

La saisie des observations de topométrie moderne et le logiciel de tracer automatique direct

Yves ALAJOUANINE
Ingénieur Géomètre E. S. G. T.

La topographie moderne doit viser à l'utilisation optimale des puissants moyens de lever, de saisie de données, de calcul et de dessin que les constructeurs ont mis à la disposition du topographe. Le lever tachéométrique est devenu, grâce au distancemètre à infra-rouge, la méthode la plus précise et la plus rapide dans la plupart des cas ; ce sera de ce fait la méthode de base. Toutefois certaines méthodes anciennes, tel le chaînage, qui demeurent dans certains cas précieuses, voire indispensables, seront utilisées comme méthodes complémentaires de la précédente. Dans tous les cas les méthodes de lever et de saisie des observations seront toujours axées sur l'exploitation informatique, elle-même organisée dans deux directions :

- La base de données
- Le dessin automatique

Le système proposé dans la présente étude s'efforce d'être assez souple pour que l'homme de terrain puisse choisir la méthode la mieux appropriée à son travail et assez générale pour que cette méthode s'insère sans difficulté dans le processus de traitement.

Nous décrivons successivement :

- les méthodes de lever retenues, certaines comportant d'ailleurs des améliorations ou des innovations
- un principe original de saisie des informations et du codage, applicable à tous les modes de saisie, manuels ou automatiques
- un codage permettant de recueillir sur le terrain toutes les informations nécessaires au traitement et au tracé automatique du plan.

1 — LES MÉTHODES DE LA TOPOGRAPHIE MODERNE (*)

Cinq méthodes de lever ont été retenues ; les numéros indiqués entre parenthèses correspondent aux modalités de saisie qui seront décrites plus loin ; il en est de même des abréviations.

1-1 Le rayonnement par tachéomètre avec distancemètre à infra-rouge (7), souvent baptisé en raccourci tachéométrie électronique.

La station d'où est effectué le rayonnement peut être, soit une station centrée sur un point préalablement déterminé par triangulation ou polygonation, soit une station libre, formule que la tachéométrie électronique rend particulièrement accessible puisqu'il suffit de deux relèvements et d'une distance, c'est-à-dire d'un point signalisé et d'un point équipé d'un réflecteur pour la pratiquer. Le tachéomètre électronique, intégré ou non, réducteur ou non, fournit dans tous les cas

- l'azimuth Az
- l'angle zénithal Vz
- la distance oblique Do

Il peut être nécessaire, si le réflecteur n'a pu être placé sur le point à lever, de compléter ces observations

- par le ou les décalages, longitudinal DI , transversal Dt
- par la hauteur de pointé H_p , si le réflecteur n'a pas pu être placé à la hauteur de l'axe secondaire du tachéomètre, ou si la cote du point à lever est différente de celle du pied du réflecteur.

Les décalages tachéométriques sont chaînés horizontalement ou en prenant la pente, en notant respectivement la hauteur de pointé H_p sur une mire de poche tenue sur le point M mesuré visé avec un niveau à main d'Abney tenu à la main à la hauteur de pointé du tachéomètre sur le prisme, ou respectivement en inscrivant l'inclinaison I du chaînage suivant la pente. Les décalages Dt en travers sont effectués au moyen d'une équerre double pouvant être fixée au-dessus du prisme basculable ; le géomètre avance ou recule en visant la station tachéométrique et en même temps le point M à mesurer à sa droite ou à sa gauche en indiquant respectivement un chaînage négatif ou positif. Le décalage DI en longueur est positif ou négatif si le point M est plus loin ou plus près de la station tachéométrique par rapport au prisme.

* Pour plus de détails se reporter à "La Topographie Moderne" par Y. ALAJOUANINE.

1-2 Les méthodes complémentaires

Destinées à se greffer sur le rayonnement tachéométrique, elles s'appuieront soit sur une base BA préalablement réservée à cet usage soit sur les deux derniers points levés tachéométriquement Q et P.

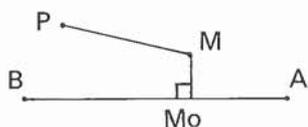
1-2-1 La méthode d'intersection (6) consiste à déterminer un point supplémentaire M sur l'alignement des points Q et P (ou B et A), ceci par simple visée de la station S. On déterminera l'angle azimuthal Az de S sur M et la distance zénithale Vz, si elle est significative (par exemple, hauteur de fil aérien, sommet ou bas de poteau). Dans le cas contraire (par exemple, limite de deux immeubles contigus dont les façades sont alignées) elle sera négligée.

1-2-1 La méthode d'intersection (6) consiste à déterminer un point supplémentaire M sur l'alignement des points Q et P (ou B et A), ceci par simple visée de la station S. On déterminera l'angle azimuthal Az de S sur M et la distance zénithale Vz, si elle est significative (par exemple, hauteur de fil aérien, sommet ou bas de poteau). Dans le cas contraire (par exemple, limite de deux immeubles contigus dont les façades sont alignées) elle sera négligée.

Le nivellement des sommets de la polygonale permet le calcul ultérieur des points de passage des courbes de niveau.

1-2-3 La méthode DANGER (4) utilise les quasi-coordonnées du point complémentaire M par rapport à la base QP (ou BA)

soit $PM = \Delta X$ abscisse oblique partielle entre points M successifs
 $MMo = \Delta Y$ quasi ordonnée
 toutes deux chaînées horizontalement

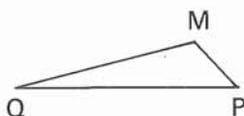


Un cas particulier intéressant est celui où les ΔX sont nuls, c'est-à-dire quand M est sur l'alignement QP ou BA. C'est notamment celui des limites de propriété entre immeubles contigus.

Une variante intéressante emploie BM (B fixe) au lieu de PM (P mobile).

1-2-4 La méthode de chaînage bipolaire (3) utilise les distances horizontales chaînées du point complémentaire M aux extrémités de la base QP ou BA.

La distance QM (ou AM) est prise positive ou négative suivant que M est à gauche ou à droite de l'axe orienté QP (ou BA).



Le contrôle systématique du lever s'obtient en mesurant au ruban les distances PM séparant les points observés successifs ; cette distance est consignée et ensuite comparée avec la distance PM calculée indépendamment par les coordonnées XY des points P et M. C'est le cas sauf pour la polygonation descriptive, et la méthode des quasi-ordonnées avec abscisses obliques PM entre points levés successifs.

2 — LA SAISIE SUR LE TERRAIN

2-1 Principe de la saisie

Il est prévu pour chaque point la possibilité de saisir dix mots d'en général sept chiffres (à l'exception du mot 10 qui n'a que 3 chiffres), représentant soit des codes, soit des informations.

Ces dix mots qui peuvent correspondre, comme on le verra plus loin, aux dix colonnes d'un imprimé d'observations, à dix blocs d'un enregistreur de terrain, à dix mémoires d'une calculette, à dix touches de fonction d'un calculateur de table, peuvent être ou non utilisés.

Mot 1

Numéro du point levé (nombre entier à 6 chiffres)

Mot 10

Code à trois chiffres C D U

C *Chiffre des centaines* indique notamment la méthode de lever :

- 3 chaînage bipolaire
- 4 méthode Danger
- 5 polygonation descriptive
- 6 intersection au tachéomètre
- 7 tachéomètre électronique

D *chiffre des dizaines* indique les variantes de la méthode de lever C

- 0 mémorisation inchangée des points réservés B et A
- 1 utilisation de la base variable Q P (Q précède P qui précède M mesuré)
- 2 utilisation de la base réservée B A
- 3 utilisation d'une base spéciale M1 M2 ; matricules M1 M2 placés en I1, I2
- 4 mémorisation du point précédent P en A, le point réservé B reste fixe
- 5 mémorisation du point précédent P en A, l'ancien point A remplace B
- 6 (1 + 5) utilisation de QP et mémorisation de P en A, A remplace B
- 7 (2 + 5) utilisation de BA et mémorisation de P en A, A remplace B
- 8 (2 × 4) utilisation de BA et mémorisation de P en A, B reste fixe
- 9 (1 & 4) utilisation de QP et mémorisation de P en A, B reste fixe

U *chiffre des unités* indique la précision et le symbole figuratif du point

- 0 point hors périmètre du lever XX' et YY'
- 1 point de triangulation principale
- 2 point de triangulation complémentaire
- 3 point de charpente
- 4 point nodal de polygonation
- 5 × station de polygonation principale
- 6 + station de polygonation complémentaire
- 7 . point de détail
- 8 o point matérialisé pouvant être retrouvé
- 9 □ borne foncière

Par défaut d'indication le code répétitif normal est 707 soit 7 : tachéométrie électronique, 0 : mémorisation inchangée de A et B, 7 : point de détail.

La codification C D U n'utilise que les nombres compris de 300 à 799.

Les autres nombres peuvent avoir une signification particulière en fonction des routines de logiciel spécifique à chaque bureau d'études.

Mot 2

En tachéométrie électronique (7) et en intersection (6) : Azimuth Az

En polygonaion (5) : variation de gisement

En méthode Danger (4) : quasi ordonnée ΔY

En chaînage bipolaire (3) : Distance QM ou BM

Mot 3

En tachéométrie électronique (7) et en intersection (6) : Distance Zénithale Vz

En polygonaion (5) : distance PM

En méthode Danger (4) : abscisse ΔX oblique PM ou BM

En chaînage bipolaire (3) : distance PM

Mot 4

En tachéométrie électronique (7) : distance oblique Do

En polygonaion (5) : pente

Mot 5

En tachéométrie électronique (7) : décalage longitudinal DI

Mot 6

En tachéométrie électronique (7) : décalage transversal Dt

Mot 7

En tachéométrie électronique (7) : hauteur de pointé Hp (5 caractères)

Mot 8

Info 1 : Code dessin, ou information supplémentaire annoncée par le code du mot 10

Mot 9

Info 2 : Code dessin, ou information supplémentaire annoncée par le code du mot 10.

L'utilisation des codes dessin sera décrite en détail au paragraphe 3.

2-2 Les différents types de saisie

Les possibilités actuelles de saisie peuvent être classées en :

- saisie manuelle sur imprimé
- saisie manuelle ou semi-automatique sur enregistreur passif
- saisie manuelle ou semi-automatique sur calculette à mémoire de masse
- saisie automatique sur tachéomètre enregistreur intégré.

Le principe de saisie décrit ci-dessus s'adapte aisément à l'une ou l'autre de ces possibilités. Les dix mots utilisés correspondront soit aux colonnes d'un imprimé de terrain, soit aux blocs d'un enregistreur.

L'utilisation du tachéomètre enregistreur de Wild, le Tachymat TC 1 mérite une mention particulière car cet appareil utilise des blocs préformatés :

- un bloc de mesure comportant 7 mots dont certains redondants pour les contrôles de bureau. Ce bloc de mesure, enregistré en une seule fois après la mesure, comporte notamment les mots 1, 2, 3, 4 du schéma précédent,
- un bloc de code comportant un mot de trois chiffres où s'inscrira la valeur 10, et deux mots info 1 et info 2 de sept chiffres où s'inscriront éventuellement deux des valeurs 5, 6, 7, 8, 9. Dans le cas exceptionnel où plus de deux valeurs sont nécessaires il est possible d'enregis-

trer, se rapportant au même point, un deuxième bloc de code comprenant info 1 et info 2.

La saisie à l'aide d'une calculette convenablement programmée, ou "saisie intelligente" est très certainement un procédé d'avenir. En dehors du calculette portable COMPUCORP 326 déjà ancien, il semble que le développement rapide des possibilités des calculettes (1) permettra bientôt de profiter sur le terrain d'une saisie intelligente des données prévenant, grâce à une programmation appropriée, les fautes d'observation comme indiqué à la fin du § 1-2-4 par exemple

3 — LE CODAGE EN VUE DU DESSIN AUTOMATIQUE

L'intérêt du codage direct sur le terrain en vue du dessin automatique est évident ; les enregistrements de terrain sont lus et traités directement par un calculetteur de table, qui pilote un traceur. Le plan est donc établi très rapidement et quasi automatiquement. Il est souhaitable d'utiliser un petit nombre de codes pour au moins deux raisons :

- facilité et rapidité d'emploi sur le terrain
- possibilité de traitement sur des calculettes de puissance moyenne

3-1 Principe du code dessin

Le code proposé utilise des codes élémentaires, ou sous-codes de deux chiffres dont un extrait est donné ci-dessous :

- 00 remplace et annule un autre
- 01 à 33 sous codes libres
- 34 écritures placées à gauche
- 35 fin de tracé en bord de zone
- 36 inversion trait plein/tiré
- 37 contrôle sur un point doublé
- 38 pt connu départ de jonction
- 39 pt connu fin de jonction
- 40 départ processus périmètre + surface
- 41 à 46 six épaisseurs de trait
- 47 à 49 trois corps d'écriture
- 50 point hors processus
- 51 à 58 huit types de tiretés
- 59 et 60 deux symboles pt géodésie
- 61 à 68 huit inclinaisons N-E*
- 69 hachures croisées
- 70 à 77 huit inclinaisons N-O*
- 78 diagonales dans un quadrilatère
- 79 à 81 trois longueurs de tirets
- 82 symbole d'un axe
- 83 symbole de mitoyenneté
- 84 signe privatif gauche (sens tracer)
- 85 signe privatif droit (sens tracer)
- 86 bord trottoir
- 87 limite de chaussée sans trottoir
- 88 rail de chemin de fer
- 89 poteau ligne PTT
- 90 poteau ligne EDF

(1) Des programmes de saisie intelligente des données de terrain ont été développés par Y. ALAJOUANINE sur COMPUCORP 326, sur TEXAS TI 59 et HP 41C. Ils sont gracieusement disponibles sur demande.

- 91 poteau éclairage public
- 92 mur de soutènement
- 93 altimétrie hors courbes de niveau
- 94 processus passage courbes de niveau
- 95 limite de maison en bord de zone
- 96 arrêt/reprise courbes de niveau
- 97 raccord curviligne
- 98 raccordement polygonal
- 99 dernier point d'un processus périmètre + surface
- * : inclinaison des hachures ou écritures.

Les sous-codes sont enregistrés en I1 et I2, ainsi que les numéros des points auxquels se rapportent certaines instructions. Ils sont toujours précédés d'une virgule afin de les distinguer. Plusieurs sous-codes peuvent être utilisés pour un même point, leur action se superposant sans tenir compte de l'ordre de succession en I1 et I2. L'ensemble I1 et I2 permet d'enregistrer six sous-codes au maximum.

Exemple : pour le point 122 I1, 4452
I2 108,39

indique : une épaisseur de trait (44), un type de tireté (52), le point à joindre (108), l'instruction de jonction (39) (voir annexe)

3-2 Méthode de calcul et processus d'enchaînement

Un ensemble de sous-codes définit le traitement effectué pendant un processus d'enchaînement concernant certains points levés. A chaque point successif du processus l'ensemble des sous-codes est conservé automatiquement sauf modification décidée par le géomètre. Les points levés n'ayant pas de rapport à avoir avec d'autres points du chantier n'ont pas à utiliser de processus d'enchaînement ; ils ne possèdent pas d'ensemble de sous-codes.

Différents processus d'enchaînement sont nécessaires ; ils utilisent un ensemble de mémoires opérationnelles réservées en mémoire centrale de la calculatrice pendant la durée de chacun des processus. Plusieurs processus séparés peuvent fonctionner simultanément, commandé chacun par un ensemble spécifique de sous-codes.

Le processus de contournement utilisant par exemple les points successifs 1, 2,... R, Q, P, M (dont les matricules peuvent ne pas se suivre) emploie l'ensemble de registres R suivant :

- R1 = distance cumulée de 1 à M ;
- R2 = périmètre instantané R1 + longueur M à 1 ;
- R3 = surface instantanée de R2 ;
- R4 = Xg abscisse du centre de gravité instantané de la surface R3 ;
- R5 = Yg ordonnée du centre de gravité instantané de la surface R3 ;
- R6 = X' abscisse du point le plus haut à l'ouest depuis le début du contournement ;
- R7 = X'' abscisse du point le plus à l'est ;
- R8 = Y' ordonnée du point le plus au sud ;
- R9 = Y'' ordonnée du point le plus au nord.

Si le sous-code 98 (point de courbure normale) est utilisé, un processus complémentaire est enclenché pour créer les points intercalaires de raccordement curviligne. Si le sous-code 94 intervient, les XY des points de passage des courbes de niveau sont stockés pour les valeurs Z canoniques des courbes de

niveau. $Z = K \times \Delta Z$ (ΔZ = module d'espacement en Z). Le tracé automatique des courbes est défini par l'introduction dans le logiciel d'un argument donnant le module de variation élémentaire de direction entre deux segments successifs de la ligne polygonale remplaçant la courbe passant par quatre points successifs levés R, Q, P, et M. Par exemple si $\Delta G = 5$ grades, une circonférence est dessinée comme un polygone régulier de 80 côtés.

Un processus démarre avec le sous-code 40 remplacé par 99 pour le terminer. Un processus de contournement peut être interrompu provisoirement suivant deux procédés : si le point levé suivant n'est pas concerné par un processus ou est introduit avec le sous-code 50, ce qui abaisse un drapeau indicateur prévu dans le logiciel signifiant le manque de processus en activité.

L'autre procédé consiste à démarrer un autre processus, où à reprendre un des processus interrompus laissés en attente. Le micro-ordinateur reconnaît respectivement en information l'introduction nouvelle d'un ensemble de sous-codes, ou d'un matricule d'un point déjà levé dans le chantier. Dans ce cas c'est l'ensemble de sous-codes en cours affecté au processus qui est automatiquement pris en compte, en poursuivant le processus concerné.

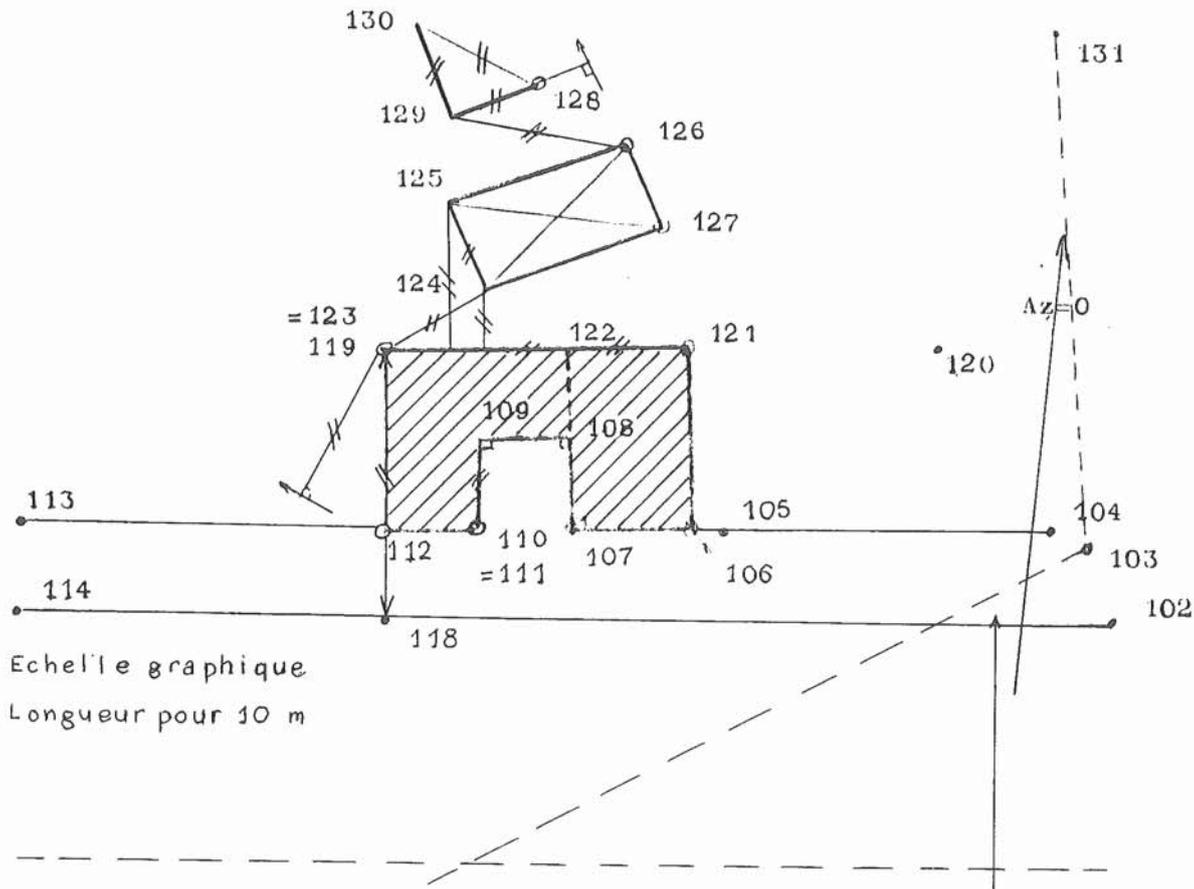
Quand le sous-code 99 apparaît en information, le système enregistre sur un fichier (et édite sur l'imprimante) le contenu final des registres R1 et R9. Sur un autre fichier sont enregistrés les XY des points de passage des courbes de niveau. Sur un autre fichier sont enregistrés les points intercalaires des raccordements curvilignes. Si le code 999 signifiant la fin du lever après le dernier point observé est atteint par le système, tous les processus restés en cours sont enregistrés dans les trois types de fichier. Par exemple R1 dans ce cas indique la longueur d'une ligne non refermée.

Au fur et à mesure que le micro-calculateur traite les points levés, le logiciel prévoit des registres donnant progressivement les limites X' et X'' Y' et Y'' pour l'ensemble de tous les points déjà traités. Cette précaution permet de cadrer le travail déjà effectué, sauf les points dont le code U = 0 indique qu'ils sont hors zone.

Le logiciel du système établit les courbes de niveau grâce à la méthode traditionnelle consistant à semer les points cotés suivant des processus d'enchaînement le long des lignes caractéristiques de la morphologie du terrain. Le sous-code 94 fait déterminer les points de passage des courbes de niveau. Des itinéraires suivent les hauts et bas de talus, et si besoin lorsque les mailles enserrées par les lignes caractéristiques sont trop étendues, par des itinéraires le long de lignes de plus grande pente. Dans ce cas l'interpolation doit se faire en partant et aboutissant des lignes caractéristiques périmétriques, soit sur les points déjà levés, soit sur de nouveaux points. Dans le premier cas le croquiser utilise comme information I le matricule du point connu, suivi en partie décimale du sous-code 38 ou 39 indiquant respectivement le début d'un nouveau processus et son

Exemple d'application pratique de lever topométrique moderne.

...	101	707	-77,210	299,765	..8,123	1,500	,415287
	102	"	20,987	300,135	19,861	D1	Dt	"	,419386	, I 2
	103	"	9,753	300,246	21,137	0	,1	"	,415190	
	104	747	3,244	300,259	24,753			"	,425294	
	105	707	353,158	300,154	30,018			"		
	106	618	350,025	301,100				2,0	,401494	104,39
	107	748	339,515	300,036	36,913	0	,1	1,500		
	108	527	100,000	6,000	400,000					
	109	527	300,000	6,000	400,000					
	110	527	300,000	6,000	400,000					
	111	708	333,048	300,025	42,036	,1	0	1,500	110,37	
	112	708	327,498	300,014	46,864	0	,1	"	,34	
	113	707	316,736	299,975	63,610			"	,5094	112,42
	114	707	312,037	299,863	67,035			"	,93	102,39
	115	707	296,149	299,951	61,233			"	101,94	
	116	708	289,204	300,147	46,047	,2	0	"	,90	104,39
	117	707	297,698	300,236	40,051			"	,93	
	118	707	321,413	300,347	44,136			"	,93	
	119	417	0	17,490	400,250				,34	112
ou	119	707	327,006	300,004	52,953	0	11,150	1,470	,34	112
	120	747	386,853	300,513	36,702			1,500	,509134	104,94
	121	758	361,625	300,679	41,642	0	-0,1	"	119	,6499
	122	427	0	8,000	400,150				,4452	108,39
	123	428	0	12,000	400,150				119,37	,34
	124	427	-4,020	-7,710	400,300				,404494	,34
	125	427	-9,970	6,400	400,250					,34
	126	758	364,812	301,107	55,853	0	-0,1	1,500		
	127	708	363,978	300,975	49,973	0	-0,1	"	,7899	
	128	758	365,001	301,248	61,946	0	-8,13	1,450		
	129	327	11,610	6,000	400,000				,4394	128,38
	130	317	-8,730	6,000	400,000				129,39	119,94
	131	707	397,695	302,113	57,483			1,500	,354151	103,94
	1	10	2	3	4	5	6	7	8	9



Note : le croqueur n'inscrit pas les valeurs Az Vz et Do en colonnes 2, 3, 4. Ces observations sont enregistrées par l'opérateur au tachéomètre (code 700).

achèvement. Le sous-code 37 suivant un matricule de point déjà levé indique que le point levé en cours est placé au même endroit à titre de contrôle. Le sous-code 36 indique que l'itinéraire suivi sépare les tracés plein et tireté des courbes de niveau traversées ; le sous-code 35 limite le tracé des traits en bord de chantier ou sur l'encadrement.

Les points de passage des courbes de niveau le long de l'itinéraire sont calculés sur le profil altimétrique curviligne déterminé par le système ; c'est une sécurité si le chef de brigade a oublié de lever les points haut ou bas des mamelons ou cuvette. Le passage du code 999 signifiant la fin du lever, déclenche le traitement final générant le tracé de toutes les courbes de niveau par le système graphique programmé.

4 — CONCLUSION

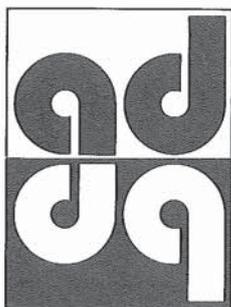
L'estimation de la rentabilité serait une baisse d'environ 30 % sur le prix de revient total d'un plan, en assurant une meilleure qualité.

Normalement le fait d'inscrire sur le croquis les codes CDU, Info 1 et Info 2 ne ralentit pas le travail du chef de brigade topographique.

L'économie évaluée à 10 % provient de la réduction du temps passé pour traduire le croquis de terrain sur la minute, soit manuellement, soit grâce au système informatique graphique interactif en dessinant sur l'écran cathodique. Cette méthode n'est utilisée que pour corriger ou compléter le tracé direct obtenu, en composant des programmes spéciaux de dessin exécutés en différé comme il serait nécessaire d'agir pour créer la planimétrie d'un projet s'appuyant sur des points XY connus dans la base de données.

La suppression du calque de la minute par un artiste cartographe apporte une autre économie estimée à 20 %, alors que le plan obtenu au traceur automatique peut être livré au client. Après les collationnements de bureau et de terrain, le géomètre peut remettre à un centre informatique, convenablement équipé pour la lire, une cassette ou une disquette qui générera le plan avec la police de caractères désirée et sur couche à tracer si besoin.

La production rapide du plan initial obtenu, permet au chef de brigade concerné de compléter et contrôler le résultat graphique direct : tous les détails remis en cause sont encore frais dans sa mémoire pour assurer la mise au point du dessin dans les meilleures conditions.



ATELIERS DEMAILLE

reprographie

10, RUE SAULPIC 94300 VINCENNES

374.51.36

Héliographie • Gélatinographie • Photocopie • Copies Circulaires • Dessin • Composition IBM • Photocomposition • Photo industrielle • Microfilm • Impression offset • Toute la fourniture et le matériel pour bureaux d'études et d'architectes