

Mesures topographiques pour le contrôle des mouvements de terrain en Italie.

par Roberto CHIABRANDO

Résumé

Les récentes catastrophes :

— la rupture des digues en terre de deux bassins de décantation des boues de lavage des minerais dans la vallée de Fiemme ;

— l'éboulement d'une colline sur un lieu habité dans la province de Naples ;

ont causé des pertes en vies humaines et des dommages très importants.

Ces événements ont posé de nouveau le problème fondamental de la défense contre les catastrophes hydrogéologiques qui, dans un territoire avec un haut risque hydraulique et géologiquement très tourmenté comme l'Italie, apparaît de la plus grande importance.

La récente catastrophe du torrent Stava dans la vallée de Fiemme où à l'amont de l'agglomération de Téséro s'est produit le 19 juillet 1985 l'affaissement soudain des digues aval de deux bassins de lavage de minerais exploités dans une mine voisine, provoquant en aval un déversement de boue qui a causé des dégâts matériels considérables outre la mort de 268 personnes, catastrophe à laquelle s'ajoute plus récemment encore l'éboulement d'un versant qui a fait de nombreuses victimes dans la Province de Naples, a reposé pour la nième fois le problème fondamental de la défense contre les catastrophes hydrogéologiques qui, sur un territoire à risque hydraulique élevé et géologiquement très tourmenté comme l'est l'Italie apparaît d'une extrême importance.

En Italie le problème de la sécurité des grandes infrastructures a toujours été particulièrement ressenti et par conséquent la presque totalité des barrages construits sur le territoire national au cours des quarante dernières années est dotée de systèmes d'observation et de contrôle aujourd'hui encore efficaces et avancés d'un point de vue technique et conceptuel. Ceci a été possible, entre autres, grâce au soin et à l'extrême attention que les techniciens des mesures ont toujours apporté au problème de la sécurité des digues.

Mais, malheureusement ce qui vient d'être dit ne vaut pas pour les petites retenues, fondamentalement constituées par des digues en terre, pour les bassins de décantation des crasses de mine et pour bon nombre de zones d'éboulement dont le contrôle constant et continu serait par contre d'une importance capitale pour la sécurité des populations et la protection de l'environnement.

Il convient en outre de rappeler combien le contrôle des structures et des mouvements du terrain est à relier aux projets d'ouvrages ; les objectifs d'un programme de contrôle devraient être définis spécifiquement et le système des instruments devrait être méticuleusement décrit pour pouvoir en exploiter la potentialité.

Les fonctions de contrôle les plus courantes sont les suivantes :

1) Enregistrer les variations naturelles des terrains environnants avant de commencer un projet : conformation des couches, mouvement des terrains, phénomènes sismiques.

Les données ainsi recueillies doivent être prises en con-

Dans le Département Georissources et Territoire du Politecnico de Turin, on conduit depuis longtemps des études et des expérimentations méthodologiques pour résoudre le problème de la mesure des mouvements d'éléments structuraux et de points du terrain d'intérêt remarquable. Tout un ensemble de disciplines ont pour objet l'étude de la stabilité des structures et des versants et les techniques nécessaires pour les consolider.

Cette conférence présente les résultats obtenus des mesures pour le contrôle d'une zone morainique située à proximité de l'entrée du tunnel autoroutier du Fréjus et d'un éboulement dans la commune de Perrero (Vallée du Germanasca, Province de Turin).

sidération lors du projet et même comme base de confrontation pour évaluer les effets produits par la construction.

2) Garantir la sécurité pendant les travaux, par exemple, signaler les chutes de pierre ou le mouvement d'un éboulement ; signaler les valeurs de la pression des eaux de "surface" ou souterraines, contrôler les charges appliquées aux supports de soutien.

3) Contrôler les données et les hypothèses à envisager dans la phase de projet, par exemple prévoir l'enregistrement des mouvements des terrains soumis à des sollicitations.

4) Contrôle pour la réalisation effective d'opérations de renforcement des terrains et de la structure ; par exemple contrôle du mouvement des points d'ancrage et de soutien, mesure de la pression des fluides dans les terrains.

5) Contrôle dans la phase de fonctionnement ayant pour but d'assurer les opérations d'entretien qui doivent être immédiates et prévenir les phénomènes de dégradation plutôt que d'y apporter remède après qu'ils se sont manifestés.

Parfois un programme de contrôle doit être projeté pour atteindre deux de ces objectifs ou plus.

Quand les instruments sont en place avant le début des travaux, ils peuvent être utilisés pour fournir des données au projet, pour vérifier les conditions de sécurité au cours des travaux, pour vérifier la validité du projet lui-même et, dans un deuxième temps, les instruments peuvent être utilisés pour vérifier dans le temps le fonctionnement correct des structures.

Au département "Georissources e Territorio del Politecnico di Torino", il y a déjà longtemps que sont en cours d'expérimentation des méthodologies pour la résolution du problème relatif à la mesure des mouvements d'éléments structuraux et de points du terrain dont l'intérêt concerne un ensemble de disciplines qui ont pour objet l'étude de la stabilité des structures des versants et les techniques qui en permettent la consolidation.

Un tel problème peut être résolu — tout en demeurant dans le cadre des disciplines qui vont de pair avec celles qui sont traitées dans ce congrès — par des mesures

topographiques, par des mesures géotechniques et par le levé photogrammétrique.

C'est le nombre des points à examiner, la précision requise dans l'évaluation des déplacements et la profondeur qui les caractérise, qui détermine à la base le choix des méthodes précédemment énumérées. En effet, dans le cas où il est nécessaire de déterminer les déplacements d'un nombre assez restreint de points avec une précision (erreur maximale) de quelques millimètres, dans une couche presque superficielle, la méthode topographique s'avère la plus adéquate. Dans le cas où la connaissance des mouvements des différentes couches du terrain est indispensable pour déterminer la surface préférentielle de glissement de l'éboulement, il est nécessaire d'utiliser des mesures inclinométriques. Enfin, quand la zone à contrôler est assez vaste et que la précision requise pour déterminer les déplacements est de quelques centimètres, il semble intéressant d'utiliser des méthodes photogrammétriques (photogrammétrie terrestre).

Le rapport illustre les expériences et les résultats obtenus dans le contrôle d'une zone morainique située à proximité de l'entrée du Tunnel Routier du Fréjus et dans le contrôle d'un mouvement d'éboulement localisé dans la Commune de Perrero (Turin).

Dans le premier cas, à proximité de l'entrée du tunnel, le versant présente une forte déclivité presque dépourvue de végétation et il est composé surtout de gisements morainiques (fig. 1).

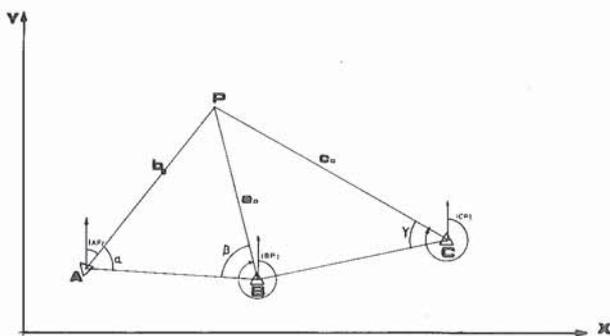


Figure 1

Après constatation que la zone à l'étude était sujette à un mouvement d'éboulement qui menaçait la partie initiale du percement du Tunnel, il apparaissait d'importance majeure d'exécuter toute une série d'opérations topographiques plano-altimétriques basées sur des points de repères placés à cet effet afin de vérifier et surtout d'évaluer les mouvements superficiels du terrain.

On a procédé au projet du réseau, considérant que par le terme de projet du réseau l'on n'entend pas uniquement le choix de la position des sommets sur la cartographie préexistente et le contrôle des visées à travers la reconnaissance sur le terrain. En effet, le projet consiste surtout à faire une analyse préalable de la précision qui pourra être obtenue dans la détermination des points concernés ; cette précision est influencée par la forme du réseau lui-même, le type et le nombre des mesures, enfin par la précision intrinsèque des instruments utilisés pour l'exécution de ces mesures.

Une telle procédure au niveau du projet apparaît d'autant plus importante qu'elle permet de contrôler de façon immédiate et avant exécution des mesures si les exigences de précision pourront être satisfaites et, si oui, quelle sera la méthodologie à utiliser et les instruments appropriés.

Dans le cas qui nous intéresse, pour le calcul de projet de chacun des points de repère P inséré dans la masse de l'éboulement, le procédé adopté était celui qui est mis

en évidence sur le schéma, où A, B et C représentent les points fixes placés dans une zone rocheuse loin du mouvement de l'éboulement (fig. 2).

En utilisant un programme de calcul qui exécute la compensation de façon rigoureuse selon le principe des moindres carrés, et capable de fournir les "ellipses d'erreur" pour chaque point, et en tenant compte que ces dernières permettent d'évaluer la variabilité de la position d'un point par rapport à la variation accidentelle des erreurs de mesures effectuées pour la détermination de coordonnées, on a pu vérifier que la précision voulue (erreur maximale 4 - 5 mm) était obtenue par l'exécution de mesures d'angles caractérisées par des écarts carrés moyens de l'ordre de 5 cc.

L'obtention des précisions de projet était garantie par des "ellipses d'erreur" avec des demi-axes supérieurs et inférieurs respectivement de 1,50 mm et 1,20 mm.

En effet, étant donné que l'ellipse fournit une représentation synthétique des positions possibles de chaque sommet considéré comme variable de type gaussien à deux dimensions X et Y, on peut affirmer qu'il existe 38 % de probabilité que la position elle-même soit comprise à l'intérieur de l'ellipse d'erreur et 99 % à l'intérieur d'une ellipse dont les axes sont 3 fois plus grands que ceux de l'ellipse d'erreur, donc que les points du réseau sont relevables avec une précision compatible avec celle qui avait été admise au départ dans le projet.

Dans la phase de reconnaissance sur le terrain, on a choisi la position des trois points fixes A, B, C dans la zone de stabilité maximale et des onze repères témoins, qui constituent autant d'autres sommets de contrôle, sur le versant sujet à éboulement.

Il convient par ailleurs de préciser que l'on a jugé indispensable de contrôler même en altimétrie les variations de position de ces sommets à cause de la forte déclivité du versant ; dans ce but, ces sommets ont été subdivisés en quatre groupes selon autant de lignes de niveau afin de permettre les opérations de nivellement géométrique le long de quatre lignes de nivellement.

Chacune de ces lignes est rapportée à un couple de repères Q placés sur roche à l'extérieur de la zone à contrôler (fig. 3).

Le balisage des points fixes a été effectué en construisant des petits piliers d'observation en béton armé sur chacun desquels a été fixée une plaque métallique pour le centrage forcé du théodolite.

Les points fixes pour les contrôles plano-altimétriques étaient constitués par des ronds en laiton filetés sur lesquels pouvaient se fixer des balises d'aluminium, terminées par une calotte sphérique, utilisables soit comme signal angulaire, soit comme base de calage de la mire pour les opérations de nivellement (fig. 4).

Evidemment les points fixes dont on a parlé étaient convenablement cimentés sur des semelles en béton armé, protégés par des tubes métalliques de 10 cm de diamètre avec des bouchons à vis.

Les déplacements ont été déterminés par des mesures successives d'angles azimutaux, le théodolite étant en station sur chacun des trois piliers A, B et C ; mesures d'observation qui ont été répétées au cours de trois campagnes à intervalle d'un an.

L'instrument utilisé était le Wild T3, les mesures d'angles ont été exécutées en opérant de façon rigoureuse et en effectuant en moyenne quatre répétitions pour chaque mesure d'angle.

Les valeurs des angles ainsi mesurés ont été introduites dans le programme COMPEN pour la compensation rigoureuse avec la méthode des moindres carrés. Un tel programme fournit en sortie les coordonnées absolues des points et les ellipses d'erreur de chaque point.

La comparaison des coordonnées ainsi calculées dans les trois séries d'observation a permis d'obtenir le tableau récapitulatif des déplacements (tab. 1).

DEPLACEMENTS PLANIMETRIQUES

Points de repère	1 levé - 2 levé	2 levé - 3 levé
3	3.8	6.7
2	3.6	5.1
1	4.6	11.7
4	3.2	2.0
15	2.7	7.6
13	5.6	8.9
6	1.9	10.4
10	4.3	8.0
8	8.9	10.8
12	6.5	11.0

Valeurs en mm $S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

DEPLACEMENTS ALTIMETRIQUES

Points de repère	1 levé - 2 levé	2 levé - 3 levé	1 levé - 3 levé
1	- 20.6	- 10.5	- 31.4
2	- 1.0	- 3.1	- 4.1
3	- 0.3	- 0.6	- 0.9
4	- 7.4	- 3.7	- 11.2
5	- 8.3	- 3.1	- 11.4
6	- 3.3	- 0.6	- 4.0
8	- 1.9	- 3.7	- 5.7
10	- 6.2	- 1.7	- 7.9
12	- 2.9	- 5.8	- 8.8
13	- 6.8	- 4.9	- 11.7
15	- 3.1	- 1.7	- 4.8

Valeurs en mm

Tableau 1

Comme il a été déjà dit, la probabilité des déplacements est déterminée par les dimensions des ellipses d'erreur, qui dans le cas présent ont été de l'ordre du mm.

Des déplacements de l'ordre de 3 - 4 mm sont par conséquent significatifs (et ont dû, de fait, se produire).

Les lignes de nivellement géométrique ont été exécutées avec un niveau Wild N3 avec micromètre à lame à faces parallèles ; chaque ligne a été mesurée deux fois aller et retour ; les points sur roche étant considérés fixes, les déplacements altimétriques des points ont été déterminés par la différence des cotes relevées au cours des deux autres opérations de nivellement.

Lors de toutes les opérations de mesure il a toujours été vérifié que la dénivellée entre chaque couple de points sur roche (matérialisés par une agrafe métallique boulonnée et cimentée dans la roche) (fig. 5) placés aux extrémités de la ligne de nivellement reste rigoureusement compris dans un dixième de millimètre.

Les caractéristiques de précision des lignes de nivellement exécutées étaient telles que l'on pouvait considérer comme significatifs (et ayant dû, de fait, se produire) les déplacements ainsi déterminés lorsqu'ils sont de 0,2 mm.

Les variations partielles et globales, toutes de signe négatif, sont indiquées dans le tableau et regroupées selon les différentes séries de mesures (tab. 1).

La série des relevés exécutés a mis en évidence le mouvement d'une certaine portion du terrain soumis à contrôle et la quantification des déplacements s'est révélée d'un intérêt certain pour déceler la cause qui est venue altérer la topologie du terrain.

De plus, la répétition du relevé à intervalles réguliers en fonction de la vitesse de glissement a permis d'évaluer de façon complète le phénomène et par conséquent d'étudier les ouvrages de consolidation pour l'assainissement du versant en mouvement.

Ainsi que nous l'avons indiqué, pour déterminer les surfaces de glissement d'un éboulement, il est normalement nécessaire d'utiliser des mesures inclinométriques. Etant donné que les méthodologies utilisées dans le domaine topographique apparaissent d'une certaine façon complémentaire des méthodes géotechniques, il semblerait intéressant de les utiliser conjointement afin de contrôler globalement le mouvement éventuel d'éboulement.

Dans le deuxième cas, la surface mise à l'étude est située dans la Vallée Germanasca (Province de Turin) et concerne en grande partie l'agglomération de la Commune de Perrero.

L'instabilité a commencé à se manifester il y a déjà plusieurs années avec des effets diffus mais limités aux infrastructures, mais ce n'est qu'en 1977 qu'il y a eu un éboulement qui, tout en provoquant d'énormes dégâts dans le village, n'a pas causé des victimes.

En conséquence, aussi bien l'Administration de Perrero, que la Région Piémont, ont effectué toute une série de travaux de consolidation et ont procédé à la mise en place d'un ensemble d'instruments géotechniques comportant sept inclinomètres et quatre piézomètres pour le contrôle de l'éboulement et la recherche d'un plan possible de glissement préférentiel. La présence de ces instru-

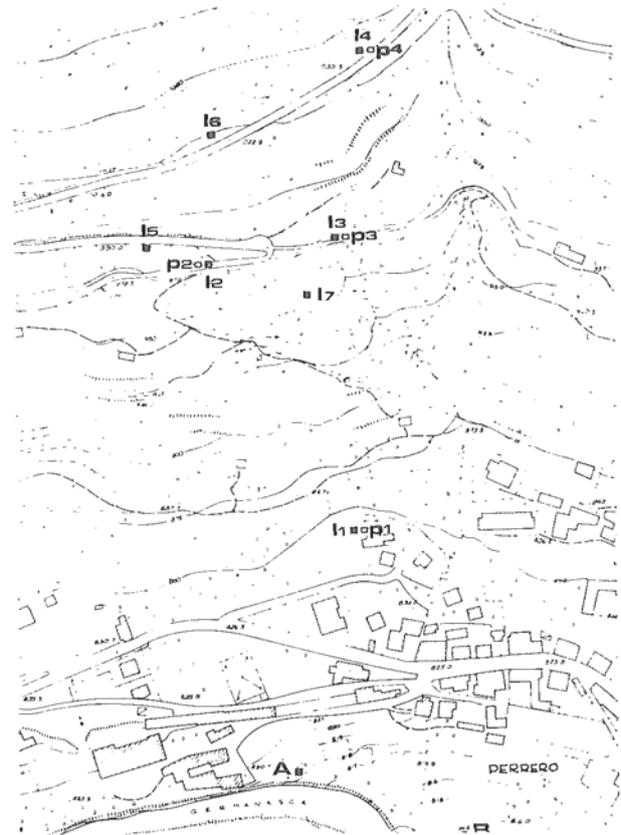


Figure 2

ments a fourni l'occasion d'associer les techniques inclinométriques à d'autres, ce qui a permis d'envisager une mise à l'étude de méthodes conjointes pour l'exécution des mesures.

L'étude a été menée donc selon trois directions :

a) projet d'un réseau topographique d'appui suivi d'un relevé des points de détail caractéristiques ;

b) examen des caractéristiques des instruments et des mesures effectuées ;

c) choix d'une méthodologie qui, faisant usage des deux types de mesures ci-dessus mentionnées, permette le contrôle constant et continu des mouvements de la masse d'éboulement.

Compte tenu des considérations générales sur le pro-

jet d'un réseau d'appui déjà exposées, la géométrie du relevé a été définie immédiatement ; en effet, vu la nature du terrain et les dimensions assez modestes de la zone à relever, on a réduit à un simple quadrilatère (fig. 8) le réseau optimal qui pouvait le mieux satisfaire les exigences finales ; celles-ci étaient de déterminer les coordonnées de quelques points, non concernés de toute évidence par l'éboulement, utilisables ensuite dans le relevé de détail.

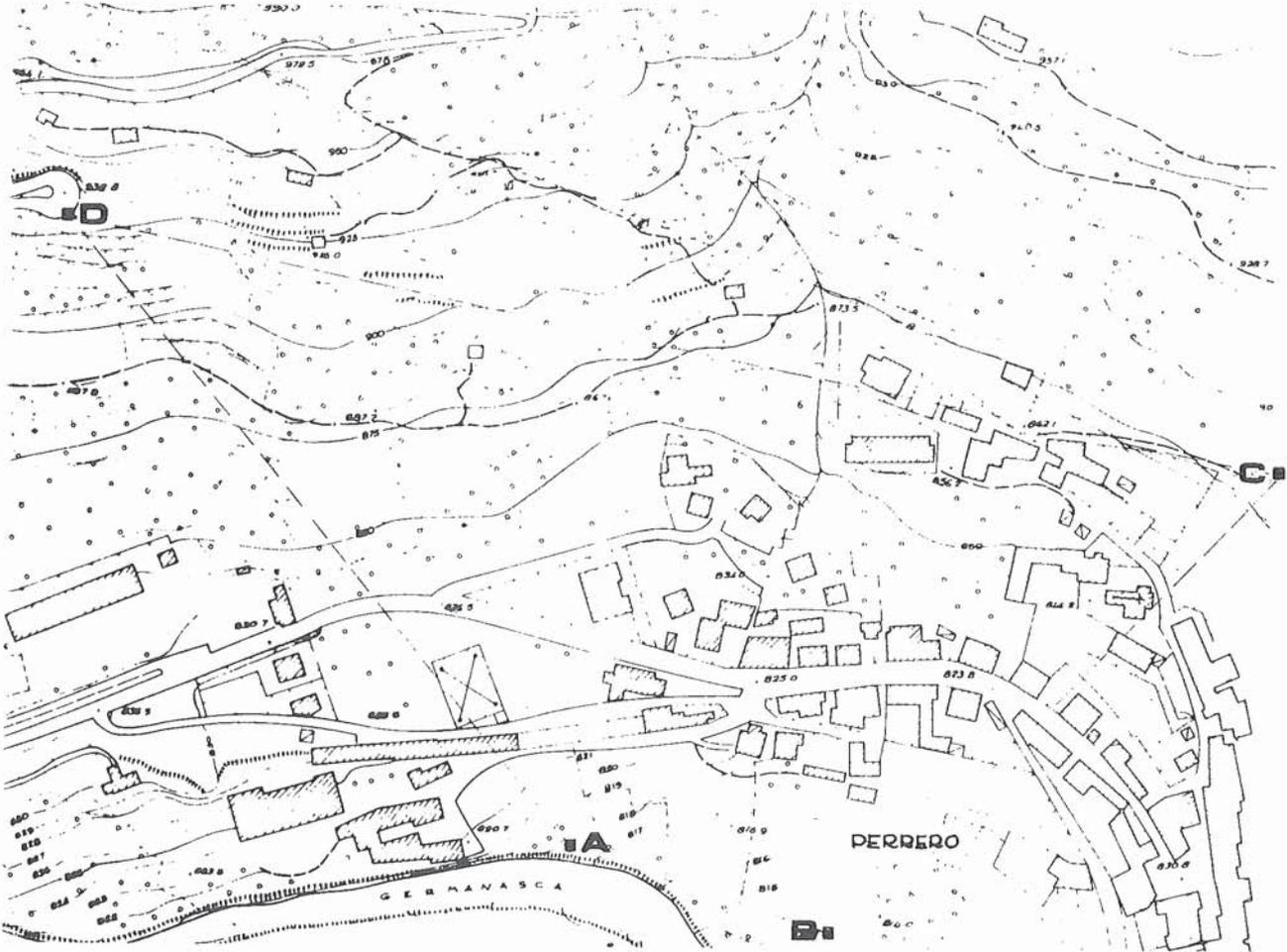


Figure 3

En supposant que l'exécution des mesures serait faite avec un théodolite Wild T3, avec un théodolite Wild T2 pour la mesure des angles, avec un distancemètre AGA mod. 14 et un distancemètre Wild D 10 pour les mesures des distances, on a examiné au niveau du projet les résultats vraisemblables avec les réseaux relevés en mesurant les angles seuls, les distances seules, les angles et les distances avec les instruments cités, et selon différents accouplements théodolite-distancemètre.

Le programme de calcul utilisé a permis de vérifier que les précisions voulues étaient obtenues par l'exécution conjointe des mesures d'angles et de distances caractérisées respectivement par des écarts carrés moyens de 5 cc et 5 mm. Ceci a été réalisable, dans le cas spécifique, par l'accouplement théodolite Wild T2 — distancemètre AGA 14.

Le schéma du réseau en projet et les mesures à effectuer sont visibles sur la figure.

Les extrémités de la base ont été matérialisées en construisant des petits piliers en béton, tandis que pour les points C et D, on a utilisé des repères métalliques scellés sur les ouvrages existants.

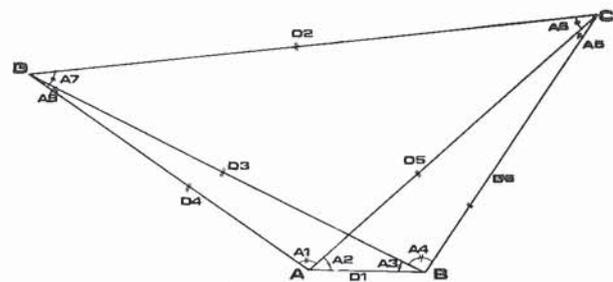


Figure 4

Les mesures d'angle ont été exécutées minutieusement et en effectuant en moyenne quatre réitérations pour chaque mesure d'angle azimutal et trois répétitions de mesure pour chaque angle zénithal.

La mesure de la distance a été effectuée avec un distancemètre AGA mod. 14 à trois prismes de réflexion, en tarant l'instrument en fonction des températures et des pressions relevées avant, pendant et après les opé-

rations de mesure aussi bien au niveau du point de station que du réflecteur.

Afin de vérifier la stabilité des points fixes, deux campagnes de relevés ont été effectuées à une distance de 6 mois environ, les résultats obtenus figurent dans le tableau qui suit (tab. 2).

COORDONNEES DES POINTS

Point	Premier levé		Deuxième levé	
	X mètres	Y mètres	X mètres	Y mètres
A	0.000	0.000	0.000	0.000
B	120.247	0.000	120.241	0.000
C	294.625	268.127	294.621	268.135
D	- 299.815	188.327	- 299.823	188.349

ELEMENTS DE L'ELLIPSE STANDARD

Premier levé

Point	Inclination axe gon	Demi-axe supérieur mètres	Demi-axe inférieur mètres
B	0.00	0.0065	0.0000
C	39.4334	0.0081	0.0040
D	173.9361	0.0080	0.0039

Deuxième levé

Point	Inclination axe gon	Demi-axe supérieur mètres	Demi-axe inférieur mètres
B	0.0000	0.0025	0.0000
C	40.2238	0.0039	0.0019
D	173.9361	0.0031	0.0013

Tableau 2

MESURES D'ANGLES

Premier levé

Angles	Réitération	Moyenne	ECM
BAC	4	47.0035	± 3
CAD	4	117.2987	± 4
CBD	4	109.8766	± 3
DBA	4	26.8310	± 3
BDC	4	35.3280	± 3
ADB	4	8.8790	± 4
DBC	4	54.8009	± 4
BCA	4	16.2899	± 3

Deuxième levé

Angles	Réitération	Moyenne	ECM
BAC	4	47.0052	± 4
CAD	4	117.2870	± 2
CBD	4	109.8745	± 3
DBA	4	26.8330	± 4
BDC	4	35.3290	± 3
ADB	4	8.8730	± 3
DCB	4	54.8005	± 3
BCA	4	16.2883	± 3

MESURES DES DISTANCES

Premier levé

Côté	Distance inclinée	distance horizontale	ECM
BA	120.382	120.250	± 5
AC	406.288	389.354	± 5
AD	372.213	354.060	± 5
DA	372.670	354.060	± 5
BD	476.166	460.336	± 5
BC	331.089	319.850	± 5
DC	600.881	599.782	± 5

Deuxième levé

Côté	Distance inclinée	distance horizontale	ECM
AB	120.378	120.258	± 5
BA	120.365	120.245	± 5
AC	406.303	398.368	± 5
AD	372.653	354.081	± 5
DA	372.692	354.081	± 5
BD	476.208	460.348	± 5
BC	331.086	319.867	± 5
DC	600.896	599.787	± 5

Tableau 2

Pour le relevé de détail, huit points opportuns ont été choisis, localisés à proximité des ouvrages d'art construits pour la consolidation de l'éboulement, près des deux tubes inclinométriques et sur des détails morphologiques assez importants.

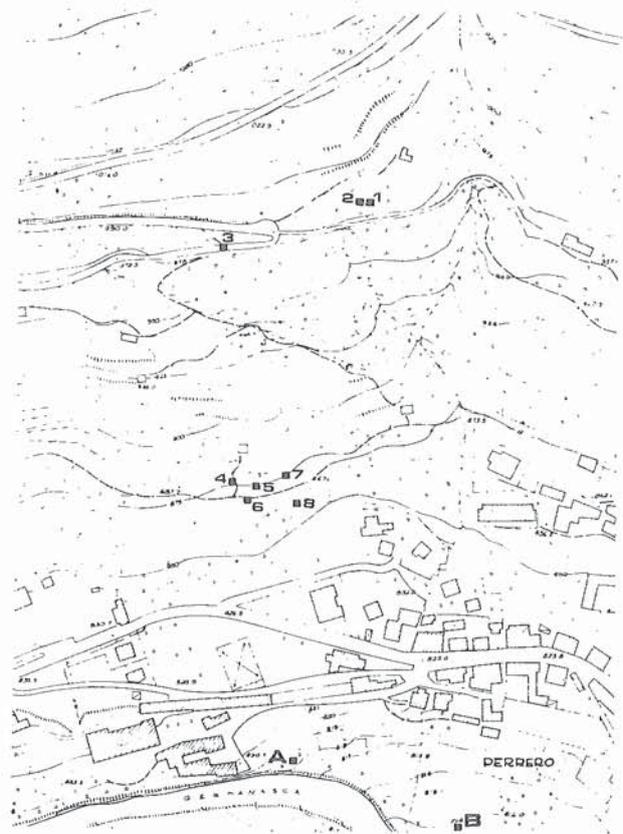


Figure 5

La matérialisation des points dans la masse de l'éboulement a été exécutée en effectuant une perforation de 1,60 m de profondeur qui a été remplie ensuite de béton

avec une armature appropriée ; dans la partie supérieure a été introduite une butée en acier pour mettre en place le signal. Pour les points situés près des tubes inclinométriques, les repères topographiques ont été posés en utilisant le collier du tube aménagé spécialement pour recevoir le signal, tandis qu'un dernier signal topographique a été placé sur un mur de soutènement en enfonçant avec un pistolet un tube fileté.

Le schéma du relevé a été celui de l'intersection et les différents résultats sont recueillis dans les tableaux (tab. 4).

COORDONNEES SOMMETS DE DETAIL

Point	X mètres	Y mètres
1	- 103.571	372.621
2	- 108.800	369.174
3	- 184.574	308.034
4	- 117.640	162.153
5	- 101.595	165.837
6	- 103.812	152.530
7	- 85.967	181.854
8	- 70.873	164.281

ELEMENTS DE L'ELLIPSE STANDARD

Point	Inclination axe gon	Demi-axe supérieur mètres	Demi-axe inférieur mètres
1	127.7308	0.0034	0.0015
2	133.3206	0.0058	0.0021
3	136.0478	0.0039	0.0012
4	149.9216	0.0054	0.0009
5	142.7810	0.0014	0.0003
6	140.3593	0.0024	0.0003
7	130.9383	0.0046	0.0006
8	135.2909	0.0022	0.0005

Tableau 4

Comme il a été dit avant, afin d'acquérir des éléments ultérieurs de connaissance, on a disposé quelques tubes inclinométriques et piézométriques dans la masse de l'éboulement en adoptant le critère de créer des postes de mesures dotés à la fois d'un inclinomètre et d'un piézomètre à peu de distance l'un de l'autre.

Sans vouloir m'attarder ici sur le bien-fondé des mesures inclinométriques, je rappellerai que l'inclinomètre est un instrument apte à mesurer des inclinaisons et qu'il est fondamentalement constitué d'un dispositif qui fournit à la sortie un signal proportionnel à l'angle de déviation de son axe par rapport à la verticale passant par le stationnement, et d'une petite centrale de mesures capable d'en visualiser l'ampleur.

Pour le contrôle de l'éboulement il s'est avéré nécessaire d'installer dans des trous exécutés jusqu'à l'intérieur de la roche intacte à la base, à une profondeur de 50 mètres environ, des tubes de glissement pour la torpille qui porte à son bord les instruments de mesure.

Dans les figures sont reproduits quelques résultats des mesures référés à trois inclinomètres ; leur lecture met en évidence un plan de glissement général qui coïncide avec le toit de la formation rocheuse et concerne la partie superficielle la plus fracturée de celui-ci (fig. 12).

En conclusion, on peut formuler quelques considérations parallèles sur les deux méthodologies :

La méthode topographique fournit des éléments sûrs de connaissance des mouvements dans les couches superficielles ; elle utilise des instruments au coût assez élevé et un personnel hautement qualifié, implique des temps d'exécution assez longs pour obtenir des résultats, mais représente un coût d'implantation certainement modique. La méthode géotechnique fournit des éléments d'évaluation sur le mouvement des couches souterraines, utilise des instruments au coût assez raisonnable, un personnel qui n'est pas forcément très qualifié et a des temps d'exécution très rapides, mais des coûts d'implantation (mise en place des tubes inclinométriques) nettement élevés.

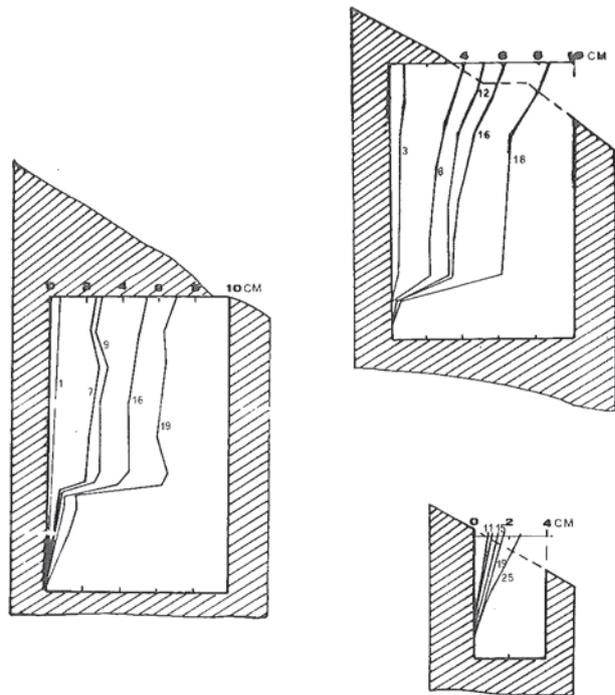


Figure 12

Il apparaît par conséquent évident que dans le cadre de la problématique générale d'un plan pour le contrôle d'un mouvement d'éboulement, il faudrait considérer trois phases distinctes et complémentaires ; dans la première phase, il faudrait prédisposer un réseau topographique d'appui avec des points de repère non impliqués par le mouvement en cours et qui permette à tout moment des contrôles à l'intérieur de l'éboulement ; une deuxième phase qui prévoit la mise en place de tubes inclinométriques en position optimale du point de vue topographique ; une troisième phase qui consiste à déterminer un ensemble d'autres points sur des détails morphologiques ou sur des ouvrages d'art d'intérêt géotechnique certain et de relevé facile.

Compte tenu de ce projet, les opérations de mesure pourraient suivre une organisation précise ; tout d'abord le relevé du réseau d'appui, ensuite les mesures inclinométriques à intervalles de temps réguliers et jusqu'à obtention de résultats significatifs immédiatement contrôlables par le relevé topographique de détail.

En effet, les mesures inclinométriques s'appliquant à des couches souterraines qui, de fait, empêchent un contrôle effectif des résultats, un contrôle topographique immédiat pourrait donner aux valeurs obtenues la fiabilité maximum étant bien entendu que la présence du réseau topographique d'appui permet un contrôle ultérieur et constant du mouvement dans son champ.