



## CHAPITRE 15

# L'IMPLANTATION

L'implantation est l'opération inverse du lever : il faut piqueter des points de détails connus en X,Y(,Z) sur le terrain et les matérialiser afin qu'ils servent de repères à leur utilisateur : axes de routes, coins de bâtiments, bornes de limites, centres de piliers... Elle obéit aux principes appliqués au lever : respect de la classe de précision imposée par le cahier des charges, autocontrôles, emploi de méthodes et d'instruments adaptés.

L'implantation paraît plus simple que le lever car les points de détails sont moins nombreux à cerner et qu'il ne faut pas les choisir. Mais l'expérience montre que c'est un domaine où l'on commet le plus de fautes grossières si l'on ne se ménage pas des contrôles rigoureux et efficaces !

On sera aussi vigilant sur le signe à apporter à certaines corrections d'erreurs systématiques : c'est souvent le signe opposé à celui retenu pour le lever, sauf cas particuliers à développer.



*L'implantation est davantage planimétrique qu'altimétrique !*

## I. ORGANIGRAMME

	Tâches	Moyens disponibles
<b>Avant l'implantation</b>	Lettre de commande Recherche d'information au bureau Choix du personnel Choix des instruments Choix des méthodes Calculs des éléments d'implantation Calculs des éléments de contrôle Organisation de l'implantation Temps passé et devis...	Plans et listings du site Cartes IGN et répertoires Internet Délais d'intervention Archives Tables de tolérances Fiches techniques des instruments Tarifs de location de matériel Logiciels de calculs...
<b>Pendant l'implantation</b>	Canevas d'implantation Stations libres RGP Repérage des références et bornes Repérage de stations Orientation multiple Calculs d'éléments nouveaux Calculs de points auxiliaires Contrôles internes Contrôles externes...	Listings de points et fichiers Calculateur portable Personnel Véhicules Instruments Autorisations spéciales Matériel de sécurité Clous et piquets...
<b>Après l'implantation</b>	Pose de bornes Repérage des bornes et piquets Rédaction du PV de piquetage Signatures contradictoires Réception Lever de récolement éventuel Archivage Facturation...	Bornes et piquets Matériel de bornage Imprimés de PV de piquetage...

Tableau 63

Comme pour le lever, prévoir le matériel de sécurité, notamment sur les chantiers de BTP, et les autorisations spéciales dans certains cas.

## II. ALIGNEMENTS

### A. Alignements perpendiculaires

#### 1. Perpendiculaire à une direction

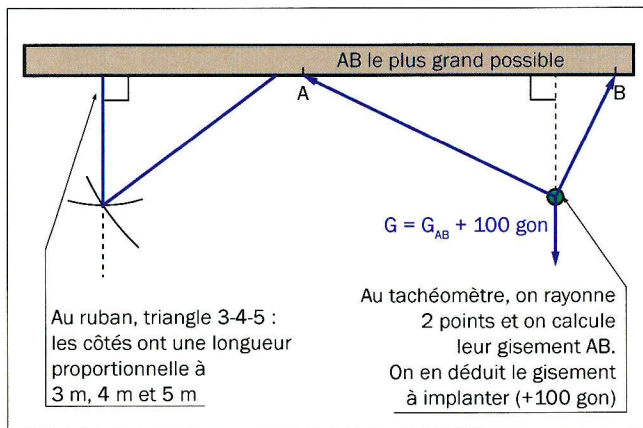


Figure 461. Vue de dessus © ECS

#### 2. Perpendiculaire en un point P donné

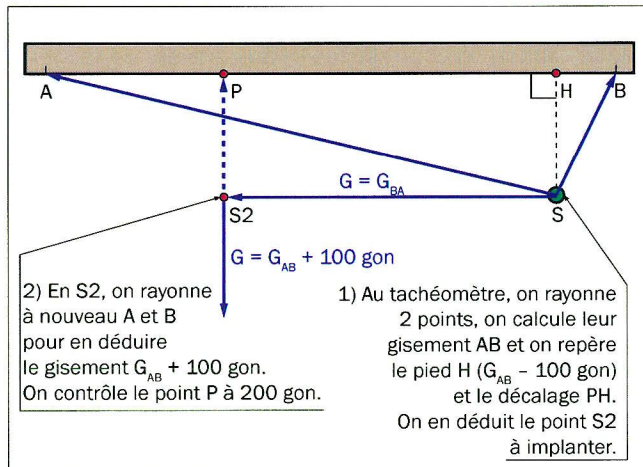


Figure 462. Vue de dessus © ECS

**Remarque :** s'agissant du ruban, il est évident que la cote correspondant au côté de 4 m est mesurée à partir du point P.

### B. Alignements parallèles

#### 1. Parallèle à une direction

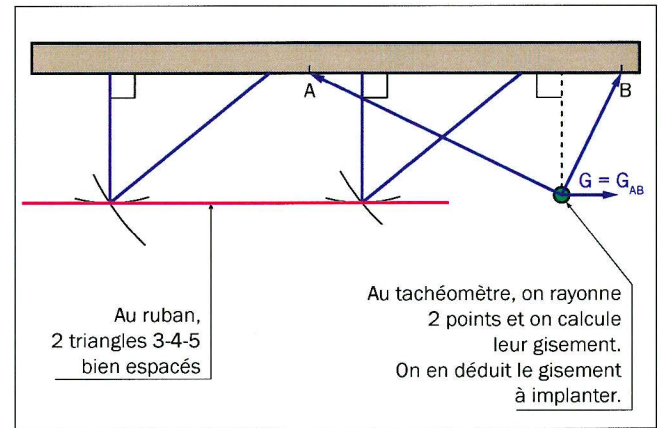


Figure 463. Vue de dessus © ECS

Ce sont des procédés classiques au ruban ou au tachéomètre. Comme pour le cas précédent, la distance AB est la plus grande possible !

#### 2. Parallèle à une distance donnée « d »

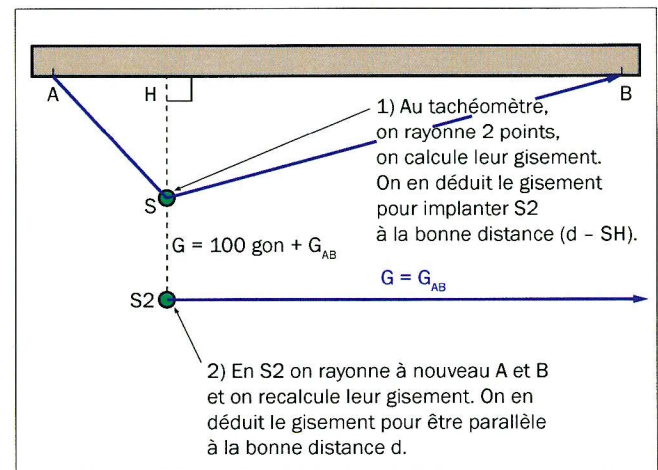


Figure 464. Vue de dessus © ECS

**Remarque :** au ruban, on construit avec un triangle 3-4-3 dont le côté de 3 m est proportionnel à la distance d.

### 3. Laser tournant

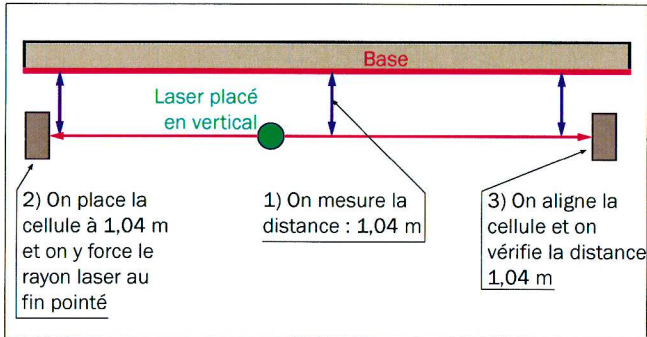


Figure 465. Vue de dessus © ECS

Alignement parallèle au niveau laser rendu vertical : si la cote de contrôle est égale à 1,05 m, on ramène la cellule à 1,045 m et on y force à nouveau le rayon laser !

### C. Points alignés à une butte

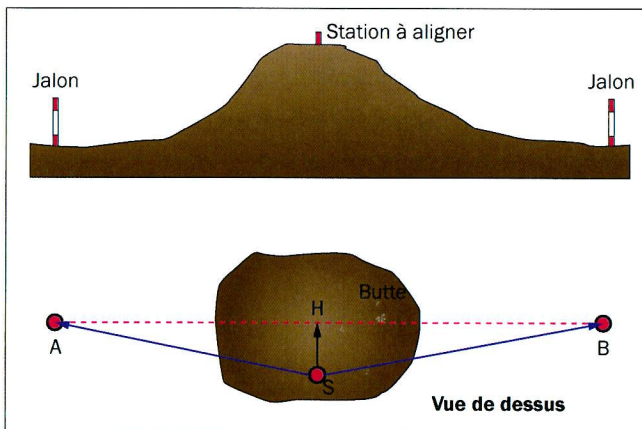


Figure 466. © ECS

L'opérateur se place à peu près dans l'alignement AB et rayonne les deux points A et B. On en déduit par calcul les coordonnées des points A et B dans le système local de l'instrument. La distance d'un point à une droite est donc facilement calculée et on implante le point H convenu tel que son gisement =  $AB \pm 100$  gon.

### D. Alignement en cas d'obstacles

Soit à implanter les repères E et F alignés sur les repères existants R1 et R2. À cause des obstacles, l'opérateur stationne en S1 pour rayonner R1, le coin de bâti A et la station S2. Les points rayonnés sont calculés et mémorisés dans un système arbitraire (exemple,  $X_{S1} = 1000$  et  $Y_{S1} = 5000$ ,  $G_{S1S2} = 100,000$  gon).

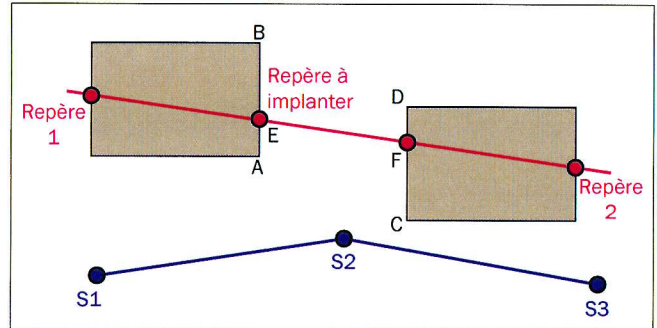


Figure 467. © ECS

L'opérateur stationne en S2, oriente le tachéomètre sur S1 ( $G = 300,000$  gon) et rayonne les points A, B, C, D et S3. Idem en S3 pour rayonner les points C et R2 après orientation sur S2. Les points A et C sont des points doubles de contrôle.

Il suffit de calculer l'intersection de la droite R1R2 et des droites AB et CD pour obtenir les coordonnées des points E et F. On calcule les distances EA et CF pour implanter les repères cherchés. Contrôle en rayonnant les points E et F depuis la station S2.

Application assez aisée sur le terrain à condition d'être muni d'une calculatrice programmable ou d'un tachéomètre doté d'un calculateur, et de bien s'orienter en chaque station, ce qui est facile aussi avec les tachéomètres programmables ! Opération plus complexe quand les repères à implanter n'appartiennent pas directement à l'alignement des repères R1 et R2 : un calcul annexe est alors indispensable pour définir la droite EF par rapport à ces repères.

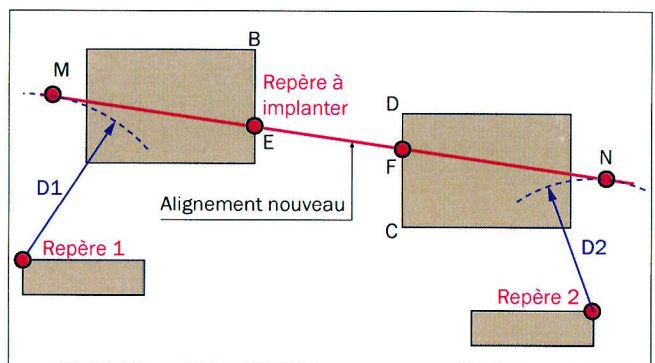


Figure 468. © ECS

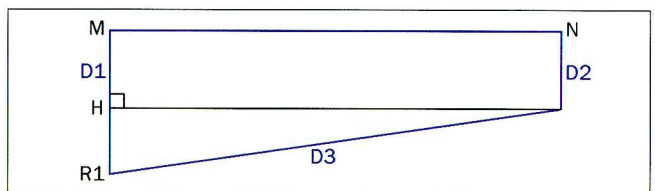


Figure 469. © ECS

Les points R1 et R2 sont rayonnés comme tout à l'heure et mémorisés dans le calculateur.

On calcule l'angle R1 par :

$$\cos(R1) = \frac{D1 - D2}{D3}$$

On en déduit le gisement de R1M et donc de R2N qui lui est parallèle, d'où les coordonnées de M et N...

### III. PROCÉDÉS PLANIMÉTRIQUES D'IMPLANTATION

#### A. Par rayonnement

Les éléments d'implantation sont connus : G et Dh. Il suffit donc d'orienter le tachéomètre sur une ou plusieurs références, d'imposer le gisement à implanter, et d'imposer la distance Dh le long de cette direction. Si le ruban est toujours utilisable, il va de soi que l'emploi du distancemètre facilite grandement l'opération. Attention : si le fichier de points est un fichier de coordonnées planes Lambert, il convient de convertir les distances Do en Dh en mémorisant les ppm dans la case prévue à cet effet.

**!** Ne pas changer le signe des ppm en implantation au distancemètre.

En effet, l'implantation au tachéomètre électronique correspond toujours à un lever : on déplace le prisme et on le rayonne pour constater son bon positionnement !

#### 1. Implantation par appoint

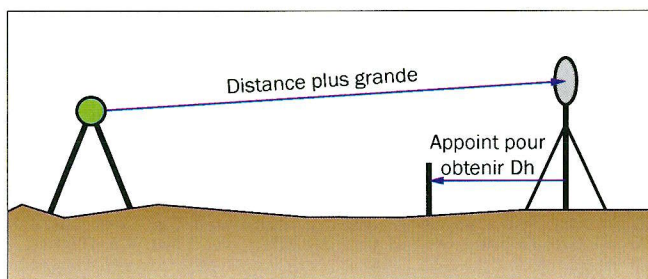


Figure 470. © ECS

Le prisme est placé quelques mètres plus loin que la distance imposée Dh. Le porte-prisme place ensuite le

piquet au moyen d'un ruban rigide, après avoir calculé l'appoint nécessaire. Le prisme est ensuite placé sur le piquet pour vérifier la bonne implantation. Une légère correction peut s'ensuivre. Méthode rapide et efficace qui fait preuve de rigueur.

#### 2. Implantation par tracking

Le tracking consiste en une mesure continue de la distance sur le prisme en déplacement. Il faut à la fois aligner le porte-prisme et le faire avancer ou reculer pour afficher la bonne distance. Moins rigoureux que la méthode de l'appoint, ce procédé a ses partisans.

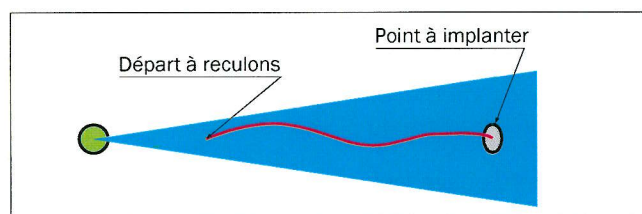


Figure 471. Vue de dessus © ECS

L'apparition des tachéomètres motorisés favorise ce procédé : le programme d'implantation est conçu de telle façon que l'affichage est égal à 0 lorsque le prisme est en place (DH = 0 et G = 0).

Si le tachéomètre motorisé est associé à un prisme à 360° pour l'accrochage au prisme, l'implantation devient facile dès lors que le porte-prisme dirige l'action depuis son clavier de télécommande !

L'inconvénient du procédé réside en la perte d'accrochage au prisme (passage derrière un arbre, bosquet ou talus...). Les constructeurs ont donc mis au point des systèmes de recherche rapide du prisme pour y « recoller ».



Figure 472. Le porte-prisme consulte en permanence son affichage qui tend vers zéro. © Leica

**Attention** : la distance « tracking » prise en continu est moins précise que la distance prise normalement. Il convient de revenir en mode normal pour le positionnement définitif du piquet.

## B. Par mobile GNSS

L'implantation par GNSS est, en terrain dégagé, le meilleur moyen d'implantation, qui ne nécessite aucun canevas polygonal. La précision du positionnement ne dépend que de la qualité du pivot et de la distance de la ligne de base. Elle peut atteindre le demi-centimètre en absolu, et le millimètre en interne, au moyen d'un bi-fréquence situé à moins d'un kilomètre du pivot !

L'implantation oblige cependant à travailler en mode RTK (temps réel), la liaison entre le pivot et le mobile étant assurée par radio ou GSM (téléphonie portable). L'avantage du procédé réside, comme pour les tachéomètres à accrochage au prisme, dans le guidage assisté sur cadran du clavier du porte-antenne.

Le sens de déplacement de l'antenne est indiqué sur le cadran au fur et à mesure du déplacement du porte-antenne, par rapport au Nord ou par rapport au pivot.

Un zoom entre en fonction au plus on s'approche du point définitif, ce qui présente un réel confort de positionnement.

La précision requise est imposée au début de l'implantation (souvent centimétrique) : elle conditionne le temps de stationnement sur le point à implanter.

**Autre avantage du procédé** : un logiciel d'optimisation de l'implantation des points en fonction de leur situation évite des déplacements superflus. Très pratique pour de grosses implantations telles que profils d'axes routiers, remembrements, parcelles de lotissements...

**Inconvénient** : perte de contact avec les satellites en cours de déplacement (marche trop rapide, passage à proximité de masques, passage sous un pont...). Il faut, à chaque coupure, réinitialiser l'antenne, ce qui se traduit par une perte de temps sensible.

## C. Bilatération

Procédé employé pour des distances d'application courtes, et pour des précisions centimétriques. D'autant plus aisé à appliquer que le terrain est peu accidenté. Procédé également utilisé pour réimplanter une station disparue ou recouverte :

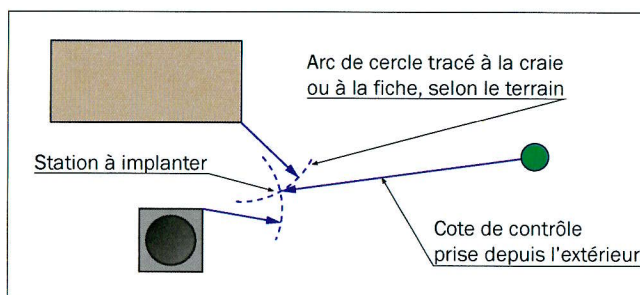


Figure 473. © ECS

## D. À l'équerrette

N'insistons pas trop sur ce procédé obsolète qui garde ses partisans en BTP. Acceptable pour des distances inférieures à 30 m et pour des précisions de 2 à 3 cm. Obligation cependant de stabiliser l'équerrette au moyen d'une canne et d'un tripode.

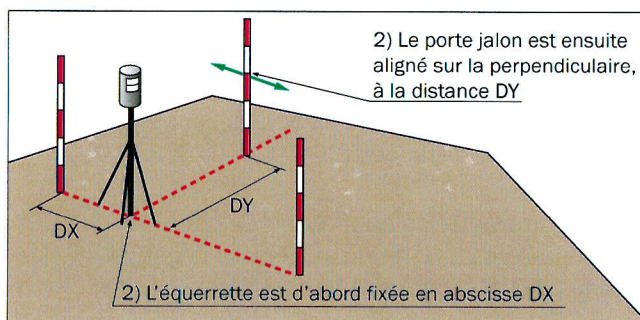


Figure 474. © ECS

## E. Intersection

L'intersection angulaire reste un moyen privilégié pour implanter en haute précision (le mm ou mieux). En règle générale, un piquet provisoire est mis en place par rayonnement depuis l'une des stations. Sur la tête de ce piquet, ou mieux, sur une plaquette fixée sur ce piquet, on trace successivement les droites qui matérialisent les gisements d'implantation, après avoir changé de stations. L'intersection simultanée par deux théodolites est plutôt rare et délicate !

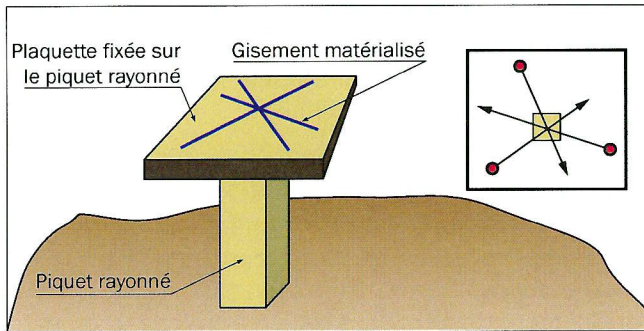


Figure 475. © ECS

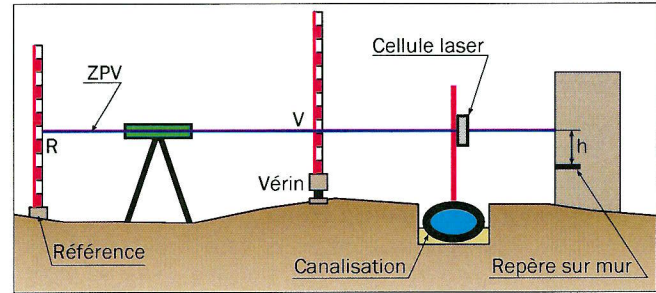


Figure 477. © ECS

L'altitude ZPV du plan de visée est donnée par la lecture R de référence :

$$ZPV = Z_{\text{réf}} + R$$

Les lectures V à effectuer sur les points à implanter se déduisent de ce plan de visée et de l'altitude d'implantation Zi :

$$V \text{ (ou } h) = ZPV - Z_i$$

En cas de collimation verticale, il convient de corriger normalement la ou les lectures de référence, puis de corriger en signe opposé les lectures à implanter. Cela oblige aussi à mesurer les distances des visées ! À noter que les niveaux numériques gèrent automatiquement cette erreur.

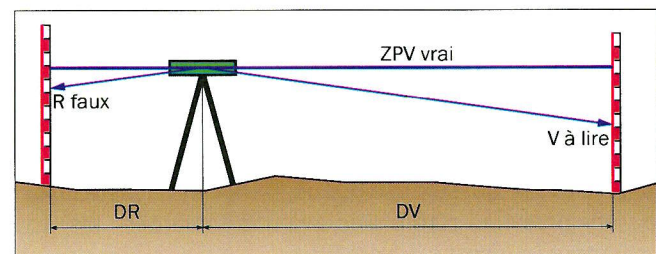


Figure 478. © ECS

Soit **DR** et **DV** les distances des visées arrière et avant. On a :

$$ZPV_{\text{vrai}} = Z_{\text{réf}} + R - DR \cdot \tan(\text{CV})$$

où **CV** est l'angle de collimation verticale (< 0 sous l'horizontale).

$$\text{Lecture } V \text{ d'implantation} = ZPV + DV \cdot \tan(\text{CV})$$

**Remarque** : on rappelle que les lectures d'une mire inversée sur un point de plafond sont négatives !

## IV. PROCÉDÉS ALTIMÉTRIQUES D'IMPLANTATION

Les implantations altimétriques sont rares. On se contente bien souvent de niveler les piquets implantés en planimétrie. Cependant, on peut exiger qu'un piquet soit implanté à la cote, qu'un trait soit tracé sur un mur à une altitude donnée, qu'un tuyau ou une bordure de trottoir soient implantés selon une pente imposée, qu'un vérin ou une plateforme soient élevés à une altitude donnée...

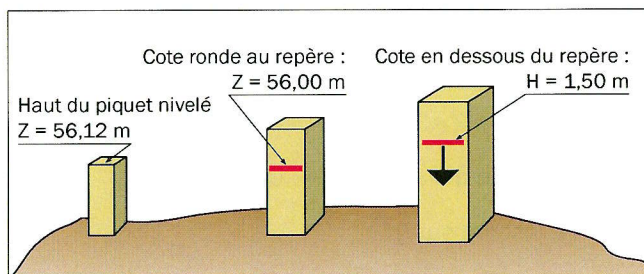


Figure 476. © ECS

La cote en dessous du repère signifie que le point réel se trouve à 1,50 m en dessous du repère indiqué sur le piquet !

### A. Au niveau

La précision millimétrique (ou moindre) justifie l'emploi d'un niveau, optique ou laser, parfois équipé d'un micromètre optique, auquel cas l'appoint y sera d'abord affiché, comme pour les angles azimutaux des théodolites anciens.

## B. Au tachéomètre

Les tachéomètres électroniques sont suffisamment précis aujourd'hui pour permettre des implantations à 5 mm près. Ils remplacent avantageusement les niveaux en présence de fortes déclivités. Ils présentent aussi l'avantage de gérer automatiquement l'erreur d'index et d'afficher directement les altitudes dès lors que tous les paramètres sont entrés (hauteur des tourillons, hauteur du prisme, altitude de la station...) et que la distance a été mesurée.



*L'affichage des altitudes tient compte de l'erreur de niveau apparent.*

## C. Au GNSS

Comme pour la planimétrie, le mode RTK (temps réel) permet de connaître l'altitude d'un point à tout instant. On rappelle que la précision altimétrique est 2 à 3 fois moins bonne que la précision planimétrique.

## V. QUELQUES SITUATIONS PARTICULIÈRES

### A. Go moyen de station

Petit problème qui se pose quand on décide, à juste titre, de viser plusieurs références avant d'implanter : les Go présentent un écart au Go moyen.

- Si les écarts au Go moyen sont négligeables, on passe outre. Au moins, l'orientation est contrôlée.
- Si des écarts sont hors tolérances, on doit rechercher la cause de la faute afin de garantir l'orientation (mauvais pointé, mauvaise mémorisation de coordonnées, erreur de signal...).
- Les écarts, non gérés **automatiquement** par le tachéomètre, ne sont pas négligeables mais sont tolérables : il est souhaitable de calculer un azimut moyen à forcer sur la référence la plus longue. L'orientation tient ainsi compte des imperfections des références, sans modifier les lectures d'implantation.



*Azimut moyen<sub>réf</sub> = G<sub>réf</sub> + Go moyen*

L'**azimut** est l'angle imposé ou lu sur le terrain par opposition au **gisement** issu du calcul par coordonnées. Quand on impose un gisement sur une référence de terrain, il est alors considéré comme un azimut !

**Remarque** : en « station libre », il est fréquent que l'écart moyen affiché soit important du fait de la proximité des points rayonnés (certaines distances n'excèdent pas 30 m !). C'est inoffensif si les points à implanter se trouvent dans cette même zone de proximité. Pas question d'orienter un long côté depuis cette station libre !



*La visée de référence est plus longue que celles des points à implanter !*

### Exemple numérique

Pour s'orienter en station S avant une implantation, le géomètre a imposé le gisement G1 (260,000 gon) sur la référence la plus longue R1 puis a visé et lu l'azimut suivant sur R2 : 340,008 gon.

Les gisements connus sont : SR1 = 260,000 gon et SR2 = 340,000 gon.

Go sur R1 = G - AZ = 260,000 - 260,000 = 0,000 gon

Go sur R2 = G - AZ = 340,000 - 340,008 = -0,008 gon

D'où Go moyen de la station = -0,004 gon

Azimut à inscrire sur R1 :

G + Go moyen = 260,000 - 0,004 = 259,996 gon

### B. Aide au tracking

On a vu précédemment la difficulté de rester au contact du distancemètre quand il n'y a pas accrochage au prisme.

Un dispositif lumineux fixé sur l'avant du tachéomètre permet au porte-prisme de se guider dans le « droit » chemin, évitant ainsi de se déconnecter du faisceau infrarouge de façon intempestive.

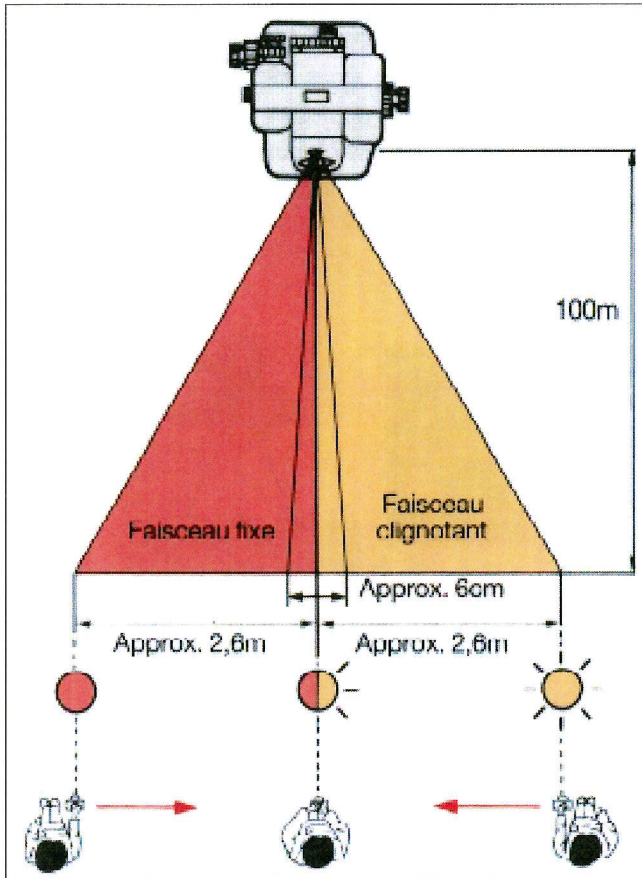


Figure 479. © Topcon

## D. Implantation sur chaises

Les piquets de coins de bâtiments n'intéressent pas le chef de chantier : il est obligé de les enlever afin de pouvoir creuser la fouille ou entreprendre les fondations. C'est pourquoi il faut « déporter » ces piquets en prolongeant leurs alignements sur des chaises voisines (planches fixées sur des piquets).

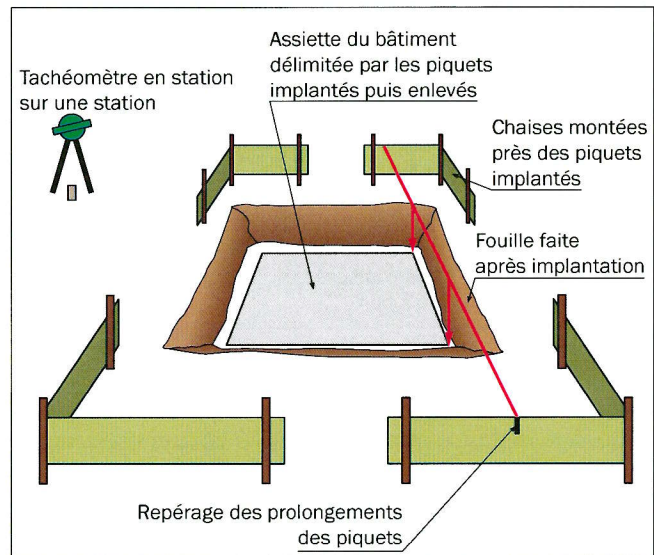


Figure 481. © ECS

Un logiciel d'implantation de chaises permet de repérer les passages des prolongements des piquets sur les chaises sans leur présence. On implante souvent très grossièrement les piquets afin de positionner correctement les chaises.

## C. Implantation de bordures

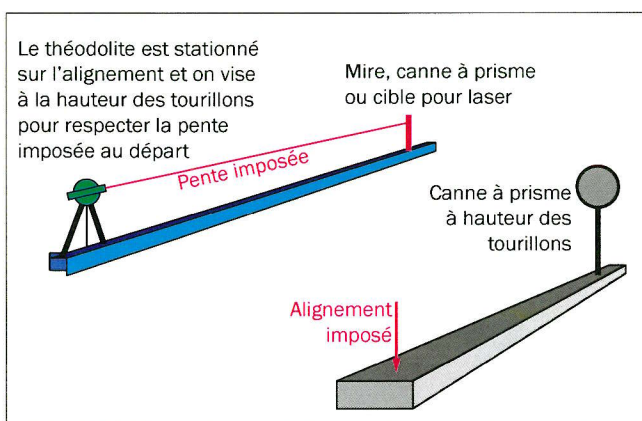


Figure 480. © ECS

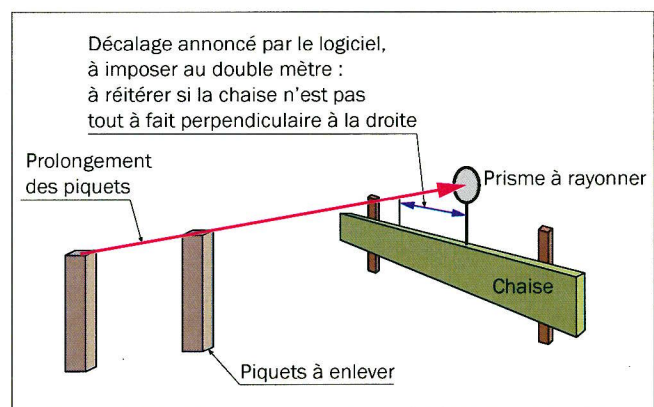


Figure 482. © ECS

## E. Points de courbes circulaires

L'implantation de points complémentaires d'une courbe n'appelle pas de commentaires particuliers : les coordonnées de ces points étant connus ou mémorisés, leur implantation au tachéomètre ou au GPS ne souffre d'aucune difficulté. Cependant, pour des implantations grossières (quelques cm ou dm), on peut évoquer l'emploi du curvigraphe, appelé aussi équerre de raccordement :

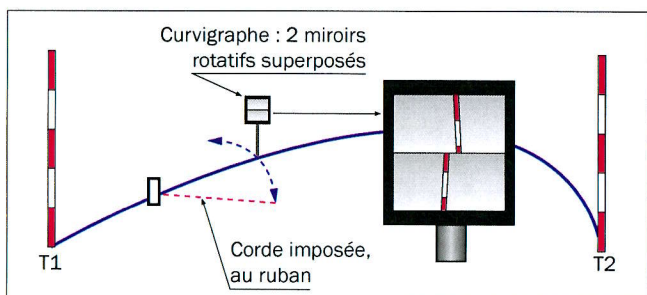


Figure 483. © ECS

L'opérateur se déplace perpendiculairement à l'arc de cercle, à la distance imposée, jusqu'à ce que les images des deux jalons soient superposées. Auparavant, le curvigraphe a été réglé comme indiqué ci-après :

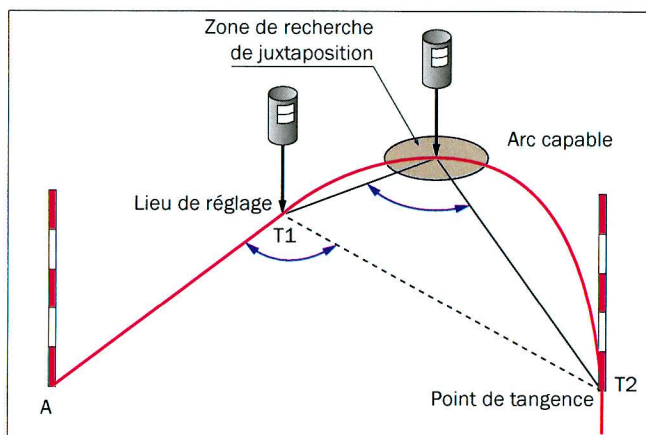


Figure 484. © ECS

Pour régler le curvigraphe pour une courbe donnée, l'opérateur se place en un des points de tangence (T1 ici) et tourne les miroirs jusqu'à superposition des images des jalons placés en A et T2. En tout point de la courbe, les images des jalons placés en T1 et T2 seront superposées car les angles inscrits sont égaux à l'angle compris entre la tangente et la corde.

## F. Implantation de haute précision

L'implantation de haute précision (le mm) en terrain accidenté pose problème quand le point à implanter n'est pas directement visible de la lunette du tachéomètre. On a recours dans ce cas à un plateau à translation qui porte le prisme à rayonner. Le point définitif est ensuite « descendu » au plomb optique ou laser.

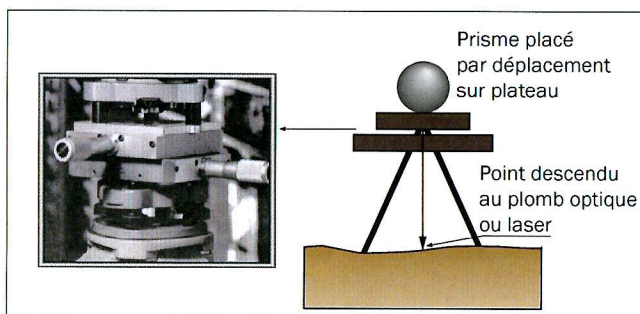


Figure 485. Plateau à translation © Leica/ECS

## G. Trait de niveau sur un mur

### 1. Au niveau

On vise le mur sur lequel on matérialise le passage du réticule (ou de la cellule sensible pour un niveau laser). Connaissant l'altitude du plan de visée ZPV, on en déduit la hauteur  $h$  à imposer au double mètre pour tracer le trait à l'altitude voulue (Figure 486).

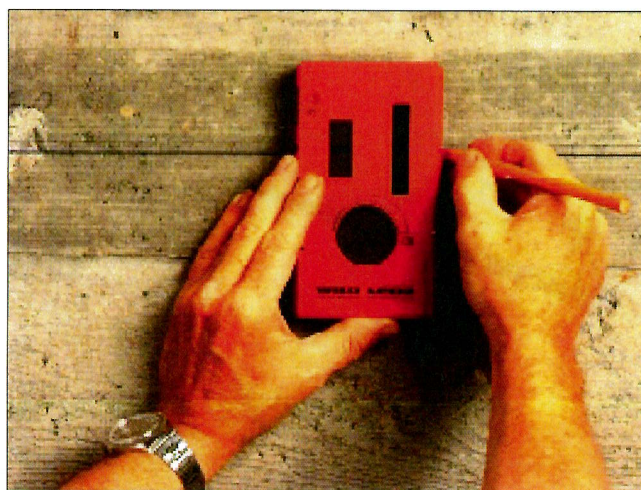


Figure 486. Cellule sensible. ZPV noté au crayon avant le tracé du repère définitif © Leica

## 2. Au tachéomètre

On mesure la distance en positionnant le prisme le long du mur et on bascule la lunette du tachéomètre jusqu'à l'affichage de l'altitude cherchée. On trace le trait qui correspond au passage du réticule (Figure 487).

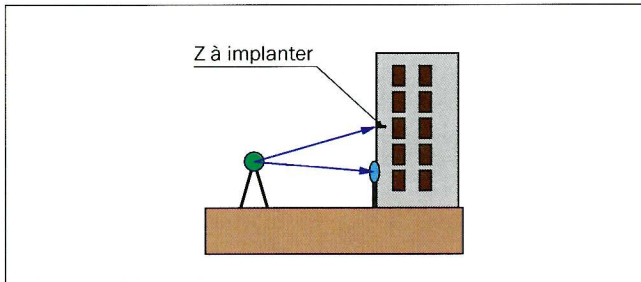


Figure 487. © ECS

## H. Nivellement d'une courbe en plan

Contrairement aux idées reçues, les altitudes des points complémentaires d'une courbe de raccordement de deux alignements droits mais inclinés ne sont pas équidistantes. En effet, la courbe n'est pas une hélice : pas question de diviser la dénivellée en N parties égales mais de calculer chaque altitude en fonction de la plus grande pente (voir cours de calcul).

Pour des petits rayons, on peut conseiller aux chefs de chantier d'utiliser simplement une corde que l'on vient « casser » à chaque piquet, comme indiqué ci-après :

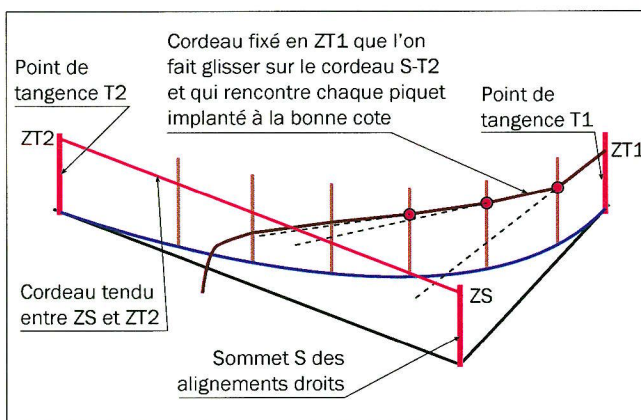


Figure 488. © ECS

## I. Talutage

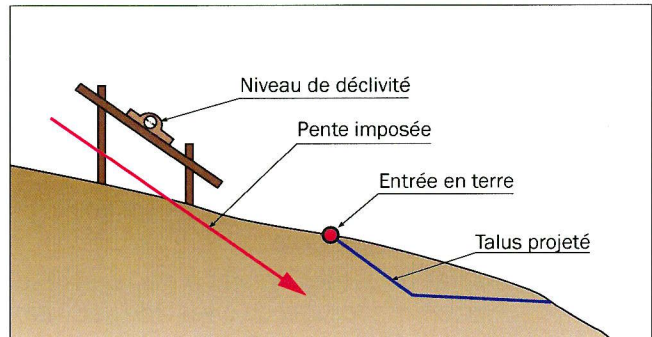


Figure 489. © ECS

Les taluteurs se servent de gabarits composés de lattes de bois inclinées à la pente voulue. Il suffit de présenter la latte dans le prolongement de l'entrée en terre : la pente imposée étant appliquée au moyen du niveau de déclivité.

## J. Correction d'entrée en terre

Dès qu'une entrée en terre (départ d'un talus pour un projet routier) est implantée, il faut déterminer et contrôler son altitude. En effet, lors du lever qui a précédé l'étude du projet, des erreurs ont été commises : le porte-prisme s'est décalé de la perpendiculaire au profil en long lors du lever du profil en travers.

Lors de l'implantation du projet, ce dernier ne colle pas forcément à la réalité en raison de ces décalages sporadiques. L'écart en altitude témoigne de ces décalages : un calcul rapide permet d'y remédier.

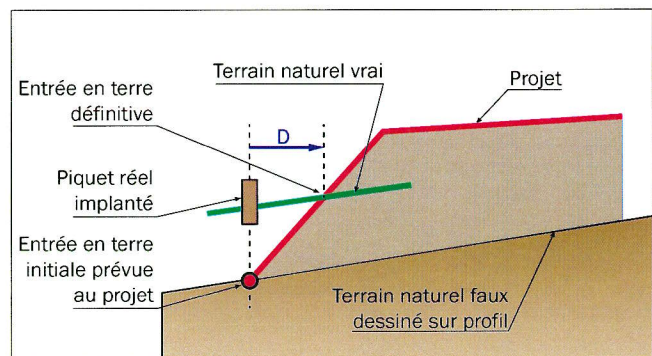


Figure 490. © ECS

Si l'altitude du piquet implanté diffère de celle du projet (au moins le dm), on calcule le déplacement D à effectuer au piquet pour ne pas déplacer le projet :

$$D = \frac{100 \cdot DZ}{pT - pTN}$$

avec :  $DZ = Z_{réelle} - Z_{projet}$

$pT$  = pente du talus en % (lue sur le projet) > 0 si elle monte vers l'axe

$pTN$  = pente du terrain naturel en % (lue sur le projet ou mesurée au niveau de déclivité) > 0 si elle monte vers l'axe

déplacement vers l'axe si D est > 0

#### Exemple numérique

Après avoir implanté une entrée en terre, le géomètre calcule son altitude réelle = 20,06 m et constate un écart sensible avec l'altitude prévue au projet = 20,21 m.

La pente du talus  $pT$  étant de -100% et celle du terrain naturel  $pTN = +50\%$ , le géomètre doit décaler l'entrée en terre de :

$$D = \frac{100 \cdot (-0,15)}{-100 - 50} = +0,10\text{m}$$

Le décalage est de 10 cm vers l'axe.

de positionner le symétrique B d'un point quelconque A rayonné à proximité du piquet « impossible ». Les deux piquets provisoires A et B sont ainsi placés que le piquet définitif se trouve au milieu du segment. Bien entendu, donner des distances par rapport à des piquets quelconques est possible !

## VI. CONTRÔLES DE L'IMPLANTATION

On ne dira jamais assez l'importance cruciale des contrôles en matière d'implantation, les conséquences juridiques et financières pouvant s'avérer désastreuses :

- démolition d'un bâtiment ;
- démontage d'une clôture ;
- démolition d'une pile de pont assortie d'un retard de livraison et d'une location inutile de grues de chantier ;
- croisement de tunneliers ;
- perforation de réseaux divers ;
- déplacement d'une voirie et d'un réseau d'assainissement...

Certes le géomètre est assuré contre ces risques financiers, mais pas pour sa réputation : la répétition de fautes entamerait sérieusement la crédibilité du cabinet. D'où l'impérieuse nécessité de se ménager de nombreux contrôles, indépendants et efficaces.



*Le meilleur contrôle est le lever !*

À condition de changer de station, de références. La comparaison des coordonnées levées en dernier lieu et celles du fichier d'implantation rassure sur le positionnement et sur la qualité des mesures.

## K. Implantation provisoire

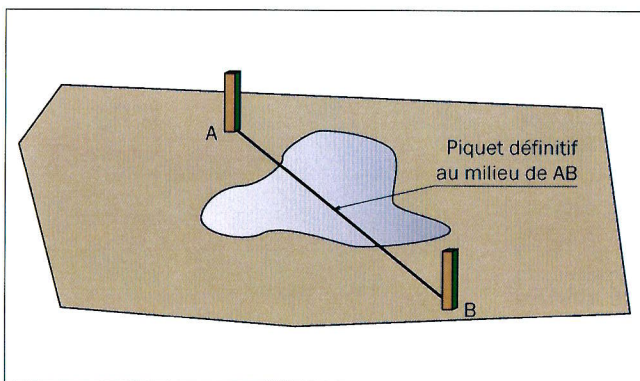


Figure 491. © ECS

Des obstacles imprévisibles (tas d'ordures, mare ou flaque d'eau...) empêchent parfois l'implantation d'un piquet. Il faut alors se débrouiller pour implanter des éléments tels que le chef de chantier n'aura aucune peine à placer ultérieurement ce piquet. Un logiciel permet

## A. Contrôles externes

L'implantation nécessite le stationnement et des visées de points de référence connus. Il faut s'assurer de la qualité de ces points avant le piquetage. Seules les stations RGP sont fiables à 100 % puisqu'elles sont contrôlées en permanence.

Le **Go moyen** reste un des moyens les plus efficaces de garantir les visées de références nécessaires à l'orientation. Les écarts angulaires admissibles dépendent de la longueur de ces visées.

Une implantation à partir d'une station libre peut pré-

senter des écarts importants du fait de la proximité de certains repères. Aussi est-il recommandé d'inclure dans la procédure de détermination de la station une ou deux visées longues sans prise de distance.

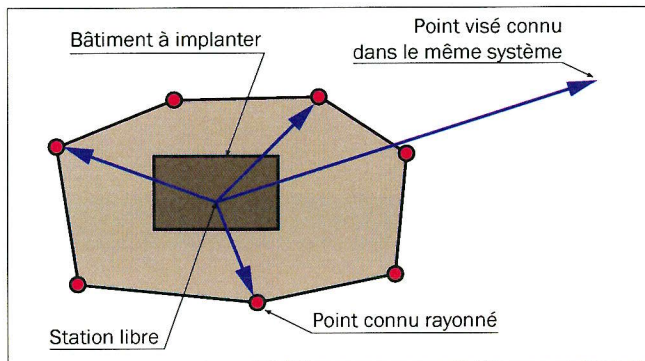


Figure 492. © ECS

**!** L'écart-type dégagé en station libre est significatif de sa qualité !

L'implantation terminée, il faut contrôler certains points à des éléments extérieurs tels que des distances à des bornes proches, des distances par rapport à des limites (prospects), des distances à des bâtiments, à des arbres...

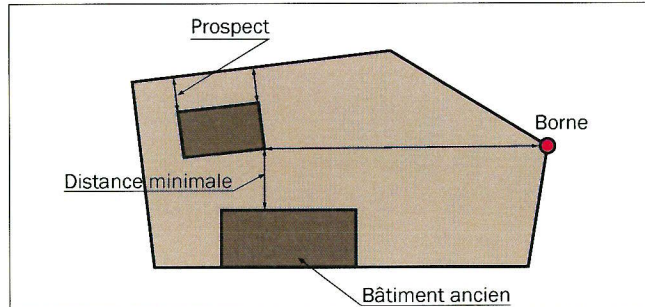


Figure 493. © ECS

Le fait de mesurer dans un système général facilite les contrôles : mais attention aux altérations linéaires. Il faut retrouver sur le terrain des distances « terrain » et non pas des Do qui n'auraient pas de sens !

## B. Contrôles internes

Il commence par la sûreté des éléments d'implantation et des instruments utilisés : entrée des bons paramètres, élimination des erreurs systématiques, bon choix de l'instrument, voire de l'opérateur !

Il s'agit ensuite de vérifier les points implantés les uns par rapport aux autres afin de prévenir toute confusion de fichier ou de lecture : alignement, angles droits, contrôle de façades et de diagonales...

**Attention :** retirer les ppm si le plan des cotes est en Lambert !

À noter que le mauvais étalonnage d'un instrument entraînerait des changements d'échelle qui ne seraient pas forcément détectables : les bâtiments seraient toujours homothétiques, mais plus grands ou plus petits !

**!** La vérification des instruments doit être régulière !

## C. Contrôles indépendants

On l'a vu au paragraphe précédent : la prise de distances ou d'angles à des repères extérieurs assure l'indépendance des contrôles. Cela rallonge certes le temps d'exécution mais en vaut la peine. L'idéal est de créer une nouvelle station (libre ou non), basée sur des repères et des références différents. On rayonne tous les points implantés et on compare les fichiers de coordonnées homologues. Les écarts sont significatifs de la précision exigée.

On agit de la même manière avec un GPS : implantation puis lever. Le fait de mesurer à des époques différentes garantit un excellent contrôle : les satellites contactés ne sont pas forcément les mêmes. Si les points ont été implantés par rapport à un pivot personnel, on peut vérifier ultérieurement (24 h plus tard) les points au moyen des fichiers du RGP.

Certaines sociétés de construction (BTP) font implanter par un premier géomètre puis lever les points implantés par un second géomètre. L'indépendance de la confrontation des résultats est une garantie d'objectivité.

## D. Procès-verbal de piquetage

Le procès-verbal de piquetage (on préférera le mot « piquetage » au mot « bornage » qui est une opération juridique de délimitation !) est un document incontournable qui permet d'entériner la conformité de l'implantation, dégageant ainsi le géomètre de toute responsabilité en cas de déplacement, volontaire ou involontaire, des repères implantés, qu'il s'agisse de piquets ou de bornes.

C'est un constat **contradictoire** qui doit être effectué dès l'achèvement du piquetage : le géomètre invite le maître d'œuvre ou d'ouvrage à venir constater la bonne mise en

place des piquets. Ce dernier a tout intérêt à être accompagné d'un technicien compétent capable de constater la conformité du piquetage : contrôle de façades, de prospects, de coordonnées... C'est en quelque sorte une réception des travaux qui met à l'abri le géomètre de toute malveillance d'un tiers ou de maladroites de conducteurs d'engins de chantier...

Ce document doit être cosigné par le maître d'œuvre, l'entrepreneur, le géomètre-expert ; il doit porter la date et le numéro de dossier ; il doit comporter les remarques éventuelles inhérentes à la pose des repères.



*Le PV de piquetage dégage la responsabilité du géomètre.*

PV de piquetage
N° de dossier : ..... PV n° : ..... Intervention du : ..... Nature de l'intervention : ..... L'opération de piquetage n'est réputée terminée qu'après la signature du plan de piquetage.
<b>LE MAÎTRE D'ŒUVRE</b> Nom : ..... Société : ..... Reconnaît que le plan de piquetage reflète exactement les éléments et contraintes de son projet. Réserves éventuelles : ..... Date : ..... Signature : .....
<b>L'ENTREPRENEUR</b> Nom : ..... Société : ..... Reconnaît : - l'existence des repères figurant au présent plan de piquetage et prend en charge leur conservation ; - l'exactitude des cotes relevées sur place en sa présence. Réserves éventuelles : ..... Date : ..... Signature : .....
<b>LE GÉOMÈTRE-EXPERT</b> Cabinet : ..... Représenté par : ..... A réalisé cette implantation conformément aux documents établis par ..... À la date du ..... et portant référence ..... Le géomètre-expert assure l'exactitude de la position des repères ainsi que celle des cotes du présent plan de piquetage sauf les réserves éventuelles suivantes : ..... Date : ..... Signature : .....
<b>RÉCEPTION MATÉRIELLE DU PIQUETAGE</b> À la date du ..... les personnes dont les noms et qualité suivent ont parcouru le chantier et ont constaté la présence de ..... repères (nature : ..... ) reportés au présent plan de piquetage. Mr ..... en qualité prend dès cet instant en charge la conservation des repères. Réserves éventuelles : ..... 1 <sup>er</sup> intervenant : Mr ..... Société : ..... Signature : ..... 2 <sup>e</sup> intervenant : Mr ..... Société : ..... Signature : .....

Tableau 64. Exemple de PV de piquetage

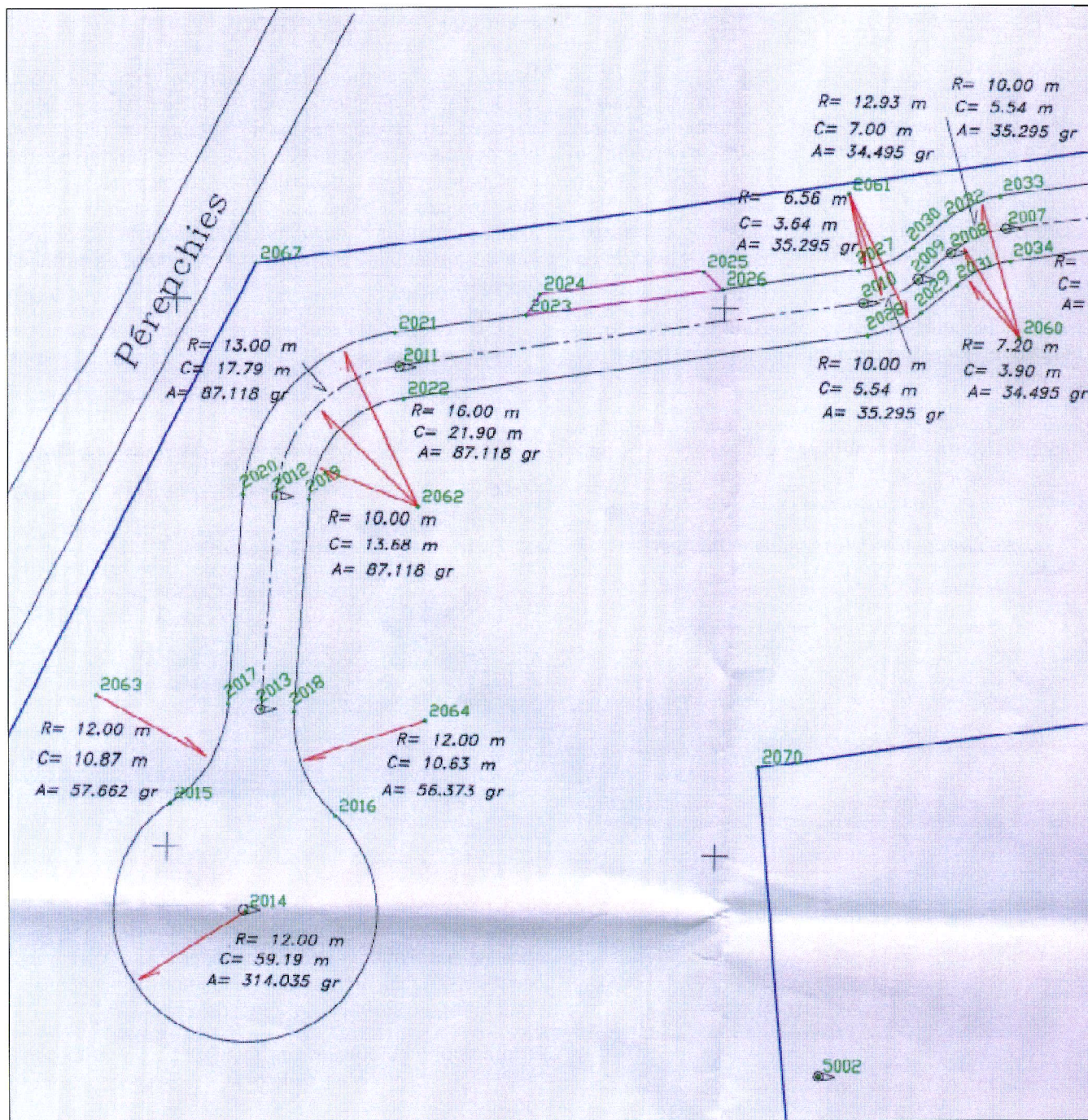


Figure 494. Extrait d'un plan de piquetage de voirie de lotissement © DR



## VII. MATÉRIALISATION

La plupart des repères implantés sont des piquets de bois surmontés d'un clou, et appelés à disparaître dans un délai plus ou moins bref :

- piquets d'axes routiers : ils seront déportés de 3 m en moyenne pour laisser le passage aux engins de terrassements ;
- piquets de bâtiments : enlevés dès la mise en place des chaises ;
- piquets de limite : remplacés par des bornes...

### A. Repères disponibles

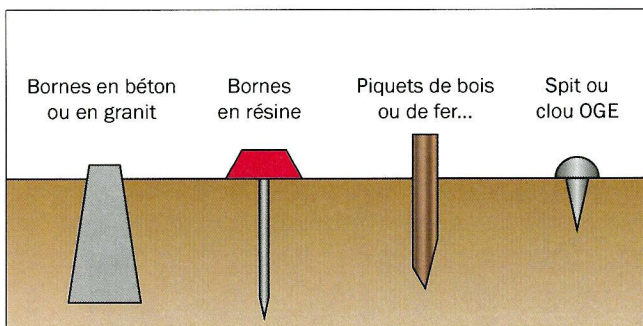


Figure 498. © ECS

Certaines bornes sont surmontées d'une « jalonnette » pour une meilleure localisation du repère.

Aujourd'hui, les bornes à tige, en résine, ont la faveur des géomètres. Très résistantes, légères au transport, faciles à positionner...

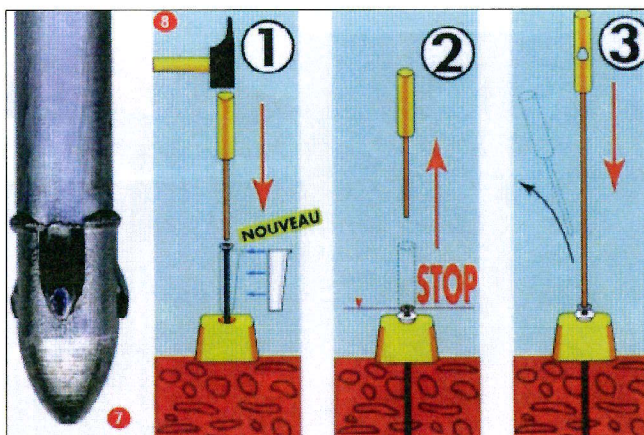


Figure 499. © FENO

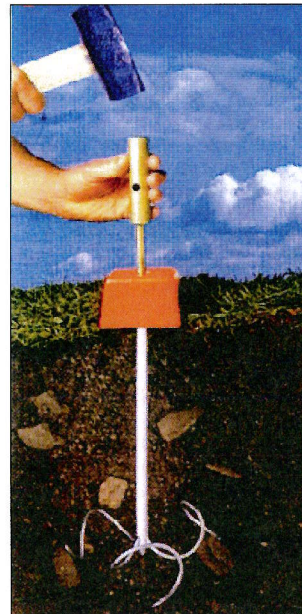


Figure 500. Borne stabilisée par des fils d'ancrage © DR

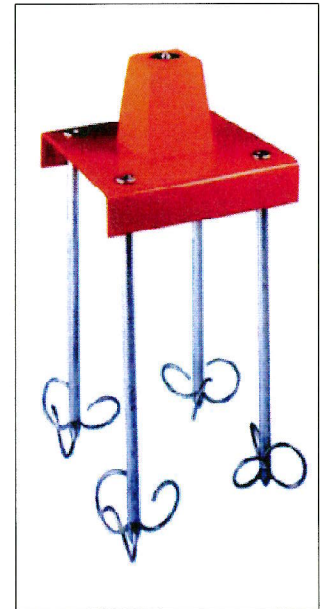


Figure 501. Les bornes sont de toutes les tailles © DR

Il existe aussi des bornes « radio » que l'on enfonce à environ 70 cm dans le sol dans un trou percé à la barre à mine.

Elles émettent en permanence une onde de 1 m de longueur et sont détectables en surface avec une précision de 2 cm.

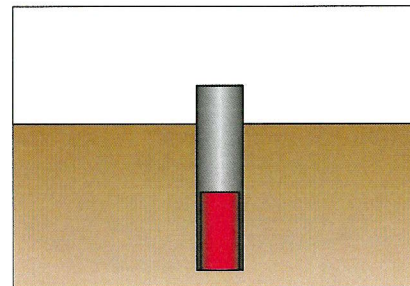
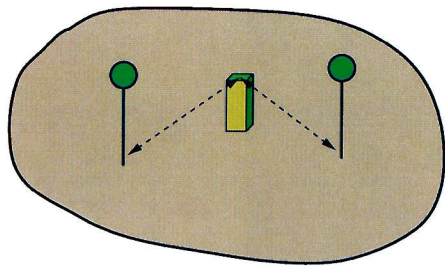


Figure 502. Borne radio © ECS

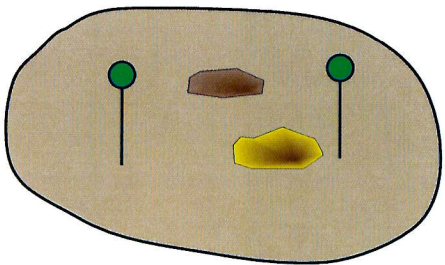
### B. Positionnement d'une borne

Piquets, clous ou jalons implantés provisoirement sont remplacés par des bornes, plus stables et plus « officielles ». Il ne faut surtout pas oublier de repérer l'emplacement exact du piquet avant de l'enlever pour y placer la borne. Le schéma suivant indique bien la marche à suivre pour ne pas commettre d'imprécision.



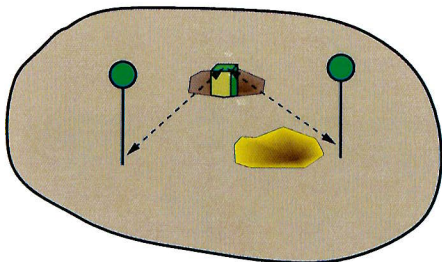
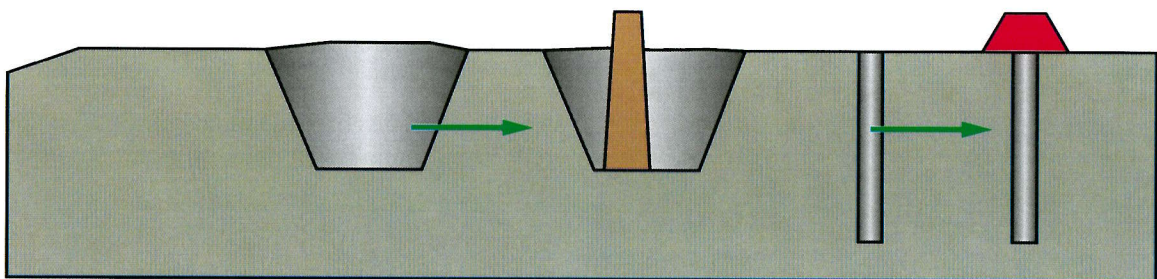
**Étape n°1 :**

2 fiches sont positionnées à 1 m du centre du piquet, dans deux directions perpendiculaires



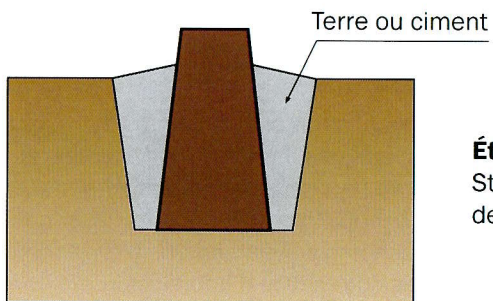
**Étape n°2 :**

Le piquet est enlevé : on creuse le trou pour une borne normale ou une borne à tige



**Étape n°3 :**

Positionnement exact du centre de la borne par rapport aux 2 fiches situées à 1 m



**Étape n°4 :**

Stabilisation de la borne, vérification définitive des cotes et enlèvement des fiches

Figure 503. © ECS



### Résumé du chapitre 15

L'implantation nécessite des travaux préalables : recherche d'informations diverses, choix du personnel, des instruments, des méthodes et de la période d'intervention, calcul des éléments d'implantation et mémorisation dans le tachéomètre (ou GPS), organisation et planification...

#### Procédés d'implantation

Alignements : perpendiculaire à une direction, parallèle à une direction, points alignés sur une butte, alignements avec obstacles... au moyen de l'équerrette, du tachéomètre, du laser...

#### Procédés planimétriques :

- par rayonnement au tachéomètre (par appoint, par tracking, par accrochage au prisme...) ou au GPS ;
- par bilatération (au ruban) : rare ;
- par abscisses et ordonnées (équerrette) : obsolète ;
- par intersection, pour les travaux de haute précision ;
- par emploi de l'équerre de raccordement (axes de route...)

#### Procédés altimétriques :

- par rayonnement, au tachéomètre, au GPS ou au niveau ;
- par intersection pour la métrologie : rare.

#### Contrôles

- Contrôle externe : vérifier la station d'implantation par Go moyen, par emq de la station libre, par mesures sur des points proches et connus, RGP avec le GPS...
- Contrôle interne : double détermination, mesure de façades...
- Contrôles des instruments (réglages et étalonnage...).
- Plan de récolement.
- Établissement d'un PV de piquetage.

#### Matérialisation

Les points implantés sont :

- des piquets de bois ou de fer ;
- des bornes en résine ou en béton ;
- des clous ou des spits ;
- des repères enterrés...

A large rectangular area with a light beige background and horizontal dashed lines, intended for personal notes. The lines are evenly spaced and run across the width of the page.