

**11<sup>e</sup> SESSION D'ETUDE  
SUR  
LES TECHNIQUES DE SAUTAGE**

**DYNAMITAGE D'UN DIEDRE ROCHEUX INSTABLE  
ROUTE 155, GRANDES PILES**

**Pierre Dorval  
Ministère des Transports du Québec**

DYNAMITAGE D'UN DIEDRE ROCHEUX INSTABLE

ROUTE 155, GRANDES-PILES

PAR

Pierre Dorval

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

DU

QUEBEC

Présenté à

l'Université Laval, le 8 décembre 1988

## REMERCIEMENTS

La réalisation du dynamitage de ce dièdre rocheux n'aurait pu être possible sans la collaboration et la participation de nombreuses personnes. C'est pourquoi je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué au succès de ce projet. Entre autres, je remercie: le personnel professionnel et technique du bureau de district du Cap-de-la-Madeleine du M.T.Q., Raymond Allan, Jean-François Stringer, Suave Gioseffini, Robert Drolet, Grégoire Rompré, Marc Sauvageau et Marcel Francoeur; les représentants de l'entrepreneur général Carrières Crête Inc., Daniel Crête et Madeleine Douville ainsi que Jean Grenier des entreprises Elie Grenier Inc. Enfin, je remercie tout particulièrement mes compagnons de travail au sein de la section Mécanique des roches, Jean Cadoret qui m'a assisté tout au long des travaux, et André Drolet pour sa collaboration lors de la conception du tir ainsi que pour ses commentaires judicieux lors de la rédaction de cet article.

## RESUME

Le 30 octobre 1987, une masse de roc, représentant un volume d'environ de 800 m<sup>3</sup> surplombant à plus de 30 m de hauteur la route 155, a été abattu à l'aide d'environ 700 kg d'explosifs.

Deux plans de fracturation délimitaient cette masse rocheuse qui menaçait de glisser le long de l'arête formée par l'intersection de ces deux plans. Compte tenu de la géométrie du bloc en dièdre, le défi consistait à concevoir un plan de tir permettant de fracturer le roc du dièdre sans pour autant en affecter les plans le délimitant, et risquer ainsi de provoquer d'autres instabilités.

Le relevé des structures géologiques, une campagne d'arpentage planifiée et l'utilisation d'outils graphiques tels que les projections stéréographiques et les nomogrammes ont facilité la conception d'un tel sautage.

Comme vous pourrez le constater, les résultats obtenus démontrent qu'il est possible de réaliser des sautages pour des situations très complexes à partir de quelques données recueillies sur le terrain et de méthodes graphiques appropriées.

La conception du tir a été réalisée par la section Mécanique des Roches du ministère des Transports du Québec alors que l'exécution des travaux a été octroyée par voies de soumission. L'entreprise Carrières Crête Inc. a obtenu le contrat et c'est son sous-traitant "Les entreprises Elie Grenier Inc.", qui a procédé aux travaux de forage et de dynamitage.

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

RESUME

LISTE DES FIGURES

1.0	INTRODUCTION .....	1
2.0	METHODOLOGIE .....	2
2.1	Etude géologique .....	2
2.2	Etude de stabilité .....	2
2.3	Conception du tir .....	2
2.3.1	Généralités .....	2
2.3.2	Travaux préliminaires .....	3
2.3.3	Travaux sur le terrain .....	3
2.3.4	Documents de soumission .....	4
2.4	Exécution des travaux .....	5
2.4.1	Forages .....	5
2.4.2	Chargement .....	6
2.4.3	Protection de la route .....	7
2.4.4	Mise à feu .....	7
3.0	RESULTATS .....	7
4.0	CONCLUSION .....	8
ANNEXES	.....	19
-	Définition des déblais .....	20
-	Tableau 1: Données sur les forages et le chargement .....	21
-	Photographies .....	24
BIBLIOGRAPHIE	.....	27

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1:	Localisation du site .....	9
FIGURE 2:	a) Représentation schématique de la rupture en dièdre .....	10
	b) Stéréogramme, dièdre #10, Grande-Piles .....	10
FIGURE 3:	Représentation schématique du dièdre .....	11
FIGURE 4:	Vue en plan, localisation du dièdre .....	12
FIGURE 5:	Vue en plan du dièdre avec le patron de forages proposé .....	13
FIGURE 6:	Vue en plan, localisation et numérotation des forages ainsi que la séquence de mise à feu .....	14
FIGURE 7:	Coupe A-A', section perpendiculaire à la ligne de base au chaînage 0 + 013,5 .....	15
FIGURE 8:	Coupe B-B', section selon la ligne de base .....	16
FIGURE 9:	Nomogramme pour déterminer les pendages apparents .....	17
FIGURE 10:	Vue en plan, localisation et numérotation des forages ainsi que la séquence de mis à feu telles que réalisées .....	18

## 1.0 INTRODUCTION

Compte tenu des risques d'éboulis, les routes longeant les falaises rocheuses causent de nombreux soucis aux personnes responsables de leur entretien et de la sécurité des usagers. Lorsque, pour un tronçon de route particulier, une telle situation existe, il est primordial d'effectuer une étude géologique de la falaise afin de localiser les endroits où il y a des risques d'éboulis. Là où un tel risque est présent, on doit identifier les modes de rupture les plus vraisemblables à l'aide des données géologiques du site, d'où l'importance de la géologie structurale dans le contrôle de la stabilité des talus rocheux.

Après avoir déterminé qu'un talus est potentiellement instable, on doit vérifier si la stabilité peut être améliorée par drainage, par renforcement ou, en dernier essor, par excavation du massif rocheux. Lorsque la solution est retenue, on procède à l'exécution des travaux.

Au printemps de 1983, le Service des sols et chaussées du ministère des Transports du Québec recevait une demande de la Direction régionale de Trois-Rivières pour effectuer une étude concernant des cas d'éboulis survenus le long de la route 155 dans le secteur de Grandes-Piles. La localisation géographique du site est montrée à la figure 1.

Une première campagne géologique, dans le but d'identifier les zones à risques d'éboulis, eut lieu à l'été et l'automne 1983. En avril 84, on procède à l'excavation des blocs demandant une intervention urgente pendant qu'une étude plus détaillée se poursuit pour la zone comprenant le dièdre rocheux, baptisé dans le contexte de l'étude "dièdre #10".

A cette époque, la solution retenue ne recommandait pas le dynamitage de cette masse de roc car, d'après le géologue André Drolet: "selon toute vraisemblance, le dièdre allait continuer à s'effriter par la base comme en faisait foi le talus d'éboulis à ses pieds". On recommandait donc d'excaver ce talus afin de favoriser le captage d'éboulis futurs. Cependant, le talus d'éboulis étant constitué de plusieurs centaines de mètres cubes de gros blocs, certains pouvant atteindre quelques dizaines de mètres cubes, la nécessité d'utiliser des explosifs à la base du dièdre rendait l'entreprise périlleuse. Aussi, la décision d'attaquer le problème à la source fut prise.

Le dynamitage du dièdre #10 est un bel exemple pratique de la mise en application de notions de géologie et de mécanique des roches dans les projets de stabilisation des talus rocheux. De la cartographie géologique au dynamitage, toutes les étapes entourant la conception et la réalisation des travaux sont traitées dans cet article.

## 2.0 METHODOLOGIE

### 2.1 Etude géologique

La roche en place a été décrite par J. Béland (1961) comme un gneiss à andésine avec pyroxène et/ou hornblende, d'âge précambrien faisant partie de la "Série de Grenville". Au point de vue tectonique, Béland mentionne au sujet des diaclases que: "Les diaclases les plus marquées se groupent en trois systèmes. L'un d'eux est presque horizontal... Les deux autres systèmes concernent les diaclases fortement inclinées et s'orientent l'un parallèle et l'autre perpendiculaire à la linéation".

Le relevé géologique a permis de définir la géométrie du dièdre. Ce dernier est délimité au nord par une diaclase de direction N109°, inclinée de 70° vers le sud-ouest, et au sud par une seconde diaclase de direction N35° inclinée de 55° vers de nord-ouest. Notez que cette dernière est beaucoup mieux définie que la diaclase N109° comme vous pouvez le constater sur la photo no 1, en annexe. La projection stéréographique de ces deux plans (figure 2) permet d'observer le type de rupture potentielle en dièdre où le glissement se produirait sur deux plans dont l'arête d'intersection a une direction de N265° et une plongée de 47,7°.

### 2.2 Etude de stabilité

Pour le dièdre #10, l'analyse de stabilité a été effectuée en utilisant la méthode de calcul tirée du "Pit Slope Manual", chapitre 6, de Canmet, Appendix A, intitulé "Simplified Analysis for Support of Wedge Instability". Pour des conditions de joints lisses, de cohésion nulle et de milieu sec, un facteur de sécurité de 1,16 a été calculé. Par la suite, l'utilisation de la méthode d'analyse, tirée de "Rock Slope Engineering", de Hoek and Bray, adaptée pour être traitée à l'aide d'outils informatiques, a permis de simuler diverses situations en changeant la valeur de certains paramètres. Par exemple, en modifiant l'angle de frottement de 43 à 40 degrés, le facteur de sécurité passe de 1,16 à 1,06.

### 2.3 Conception du tir

#### 2.3.1 Généralités

La représentation schématique du dièdre est montrée à la figure 3. Le sommet du dièdre est à plus de trente mètres de hauteur par rapport à l'élévation du pavage de la route; il est boisé et de relief irrégulier, avec une pente vers la route de l'ordre de 35°.



L'accès au site, à pied, était relativement facile à partir de la halte routière située à une centaine de mètres au sud (voir figure 4). Cependant, pour la machinerie, le défi était tout autre. Il existait bien un ancien chemin forestier non carrossable, représentant un détour de 1,7 km et permettant d'atteindre le dessus du dièdre, néanmoins, nous estimions qu'il s'avèrerait difficile pour la machinerie de travailler sur le relief accidenté du dièdre. C'est pourquoi, nous avons anticipé que les travaux de forage seraient exécutés à l'aide d'une foreuse montée dans une boîte de camion suspendue à une grue de fort tonnage.

### 2.3.2 Travaux préliminaires

Les plans de tir préliminaires furent élaborés suite à l'identification de la géométrie du dièdre déterminée à l'aide des données géologiques.

Dans le but d'obtenir les résultats souhaités, les objectifs suivants ont été fixés:

- concevoir un sautage assurant l'enlèvement de toute la masse instable;
- éviter de créer d'autres instabilités;
- et s'assurer d'obtenir une fragmentation adéquate de manière à éviter le plus possible le sautage secondaire en plus de faciliter l'enlèvement des déblais.

Afin de répondre à ces critères, nous avons déterminé qu'un patron de forage de 1,5 m de fardeau, par 2,0 m d'espacement, dont les trous de 63 mm de diamètre seraient forés verticalement le long d'axes orientés perpendiculairement et parallèlement à l'arête du dièdre, était le mieux approprié. Dans le but d'obtenir le degré de fracturation adéquat, un facteur de chargement de l'ordre de  $0,77\text{kg/m}^3$  ( $1,3\text{ lbs/vg}^3$ ) était visé.

En ce qui concerne les contraintes reliées à l'utilisation d'explosifs, on peut les considérer comme pratiquement nulles étant donné l'absence de résidence à proximité des travaux. Seul, un câble téléphonique était enfoui dans l'accotement de la route du côté de la rivière St-Maurice.

### 2.3.3 Travaux sur le terrain

En avril 87, dès que la fonte des neiges fut complétée, nous avons

procédé au relevé d'arpentage. Ce relevé a été réalisé à l'aide d'une boussole de type "Brunton", et d'un théodolite surmonté d'un télémètre électronique.

En fonction de la direction des deux diaclases délimitant le dièdre, nous avons déterminé la trace de l'arête sur le terrain. A partir de cette ligne, nous avons implanté notre patron de forage selon le maillage établi lors de l'élaboration des plans de tir préliminaires.

Dans le but d'être en mesure de quantifier le volume des déblais, 1re et 2e classes (voir définition en annexe), l'épaisseur du mort-terrain recouvrant le roc a été déterminée à l'aide d'une tarière manuelle. La nature du sol a été identifiée comme étant un till argileux.

#### 2.3.4 Documents de soumission

La mise en plan des relevés a servi de document de base pour la conception du tir. Une vue en plan ainsi que des sections perpendiculaires et parallèles à l'arête ont pu être établies avec précision. Ces sections ont permis de déterminer la longueur de chacun des trous de forages et d'élaborer le chargement-type. La profondeur des forages était limitée de façon à conserver un espace de 0,6 m entre le fond du trou et les plans délimitant le dièdre, ceci afin d'éviter que ces plans ne soient endommagés par l'énergie explosive et ainsi s'assurer d'obtenir des faces d'excavation stables.

En résumé, dans le devis de soumission on demandait qu'après déboisement du site, des trous de 63 mm de diamètre soient forés verticalement, la précision de la localisation et de la verticalité étant très importante afin de ne pas endommager les deux plans délimitant le dièdre. Egalement, tous les forages devaient être exécutés à partir de la surface existante du terrain, le déblais 2e classe étant laissé en place. Avant le chargement de chacun des trous, l'entrepreneur devait s'assurer que la profondeur désirée avait été atteinte sans pour autant l'excéder. Quant à la charge explosive elle était répartie ainsi: pour le tiers inférieur par un explosif brisant de 1,27 g/cc de densité et pour les deux tiers supérieurs par un agent de sautage de 0,84 g/cc de densité lorsque versé librement. Cette colonne de chargement devait être confinée à l'intérieur d'un sac en plastique conçu à cet effet. Règle générale, un collet de un mètre de hauteur réalisé à l'aide de pierre concassée 12,5-6,25 mm surmontait la colonne de chargement. Cependant, la longueur du collet correspondait à l'épaisseur du mort-terrain lorsque ce dernier avait une épaisseur supérieure à un mètre. Un tableau compilant toutes les données relatives à la réalisation des forages et au chargement était joint au document (voir tableau 1 en annexe).

La figure 6 montre la vue en plan du dièdre avec la position et la numérotation des 47 trous de forages. Les figures 7 et 8 montrent respectivement une section parallèle et perpendiculaire à l'arête ainsi que la distribution de la colonne de chargement pour chacun des trous. En examinant la section perpendiculaire à l'arête, vous remarquerez que les pendages des plans sont apparents et non-réels, la section ne recoupant pas perpendiculairement les plans délimitant le dièdre. Ces pendages apparents ont été déterminés à l'aide du nomogramme apparaissant à la figure 9. Notez qu'il aurait été également possible de les déterminer à l'aide du stéréogramme.

Finalement, une dernière campagne d'arpentage a eu lieu avant le début des travaux afin d'identifier sur le site, tous les trous de forage et du même coup apporter les modifications finales au tableau de chargement. En théorie, 667 kg d'explosifs devaient être utilisés pour fracturer environ 800 m<sup>3</sup> de roc, d'où un facteur de chargement de l'ordre de 0,83 kg/m<sup>3</sup> (1,4 lbs/vg<sup>3</sup>). La charge explosive était distribuée dans 47 trous de forage, la séquence de détonation étant répartie sur 13 délais (0 à 12). Le coût anticipé pour la réalisation de ce sautage était d'environ 50,000 \$, incluant l'enlèvement des déblais.

## **2.4 Exécution des travaux**

Contrairement à ce que nous anticipions, soit d'exécuter les forages à l'aide d'une foreuse montée à bord d'une boîte de camion suspendue à une grue, l'entrepreneur a proposé d'utiliser le chemin forestier existant à partir duquel il ouvrirait une voie de pénétration lui donnant accès au dessus du dièdre. De la route 155, la longueur totale de ce chemin d'accès totalise 1,7 km.

Compte tenu de l'état du chemin forestier, un béliet mécanique sur chenille a été utilisé pour amener sur les lieux la foreuse et le compresseur d'air. Sur place, la première étape a été de procéder au déboisement du site.

### **2.4.1 Forages**

La réalisation des forages a été exécutée à l'aide d'une foreuse de marque "Joy" et d'un compresseur de marque "Sullivan", modèle D750Q. Due à la topographie accidentée du dessus du dièdre, la foreuse était retenue au béliet mécanique par les câbles d'acier des treuils de chacune des machines. Quant à l'opérateur, il était attaché à un câble, fixé en dehors de l'aire de travail, qui l'assurait contre une chute éventuelle.

Toutefois, cette méthode de travail n'a pas été efficace à cent pour cent, puisque deux forages importants (41 et 47), situés en périphérie du dièdre, n'ont pu être exécutés tels que spécifiés. En tout, 48 trous ont été forés comparativement aux 47 trous prévus. Le trou supplémentaire a été ajouté pour palier à l'impossibilité d'exécuter, comme prévu, les deux forages mentionnés précédemment.

Tous les trous ont été forés verticalement à l'aide d'un forêt de 63 mm de diamètre à partir de la surface existante. Après chaque forage, la profondeur du trou était vérifiée de manière à s'assurer que la profondeur indiquée au tableau de chargement était respectée. S'il s'avérait qu'un trou était trop profond, l'excédent devait être comblé avant le chargement. Cinq jours de travail, incluant les retards dus aux bris, ont été nécessaires pour compléter les travaux de forages.

#### 2.4.2 Chargement

A la veille des opérations de chargement, une pluie abondante s'est abattue sur la région. Compte tenu de la nature du sol recouvrant en partie le dièdre, soit un till argileux, le site était devenu très glissant, d'où la nécessité de redoubler de prudence.

En général, les procédures de chargement spécifiées au devis ont été assez bien suivies. Par contre, certains trous, où du forage excédentaire avait été noté, n'ont pas été comblés avant le chargement.

Au chapitre des explosifs, l'entrepreneur a utilisé pour la charge de fond, des cartouches de 50 mm X 400 mm d'Unigel avec quelques cartouches d'Extragelatin 75% tandis que pour la charge de montée, de l'Amex II et du Numex versés librement ont été employés comme agent de sautage. Pour assurer l'amorçage d'une colonne d'agent de sautage supérieure à quatre mètres de hauteur, une cartouche amorcée d'Extragelatin 75% en bâton de 25 mm X 200 mm était ajoutée à la mi-hauteur de la charge de montée. Un collet d'un minimum d'un mètre de hauteur, réalisé à l'aide de débris de forage et de matériaux en place, couronnait la colonne de chargement. Quelques 700 kg d'explosifs ont ainsi été répartis dans les 48 trous de forage. Des détonateurs électriques à micro-retard Millidet, fabriqués par la compagnie Ireco, assumaient l'initiation des charges. Les périodes 2 à 14 correspondant à des temps de mise à feu de 50 ms à 500 ms ont été utilisées pour contrôler la séquence de détonation.

Plus d'une journée de travail fut nécessaire pour compléter l'opération de chargement, ce qui a obligé l'entrepreneur à remettre au lendemain les opérations de raccordement du circuit électrique et le tir, l'obligeant, par le fait même, à laisser en permanence une personne sur le site afin d'en interdire l'accès durant la nuit.

### 2.4.3 Protection de la route

Au lendemain du chargement, alors que le boute-feu procédait aux connexions du circuit électrique, la circulation sur la route 155 entre Grand-Mère et St-Roch de Mékinac était détournée sur les artères secondaires. Cet arrêt de la circulation routière permit à l'entrepreneur d'épandre une couche de sable de 1,0 à 1,2 m d'épaisseur sur la route dans le but d'en protéger la chaussée. En tout, une cinquantaine de chargements de sable ont été déversés sur la chaussée au pied du dièdre à l'aide de camions de type "dix roues". Evidemment, l'entrepreneur avait pris soin de démonter les glissières de sécurité afin d'éviter que les projections les endommagent.

### 2.4.4 Mise à feu

C'est finalement vers 10 heures, le matin du 30 octobre 1987, que le dynamitage a eu lieu. Les charges ont été initiées à l'aide d'un explosif de type condensateur de marque VME-450 fabriqué par Vibration Measurement Engineers, Inc. Ce dernier développe 450 volts lors de la mise à feu et a une capacité de détonation de 1200 amorces (40 séries de 30 amorces en parallèle).

## 3.0 RESULTATS

Les photographies, en annexe, montrent les résultats très satisfaisants du dynamitage où l'on peut observer aisément la position des deux plans de glissement ainsi que celle de l'arête. Tel que noté lors de l'étude géologique, le plan à 55 degrés de pendage est très régulier alors que celui avec un pendage de 70 degrés est beaucoup moins bien défini. Le résultat final reflète bien la géométrie calculée à l'aide des outils graphiques et informatiques.

En examinant les faces de l'excavation on remarque, dans la partie supérieure seulement, que le plan à 55 degrés de pendage et l'arête ont été légèrement endommagés par l'énergie explosive. En fait, les forages correspondant à ces endroits étaient trop profonds et on présume que l'excédent de forage n'a pas été comblé avant le chargement. Du côté du plan à 70 degrés de pendage, seuls quelques blocs sont demeurés accrochés à la paroi. Un nettoyage final par écaillage manuel, à l'exception de quelques blocs où des explosifs ont été nécessaires, fut réalisé les jours suivants. Ces travaux ont été exécutés à partir d'une nacelle suspendue à une grue à faible tonnage.

En ce qui regarde les projections, elles ne représentent qu'un faible pourcentage de la masse totale. Dans la direction du dégagement du bloc, on

estime entre 100 et 200 mètres la distance maximale atteinte par les projections. Toutefois, la majorité de ces projections a été confinée à l'intérieur d'un rayon de 60 mètres.

Au point de vue du degré de fragmentation du roc, on estime qu'environ 80 à 85% des blocs étaient plus petits que 600 mm. Ainsi peu de dynamitage secondaire fut requis. En fait, les blocs les plus imposants provenaient d'une part du nez du dièdre (partie frontale), et d'autre part, d'une série de blocs en périphérie du dièdre représentant un volume d'environ 80 mètres cubes et qui se sont détachés de la falaise lors du dynamitage. La présence de gros blocs provenant du nez du dièdre est reliée au fait que le trou de forage #47 n'a pas été exécuté tel que spécifié.

Finalement, ce n'est que huit heures après le sautage que la circulation a pu être rétablie sur ce tronçon de route, soit le temps requis pour enlever la majeure partie du roc dynamité et du sable de protection. L'excavation des déblais a permis de constater que la chaussée n'a été que légèrement endommagée par la chute des fragments de roc, le sable de protection ayant servi à en amortir l'impact. Cependant, il aurait été nécessaire de prolonger cette protection sur une plus grande surface, notamment du côté sud et sur l'accotement de la route du côté de la rivière St-Maurice. En fait, seule ombre au tableau, le câble téléphonique enfoui dans cet accotement a été sectionné par l'un des gros blocs provenant du nez du dièdre. De plus, il aurait été nécessaire d'enlever quelques glissières de sécurité supplémentaires au sud du dièdre.

Tous ces travaux ont été exécutés au taux de 60 \$/m<sup>3</sup>.

#### 4.0 CONCLUSION

Les résultats obtenus suite au dynamitage reflètent bien ceux anticipés lors de la conception des plans de tir. Le facteur de chargement préconisé a favorisé une bonne fracturation du rocher, assurant l'éclatement de tout le bloc, facilitant le déblaiement de la route et minimisant le sautage secondaire.

La méthode de travail employée par l'entrepreneur s'est révélée assez efficace malgré le fait que certains trous en périphérie n'aient pu être réalisés tels que demandés. L'utilisation d'une grue, telle que nous l'avions escompté, aurait permis la réalisation de ces forages.

En terminant, la conception de ce dynamitage aurait été difficile, voire impossible, sans une étude de géologie structurale détaillée et l'utilisation d'outils graphiques pour traiter les données recueillies. Les résultats obtenus en confirment l'efficacité.

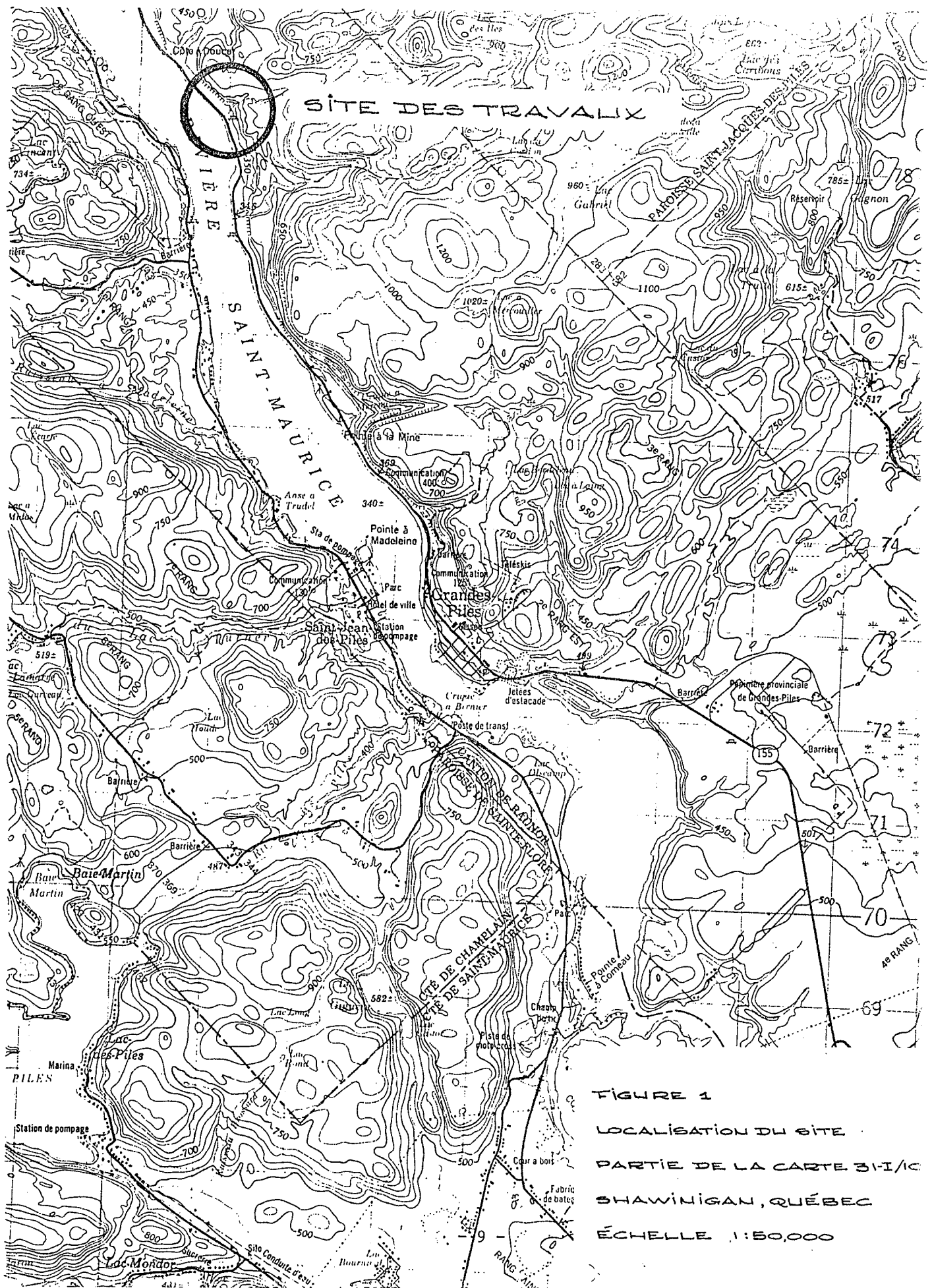


FIGURE 1  
 LOCALISATION DU SITE  
 PARTIE DE LA CARTE 3-I/10  
 SHAWINIGAN, QUÉBEC  
 ÉCHELLE 1:50,000

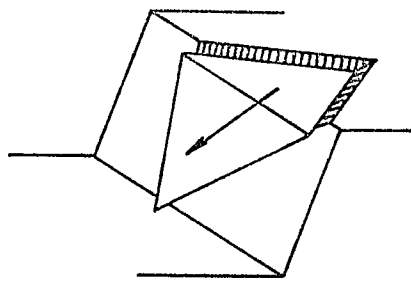


FIGURE 2 b) REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DE LA RUPTURE EN DIÈDRE

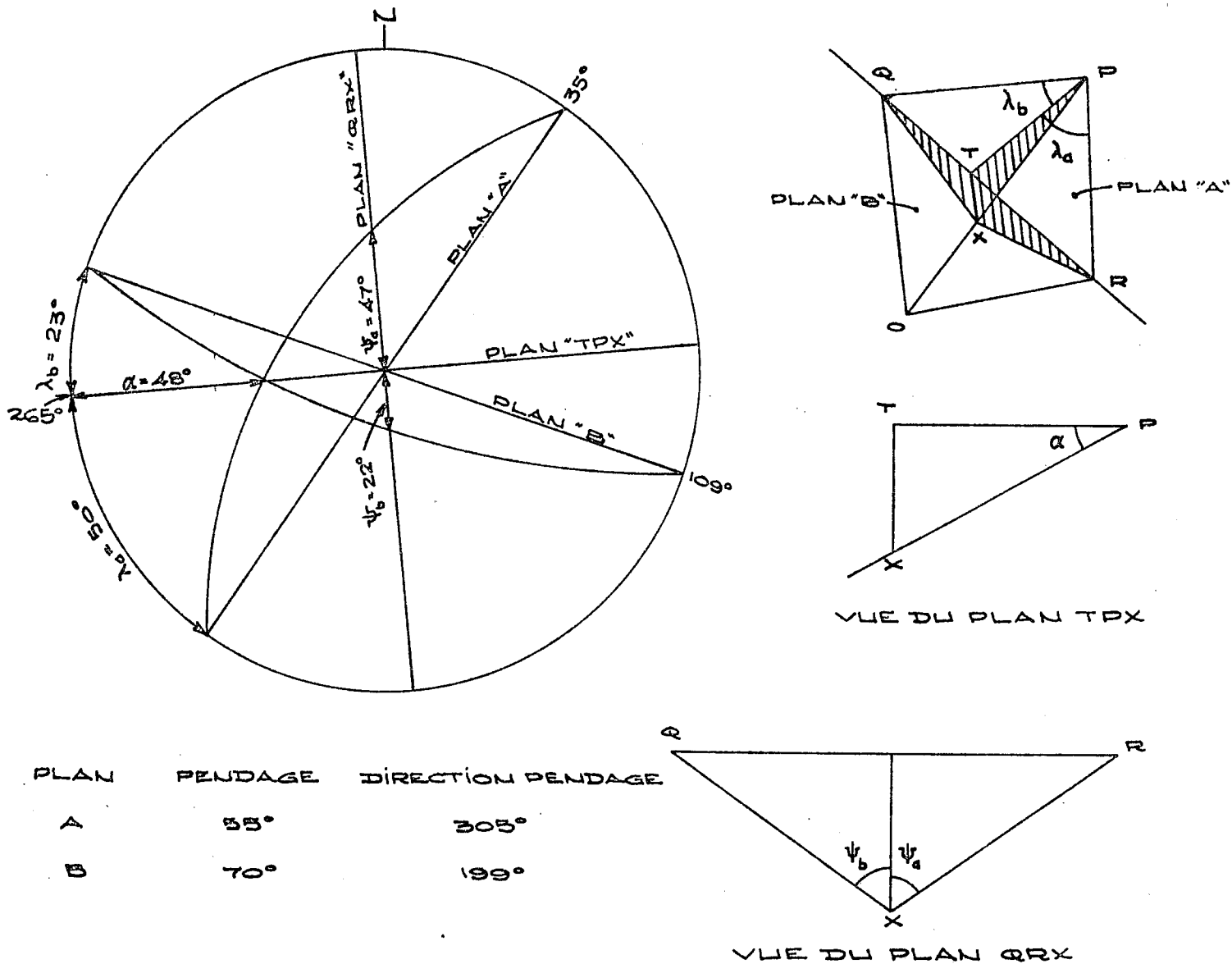


FIGURE 2 b) STÉRÉOGRAMME - DIÈDRE #10 GRANDES-PILES



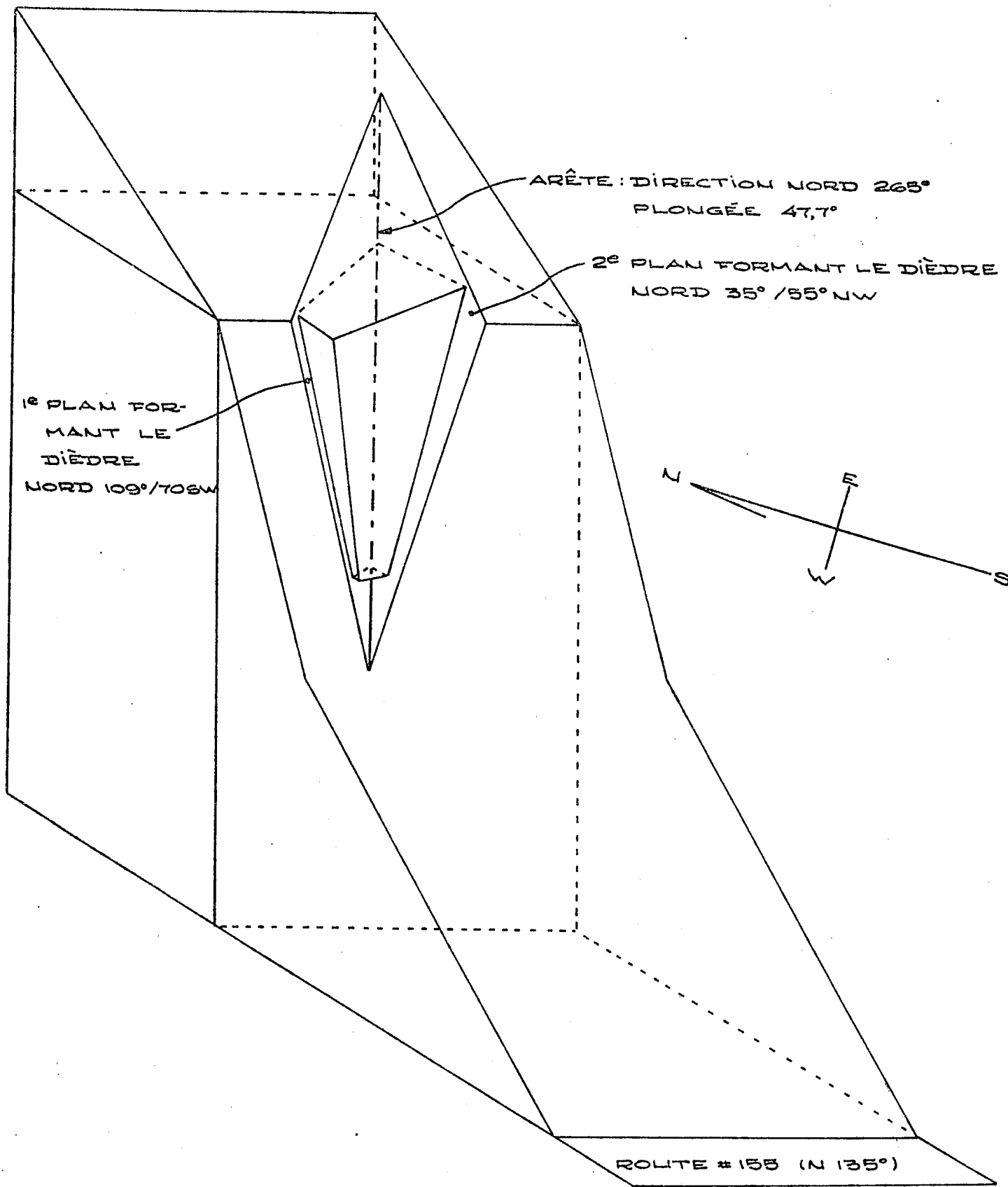
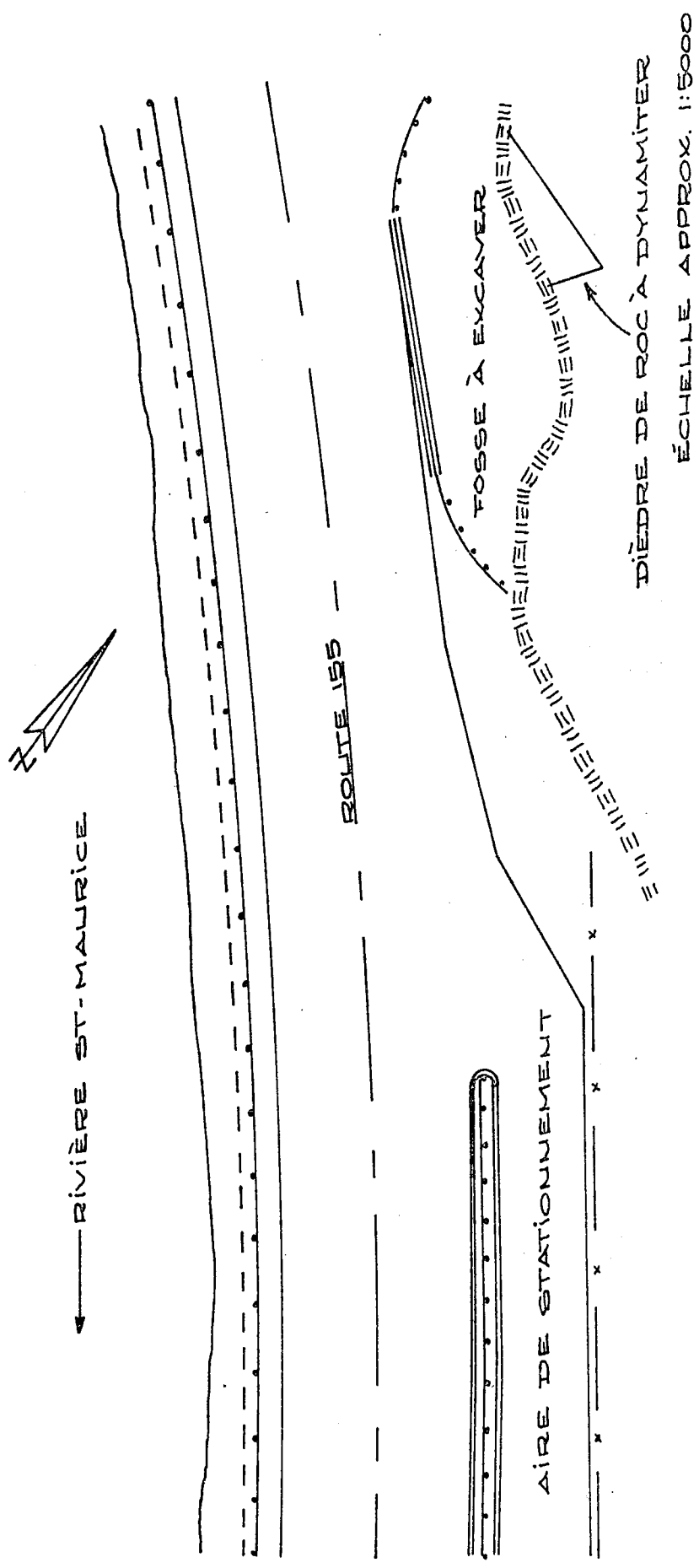


FIGURE 3 REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DU DIÈDRE



AIRE DE STATIONNEMENT

FIGURE 4: VUE EN PLAN, LOCALISATION DU DIÈDRE

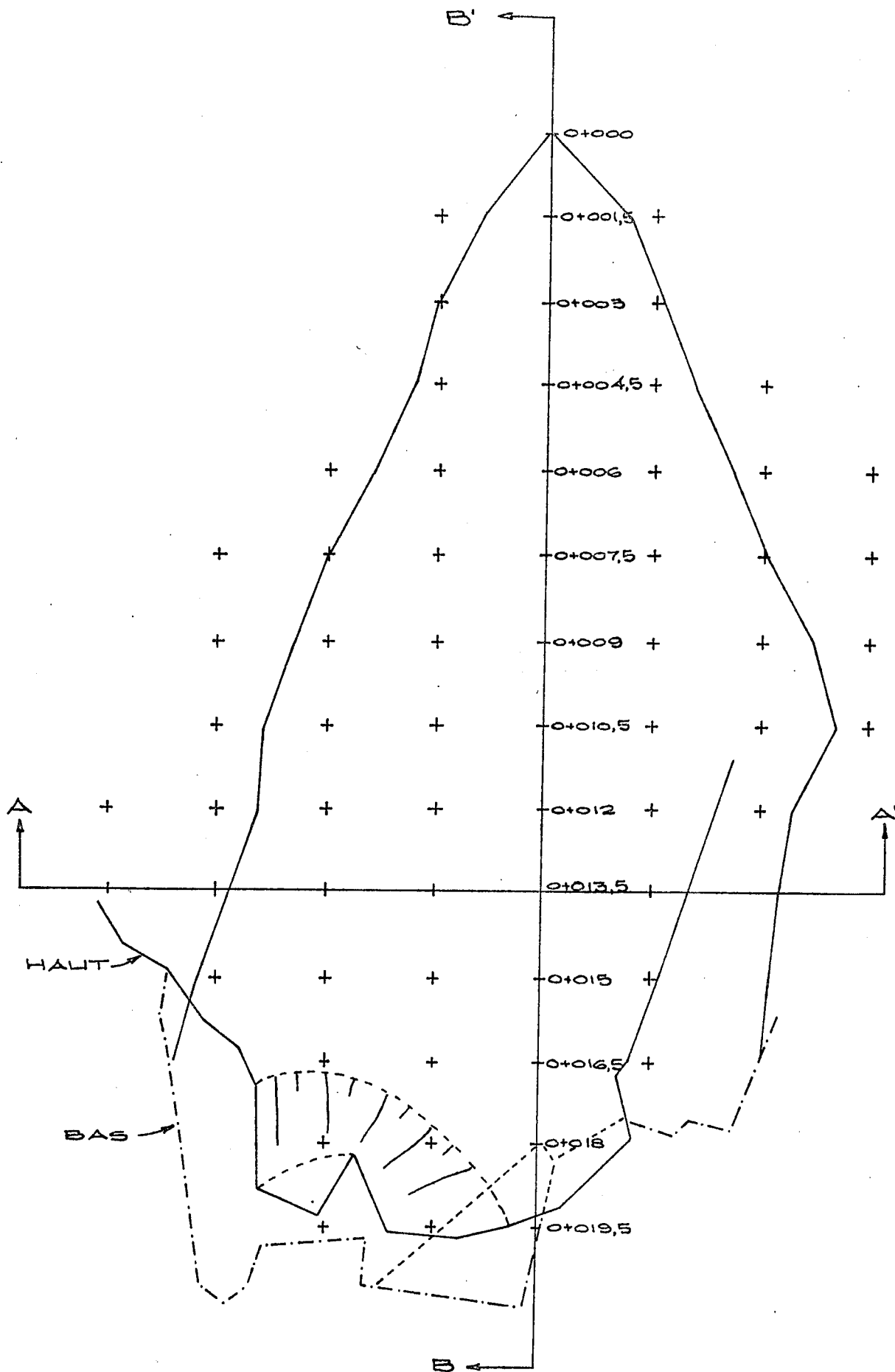


FIGURE 5 VUE EN PLAN DU DIÈDRE AVEC PATRON DE FORAGES PROPOSÉ.

LÉGENDE

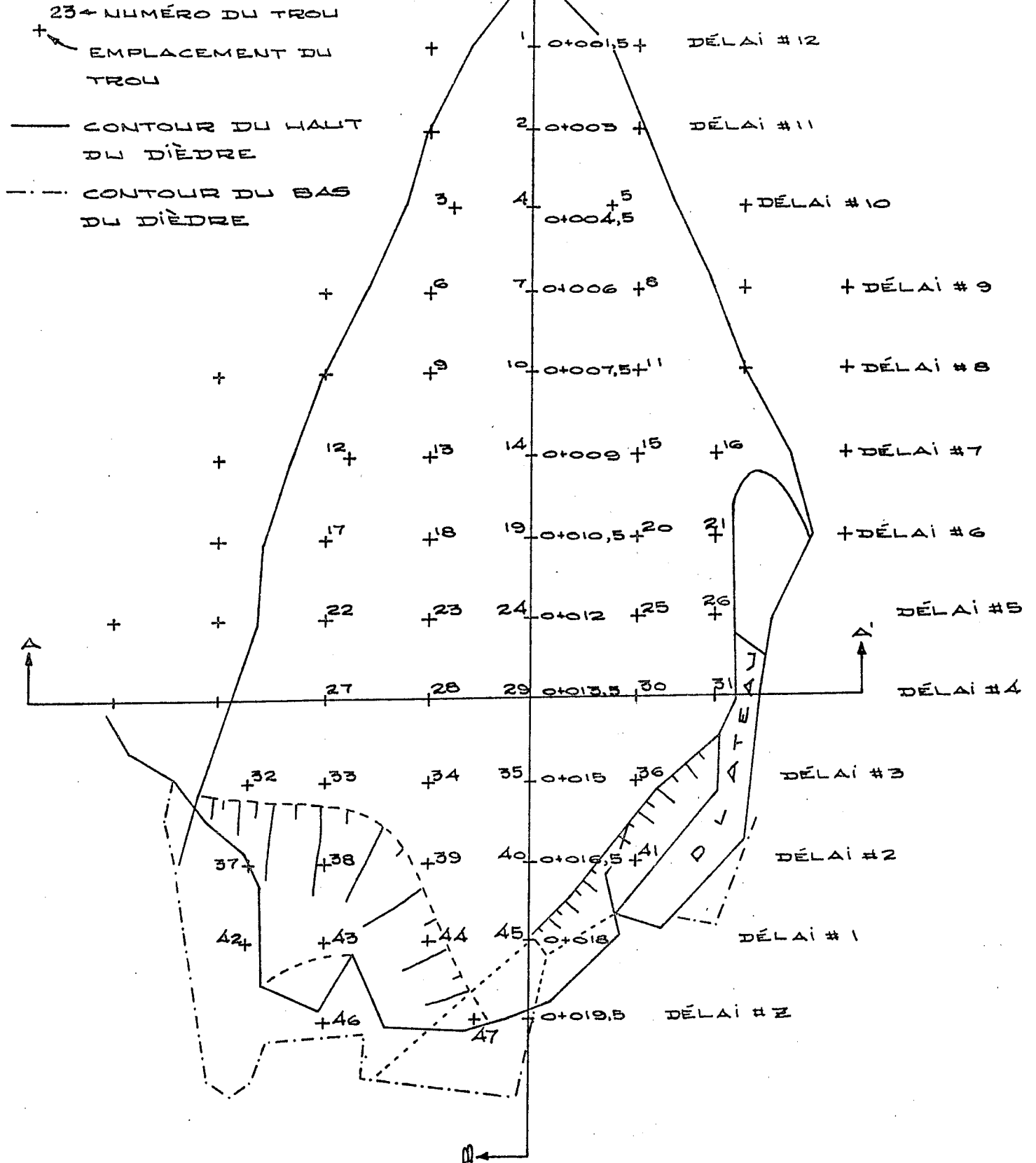


FIGURE 6 VUE EN PLAN, LOCALISATION ET NUMÉROTATION DES FORAGES AINSI QUE LA SÉQUENCE DE MISE À FELL.

COUPE A-A'  
SECTION CH. 0+013,5

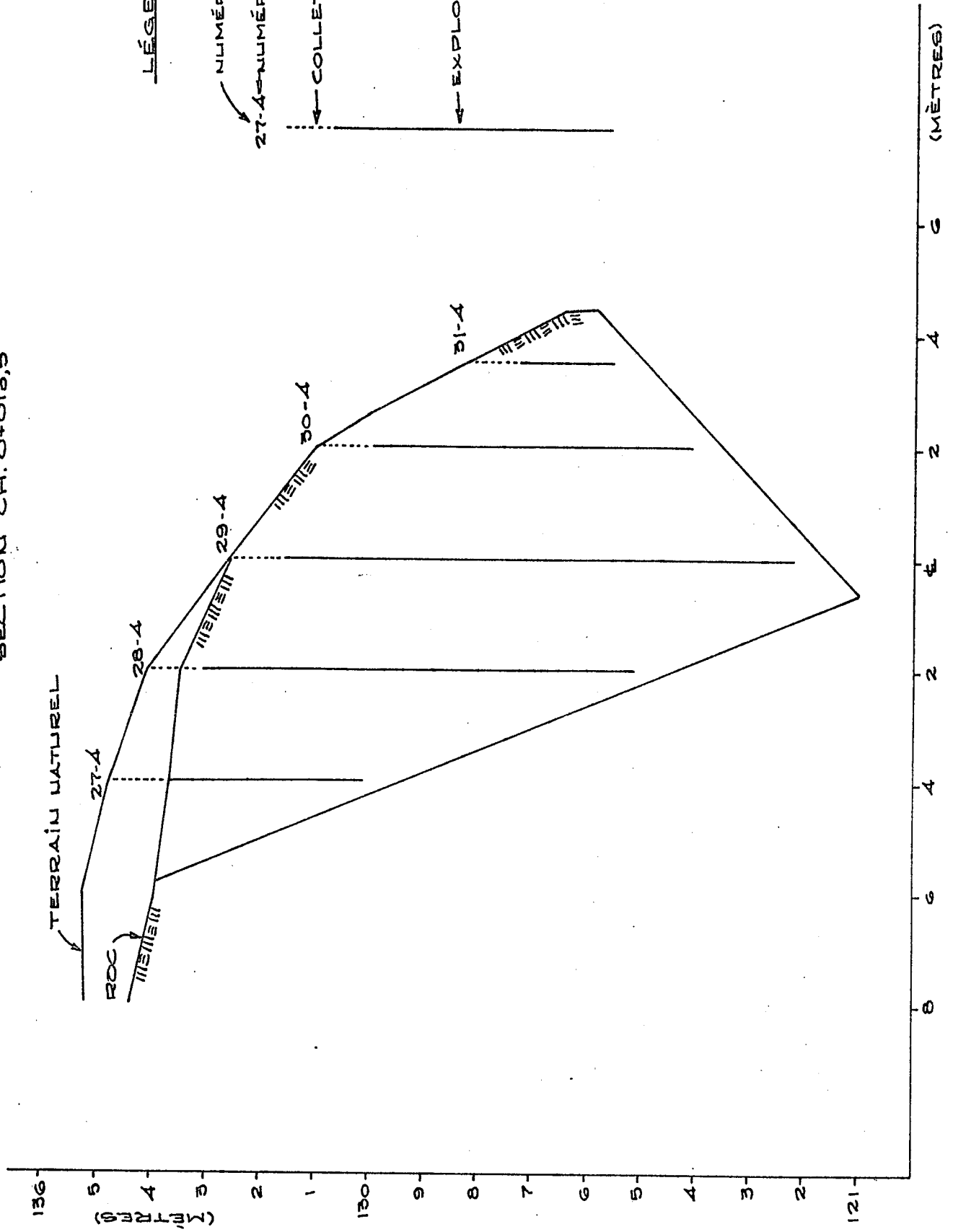


FIGURE 7 COUPE A-A': SECTION PERPENDICULAIRE À LA LIGNE DE BASE

COUPE B-B'

TERRAIN NATUREL

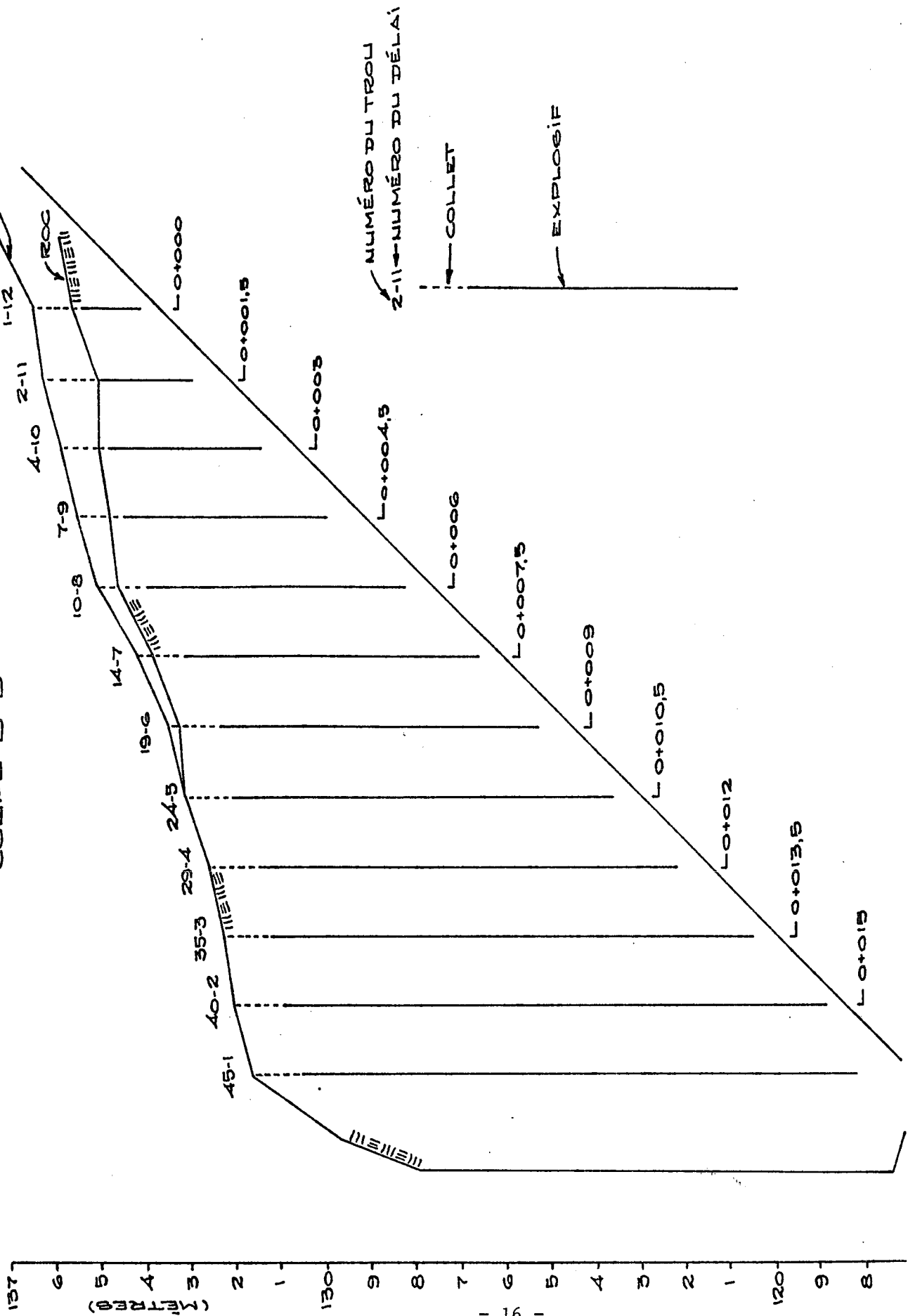


FIGURE B COUPE B-B': SECTION SELON LA LIGNE DE BASE

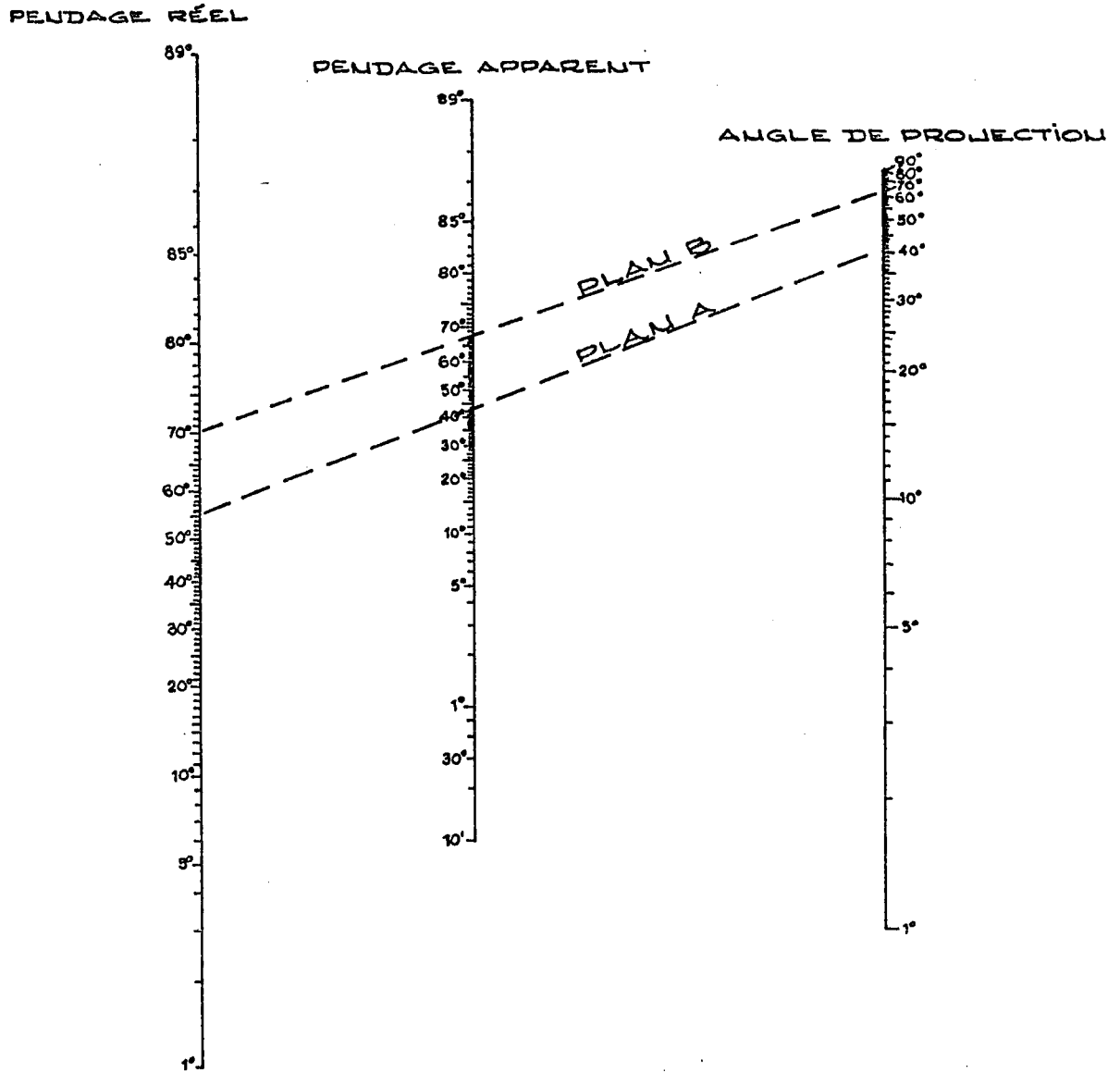


FIGURE 9 NOMOGRAMME POUR DÉTERMINER LE PENDAGE APPARENT

LÉGENDE

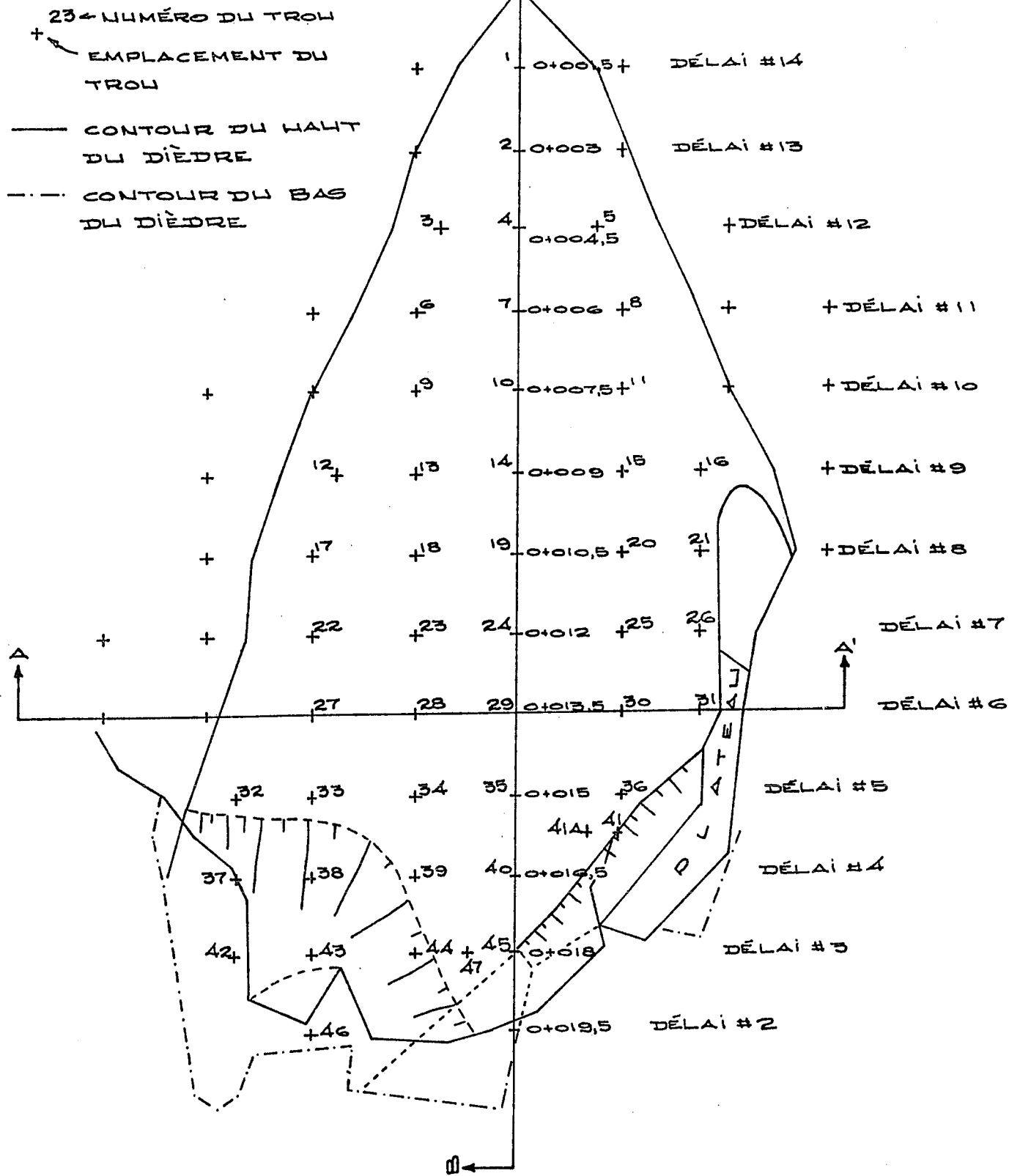


FIGURE 10 VUE EN PLAN, LOCALISATION ET NUMÉROTATION DES FORAGES AINSI QUE LA SÉQUENCE DE MISE À TELLESQUE RÉALISÉES.



## A N N E X E S

- Définition des déblais
- Tableau 1: données sur les forages et le chargement
- Photographies

## DEFINITION DES DEBLAIS

Les déblais de 2e classe comprennent tous les déblais qui ne sont pas des déblais de 1ère classe. Les déblais de 1ère classe comprennent le roc solide, les revêtements bitumineux, ainsi que, lorsqu'ils ont un volume supérieur à un mètre cube, les blocs de roc, les gros cailloux et les ouvrages massifs en béton, en pierre ou en maçonnerie fortement cimentés, tous fragmentés aux dimensions exigées au moyen d'explosifs, d'un équipement à percussion ou d'un brise-roches. Les sols gelés et les sols pierreux densément agglomérés sont exclus des déblais 1ère classe.

TABLEAU 1: DONNÉES SUR LES FORAGES ET LE CHARGEMENT

NO.	LOCALISATION (M)	ÉLÉVATION DU SOL (M) (2)	ÉPAISSEUR (M)		LONGUEUR TALE À FORER (M)	LONGUEUR COLLET (M)	LONGUEUR (M) / POIDS (kg) COLONNE DE CHARGEMENT			NUMERO DU RETARD
			MORT. TERRAIN	ROC			CHARGE DE FOND	CHARGE DE MONTÉE	TOTAL	
1	0+001,5 G	136,60	0,9	1,6	2,5	1,0	0,45/1,46	1,05/2,79	1,50/4,25	12
2	0+003 C	136,30	1,3	2,1	3,4	1,3	0,70/2,28	1,40/3,72	2,10/6,00	11
3	0+004,5 1.5 D	136,91	1,3	1,5	2,8	2,0	0,80/2,60	----	0,80/2,60	10
4	0+004,5 G	135,92	0,9	3,6	4,5	1,95	1,05/3,41	1,50/4,00	2,55/7,41	10
5	0+004,5 1.5 G	135,04	1,0	1,7	2,7	1,9	0,80/2,60	----	0,80/2,60	10
6	0+006 2.0 D	136,82	1,2	2,0	3,2	1,2	0,60/1,95	1,40/3,72	2,00/5,67	9
7	0+006 G	135,52	0,7	4,9	5,6	1,0	1,40/4,55	3,20/8,51	4,60/13,06	9
8	0+006 2.0 G	134,26	0,4	2,0	2,4	1,0	0,40/1,30	1,00/2,66	1,40/3,96	9
9	0+007,5 2.0 D	136,28	0,8	3,7	4,5	1,0	1,05/3,41	2,45/6,52	3,50/9,93	8
10	0+007,5 G	135,12	0,5	6,3	6,8	1,0	1,80/5,85	4,00/10,64	5,80/16,49	8
11	0+007,5 2.0 G	133,31	0,2	2,9	3,1	1,0	0,70/2,28	1,40/3,72	2,10/6,00	8
12	0+009 3.5 D	136,49	0,8	1,9	2,7	1,0	0,60/1,95	1,10/2,93	1,70/4,88	7
13	0+009 2.0 D	135,67	0,5	5,1	5,6	1,0	1,50/4,88	3,10/8,25	4,60/13,13	7
14	0+009 G	134,23	0,4	7,3	7,7	1,0	2,20/7,15	4,50/11,97	6,70/19,12	7
15	0+009 2.0 G	132,67	0,2	3,9	4,1	1,0	1,00/3,25	2,10/5,59	3,1/8,84	7
16	0+009 3.5 G	132,03	0,3	1,8	2,1	1,0	0,30/0,98	0,80/2,13	1,1/3,11	7

Revision du 87-09-24

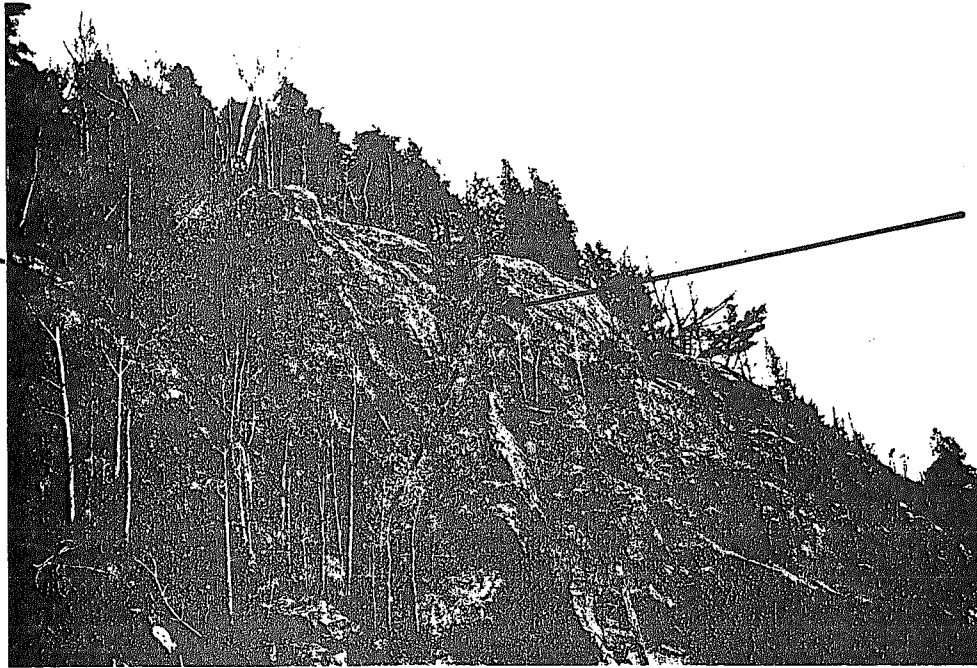
TABEAU 1: DONNÉES SUR LES FORAGES ET LE CHARGEMENT

NO.	LOCALISATION (M)	ÉLÉVATION DU SOL (M) (2)	ÉPAISSEUR (M)		LONGUEUR TALE À FORER (M)	LONGUEUR COLLET (M)	LONGUEUR (M)/POIDS (kg) COLONNE DE CHARGEMENT			NUMERO DU RETARD
			MORT. TERRAIN	ROC			CHARGE DE FOND	CHARGE DE MONTÉE	TOTAL	
17	0+010,5 4,0 D	135,78	0,9	1,7	2,6	1,0	0,60/1,95	1,00/2,66	1,60/4,61	6
18	0+010,5 2,0 D	134,85	0,7	5,9	6,6	1,0	1,80/5,85	3,80/10,11	5,60/15,96	6
19	0+010,5 Ø	133,45	0,2	8,0	8,2	1,0	2,40/7,80	4,80/12,77	7,20/20,57	6 (3)
20	0+010,5 2,0 G	132,04	0,5	4,4	4,9	1,0	1,30/4,23	2,60/6,92	3,90/11,15	6
21	0+010,5 3,5 G	131,45	0	2,8	2,8	1,0	0,60/1,95	1,20/3,19	1,80/5,14	6
22	0+012 4,0 D	135,21	1,2	2,0	3,2	1,2	0,70/2,28	1,30/3,46	2,0/5,74	5
23	0+012 2,0 D	134,42	0,8	6,7	7,5	1,0	2,10/6,83	4,40/11,70	6,50/18,53	5
24	0+012 Ø	133,09	0	9,6	9,6	1,0	2,80/9,10	5,80/15,43	8,60/24,53	5 (3)
25	0+012 2,0 G	131,25	0,4	5,4	5,8	1,0	1,60/5,20	3,20/8,51	4,80/13,71	5
26	0+012 3,5 G	130,25	0	3,3	3,3	1,0	0,70/2,28	1,60/4,26	2,30/6,56	5
27	0+013,5 4,0 D	134,66	1,1	3,6	4,7	1,1	1,20/3,90	2,40/6,38	3,60/10,28	4
28	0+013,5 2,0 D	134,08	0,6	8,4	9,0	1,0	2,60/8,45	5,40/14,36	8,00/22,81	4 (3)
29	0+013,5 Ø	132,54	0	10,5	10,5	1,0	3,10/10,08	6,40/17,02	9,50/27,10	4 (3)
30	0+013,5 2,0 G	130,81	0	6,9	6,9	1,0	1,90/6,18	4,0/10,64	5,90/16,82	4
31	0+013,5 3,5 G	130,00	0	4,5	4,5	1,0	1,00/3,25	2,5/6,65	3,50/9,90	4
32	0+015 5,5 D	134,43	0,3	2,2	2,5	1,0	0,50/1,63	1,00/2,66	1,50/4,29	3

TABLEAU 1: DONNÉES SUR LES FORAGES ET LE CHARGEMENT

NO.	LOCALISATION (M)	ÉLÉVATION DU SOL (M)	ÉPAISSEUR (M)		LONGUEUR TALE À FORER (M)	LONGUEUR COLLET (M)	LONGUEUR (M)/POIDS (kg) COLONNE DE CHARGEMENT			NUMERO DU RETARD
			MORT-TERRAIN	ROC			CHARGE DE FOND	CHARGE DE MONTÉE	TOTAL	
33	0+015 4,0 D	134,27	0,3	5,9	6,2	1,0	1,50/4,88	3,70/9,84	5,20/14,72	3
34	0+015 2,0 D	133,55	0	10,4	10,4	1,0	3,00/9,75	6,40/17,02	9,40/26,77	3 (3)
35	0+015 Ø	132,24	0	11,7	11,7	1,0	3,50/11,38	7,20/19,15	10,70/30,53	3 (3)
36	0+015 2,0 G	130,33	0	7,8	7,8	1,0	2,30/7,48	4,50/11,97	6,80/19,45	3
37	0+016,5 5,5 D	133,15	0	3,0	3,0	1,0	0,70/2,28	1,30/3,46	2,00/5,74	2
38	0+016,5 4,0 D	132,79	0	6,4	6,4	1,0	1,80/5,85	3,60/9,58	5,40/15,43	2
39	0+016,5 2,0 D	132,66	0	11,3	11,3	1,0	3,40/11,05	6,90/18,35	10,30/29,40	2 (3)
40	0+016,5 Ø	131,72	0	12,9	12,9	1,0	4,00/13,00	7,90/21,01	11,90/34,01	2 (3)
41	0+016,5 2,0 G	129,29	0	8,6	8,6	1,0	2,50/8,13	5,10/13,56	7,60/21,69	2 (3)
42	0+018 5,5 D	131,58	0	2,9	2,9	1,0	0,50/1,63	1,40/3,72	1,90/5,35	1
43	0+018 4,0 D	131,09	0	6,2	6,2	1,0	1,70/5,53	3,50/9,31	5,20/14,84	1
44	0+018 2,0 D	131,38	0	11,5	11,5	1,0	3,50/11,37	7,00/18,62	10,50/29,99	1 (3)
45	0+018 Ø	131,13	0	13,0	13,0	1,0	4,00/13,00	8,00/21,28	12,0/34,28	1 (3)
46	0+019,5 4,0 D	129,69	0	6,2	6,2	1,0	1,00/3,25	1,9/5,05	2,9/8,30	Z
47	0+019,5 1,0 D	130,28	0	12,2	12,2	1,0	3,70/12,03	7,50/19,95	11,2/31,98	Z (3)
TOTAL	-----	-----	18,40	268,20	286,60	50,65	77,35/251,47	156,30/415,74	233,65/667,21	-----

Plan "B"  
N109°/70°SW



Plan "A"  
N35°/55°NW

Photo 1: Vue du dièdre à excaver



Photo 2: Vue des faces d'excavation suite au dynamitage

Photo 3: Forage d'un trou en  
périphérie du dièdre

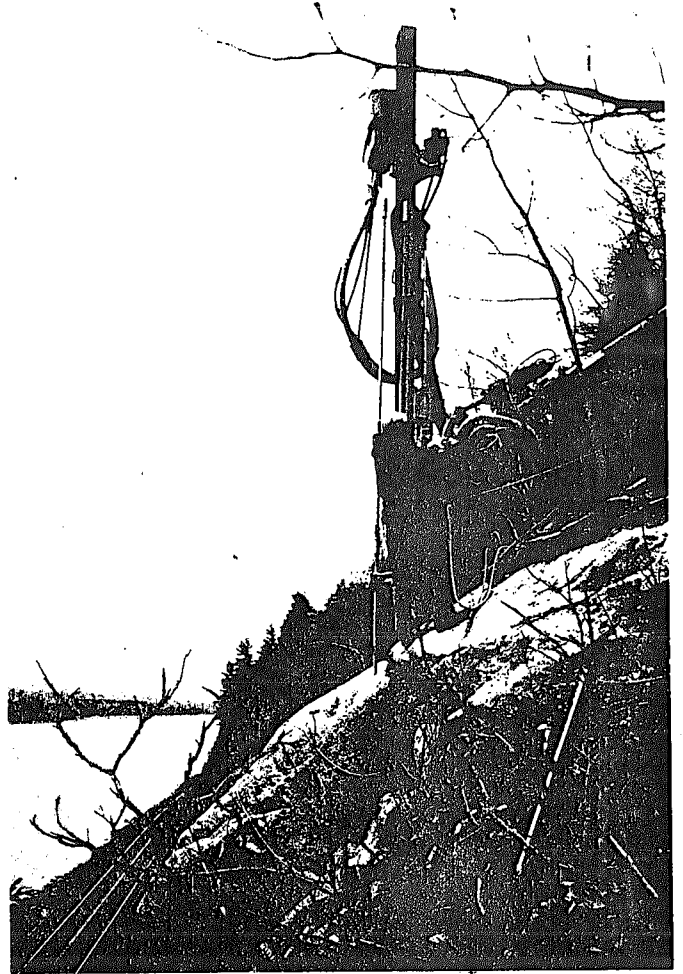
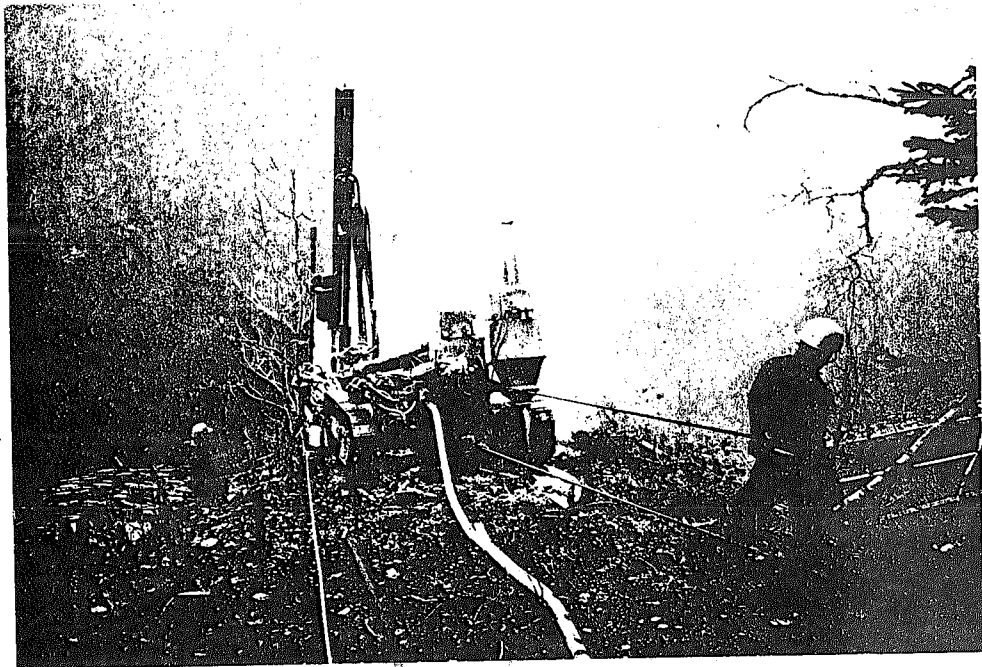


Photo 4: Vue du dessus du dièdre. La foreuse était retenue par deux  
câbles d'acier.



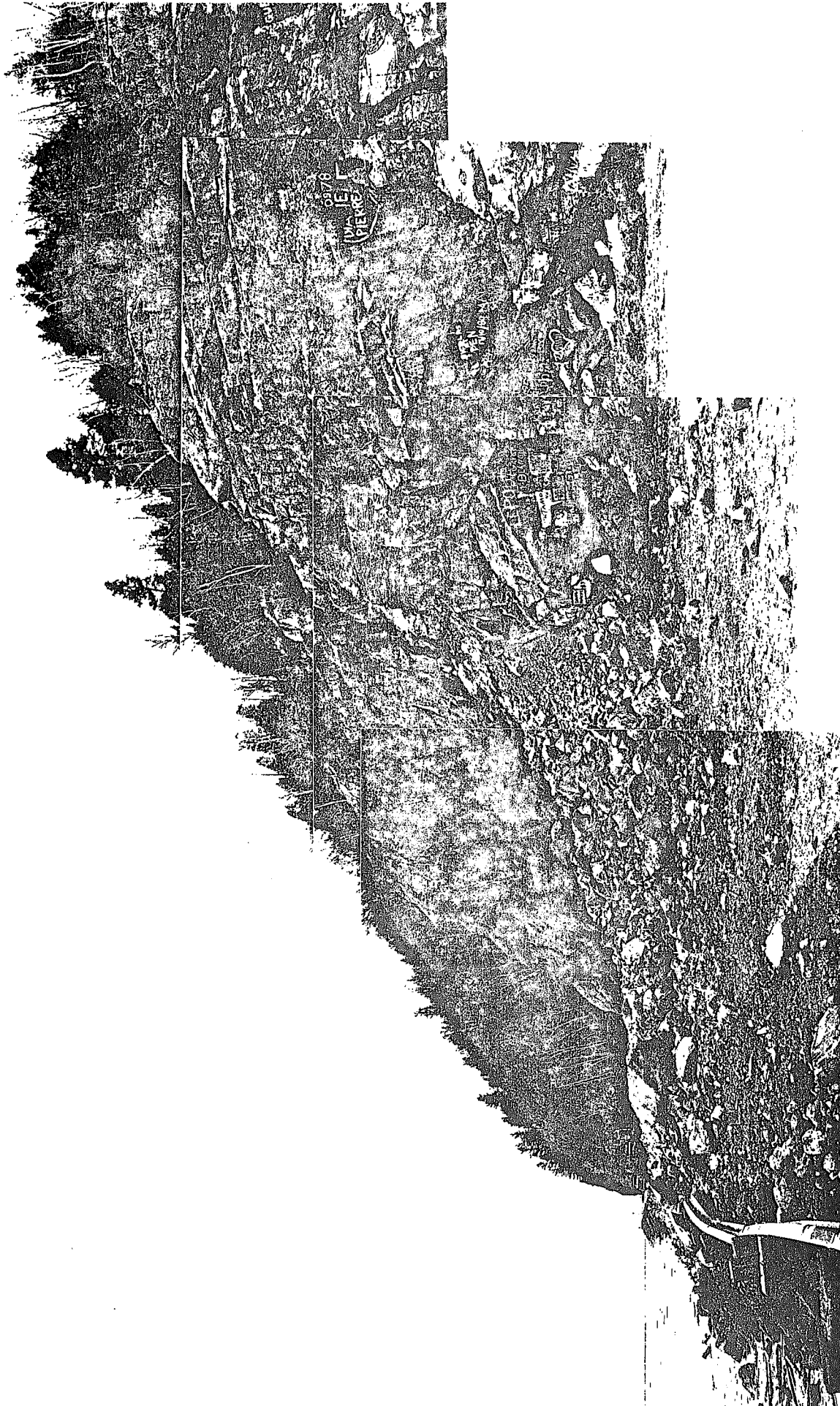


Photo 5: Profil du tas de roc dynamité



## BIBLIOGRAPHIE

- Béland, J., 1961. Rapport géologique 97. Région de Shawinigan, comtés de Saint-Maurice, Champlain et Lavolette. Ministère des richesses naturelles, Québec, 59 p., 24,5 cm.
- Canmet 1977. Pit Slope Manual, chapter 6, Mechanical Support. Energie, mines et ressources Canada, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Canmet Report 77-3, 111 p., 28 cm.
- Canadian Industries Limited, 1971. Manuel des explosifs, 3e édition française. Division des explosifs, Montréal, Québec, 546 p., 19 cm.
- Drolet, A., 1985. Instabilité talus rocheux route 155, tronçon 03, section 100 ch. 198+00 à 201+00, secteur Grandes Piles. Rapport interne, Service des sols et chaussées, Ministère des transports du Québec, 21 p., 28 cm.
- Drolet, A., 1986. Instabilité talus rocheux, travaux correctifs, route 155, tronçon 03, section 100, blocs nos 11 et 12, dièdre 10, secteur Grandes Piles. Rapport interne, Service des sols et chaussées, Ministère des transports du Québec, 14 p., 28 cm.
- Dupont, 1977. Le manuel des explosifs, édition du 175e anniversaire. Section des Services techniques, Division des explosifs, E.I. du Pont de Nemours et Co.(Inc.), Wilmington, Delaware 19898, U.S.A., 582 p., 20 cm.
- Gustafsson, R., 1973. Swedish Blasting Technique. SPI, Gothenburg, Sweden, 328 p., 22,5 cm.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1977. Rock Slope Engineering, revised second edition. The institution of Mining and Metallurgy, London, 402 p., 29,5 cm.
- Mathieu, J.M. et Drolet, A., 1977. Etudes et méthodes d'exécution des coupes de roc. Routes et Transports numéro 19, Association Québécoise du Transport et des Routes Inc., pp. 22-41, 28 cm.
- Panet, M., Fourmaintraux, D., Gaudin, B., Ricard, A., Rochet, L., Rotheval, J.P., 1976. La mécanique des roches appliquée aux ouvrages du génie civil. Association Amicale des Ingénieurs Anciens Elèves de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 235 p., 29,5 cm.