149

148

147

146

145

144

143

142

141

140 m

RG

Altitude de Ro Repère
Borne 148,02 m

RD

cote crue du
20.11.1927
144,06 m

Nos des Points	1	23	4	56	7	8	9	10	11	12	13	14	P
DIST. PARCIELLE		4	6	4	5	5	3	3	1	8.5	3.5		en m
DIST. CUMULEE	0	4	10	14	19	24	27	30	31	39.5	43		en m
ALTITUDE	149.2	147.1 146.7	145.1	143.9 142.0	140.4	140.3	140.6	142.8	143.0 145.2	147.7	149.7		en m

Il est souvent utile de porter en bas les distances partielles, les distances cumulées, etc.... (voir GR 15 pages 27).

On s'aperçoit qu'il faut placer les mires à chaque ruptures ou changements de pente importants si l'on veut appréhender correctement le tracé. Ceci est très important. On remarque par exemple sur le GR 16 page 29) que si P7 et P8 n'avaient pas été faits on aurait tracé directement de P6 à P9 d'où erreur. De même que P4 et P6 sans P5 ou P9 et P12 sans P10 et P11.

Par contre entre P12 et P13 si la pente est régulière il n'est pas utile de faire des points intermédiaires.

En résumé, il faut qu'entre deux mires le terrain où la surface présente réellement un droite soit horizontale soit verticale soit de pente quelconque mais constante et régulière.

Toute modification importante doit faire l'objet d'un point nivelé.

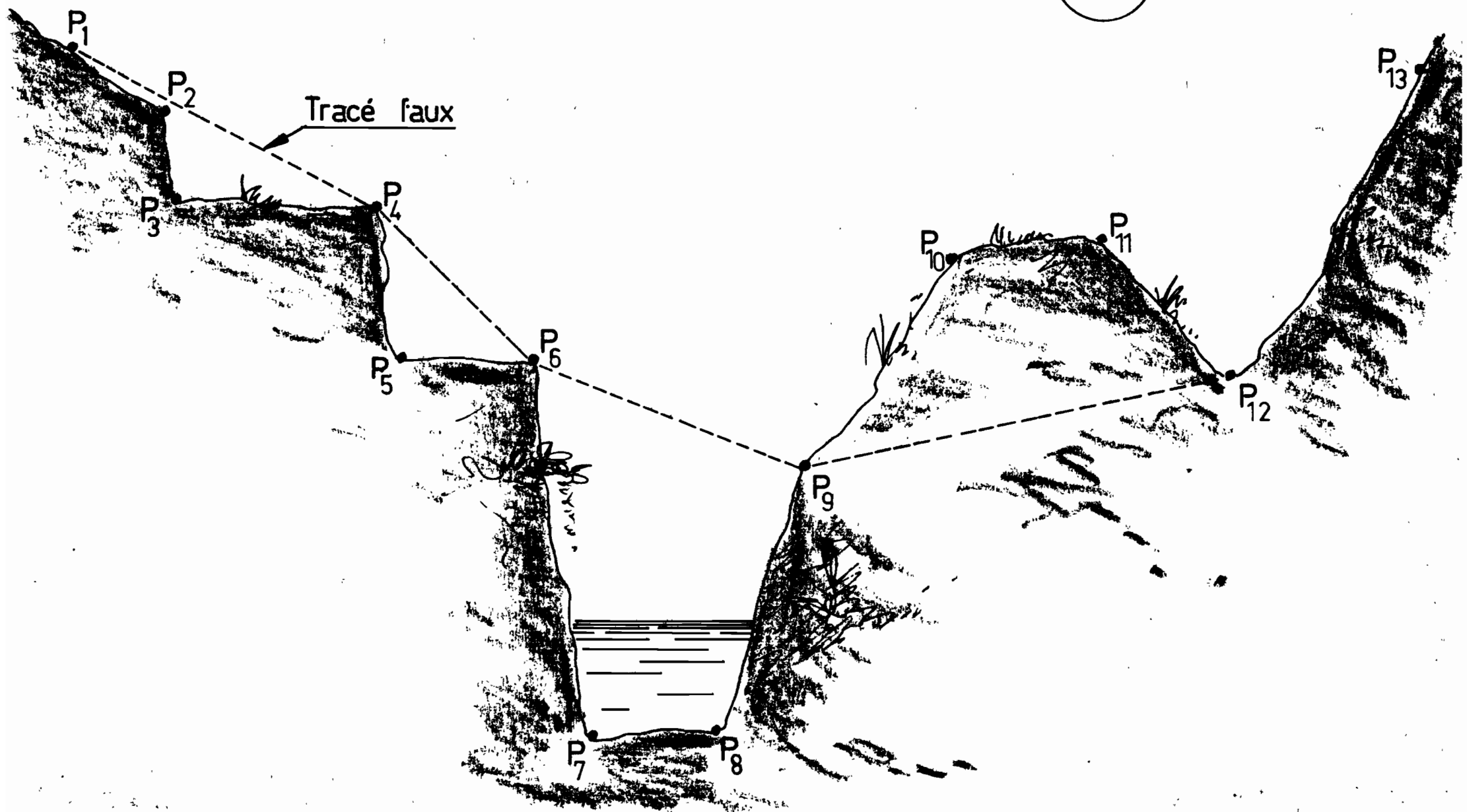
GENERALITES

On rappellera dans ce chapitre quelques généralités à observer par nécessité, obligation, normalisation au sein du service hydrologique du Maroc.

- 1°/ X = sens de l'écoulement. Profil en long de l'Oued amont aval. Vitesse.
 - Y = sens perpendiculaire à l'écoulement. Section de jaugeage. Profil en travers. Largeur.
 - Z = hauteur, sens verticale, profondeur et verticales de mesures. (Voir GR 8) page 20.
- 2°/ Utiliser si possible 2 mires
 - 3°/ Utiliser des crapaux ou des piquets enfoncés et numérotés
 - 4°/ Les bornes, repères, macarons, sont indispensables à tous levés. Prendre des points solides, fixes bien stables, marqués à la peinture, relevés sur croquis.
 - 5°/ Au cours d'un relevés on ne doit jamais déplacer la mire et le niveau en même temps. Toujours l'un ou l'autre, la mire doit seulement pivoter sur un point dur (crapeau ou piquet). sans changer d'altitude.
 - 6°/ Les croquis sur le carnet de nivellement sont indispensables.
 - 7°/ Ecrire au crayon s'il peut.
 - 8°/ avoir toujours 2 crayons taillés attachés à une ficelle et une taille crayon ou un couteau.
 - 9°/ Utiliser une planchette avec ficelle autout du dou et pinces ou élastiques (bracelet de chambre à air) pour tenir les feuilles ou le carnet.
 - 10°/ Une boussole et une carte sont également utile.

.../...

GR-16



CARNET DE NIVELLEMENT

Voici quelques indications principales sur la façon de tenir le carnet de nivellement modèle 1976.

N° DES STATIONS

Dans cette colonne on inscrit les numéros des stations dans l'ordre de la progression S1 S2 S3 etc...

N° DES PIQUETS

Inscrire dans cette colonne les numéros ou appellations des remères, piquets ou points divers sur lesquels la mire est posée et par conséquent les points dont on veut connaître l'altitude fictive ou absolue. Toujours dans l'ordre d'avancement des visées on inscrira par exemple Ro R1 P1 P2 P3 etc...

DISTANCES ENTRE PIQUETS

Dans chaque case sera portée la distance, réelle, horizontale, partielle, entre les deux piquets (correspondant à l'accolade) mesurée avec une chaîne ou un pentadécamètre. Faire des croquis sur la page de droite.

LECTURES

On inscrit les trois valeurs lues en correspondance avec les trois réticules HAUT - MILIEU - BAS.

CONTROLE

On procède immédiatement au contrôle des lectures en faisant HAUT - MILIEU doit être égale à 2 ou 3 près à MILIEU-BAS.

ALTITUDES DES LIGNES DE VISEES

L'altitude de la ligne de visée est l'altitude réelle ou fictive de la ligne horizontale (de niveau) vue à travers et dans l'axe de la lunette.

Si une mire est placée sur un piquet avant pour altitude 50m et que la lecture MILIEU vue au travers de la lunette indique 1561, c'est que l'altitude de la ligne de visée est à 51,561m.

ALTITUDES DES PIQUETS

A partir de l'altitude du point de départ et des altitudes des lignes de visées on en déduira les altitudes de tous les points nivelés.

CROQUIS ET OBSERVATIONS

On doit trouver sur cette page tous les croquis et informations indispensables à la bonne compréhension du travail effectué et surtout à la restitution.

Thiébaux Jean-Pierre

Nivellement

Rabat : Ministère des Travaux Publics et des Communications,
1976, (2), 36 p. multigr. (Note Technique - Ministère des
Travaux Publics et des Communications ; 2).