

LES SONDAGES	2
OBJECTIFS	2
ÉTAPES A SUIVRE	2
LE FORAGE AU DIAMANT	3
<i>Valeurs typiques :</i>	7
DÉVIATIONS DU TROU DE FORAGE.....	8
RÔLE DU GÉOLOGUE	11
<i>Détermination de l'orientation du trou</i>	12
<i>Récupération de la carotte</i>	13
<i>Rangement des carottes</i>	13
<i>Description (Logging) de la carotte</i>	14
<i>Évaluation du taux de récupération</i>	15
<i>RQD: Rock quality designation</i>	15
<i>Relevé de la direction et de l'inclinaison des trous</i>	16
<i>Méthodes de mesure de déviation en quasi-continu:</i>	17
<i>Orientation des carottes</i>	18
CONSTRUCTION GRAPHIQUE (SECTIONS DES SONDAGES)	18
<i>Exemple numérique</i>	19
RÉGULARISATION (« COMPOSITING »)	20
AUTRES MÉTHODES DE FORAGE :	22
<i>Forage par circulation inversée</i>	22
<i>Forage "sonique" (mort-terrain)</i>	23
EXEMPLE DE CONTRAT DE FORAGE ENTRE UNE COMPAGNIE D'EXPLORATION ET UNE COMPAGNIE DE FORAGE	23

LES SONDAGES

Ces notes sur les sondages ne sont que des jalons pour introduire des notions élémentaires pratiques sur les opérations de forage et sur l'utilisation des données. Le livre de Peters (p. 431-460) expose les notions importantes pour l'exploration, mais les données techniques se retrouvent dans les documents suivants:

Cumming, J.D. and Wicklund, A.P., 1985. Diamond Drill Handbook. Publié par J.K. Smit, Toronto (première ed. 1956). Reedmann, (op. cit.) ch. 7, p. 322-374.

Gagné, Simons, Lavoie, Cours de recyclage en forage au diamant. Préparé par Inspiration Drilling (date inconnue).

Ces documents s'adressent surtout aux foreurs, mais peuvent aussi être d'une grande utilité pour l'ingénieur ou le géologue qui a la responsabilité de commander le forage, décider du lieu d'implantation et de son orientation en fonction de l'attitude des formations, de faire la surveillance des travaux et l'analyse des résultats.

Une référence très détaillée portant plus spécifiquement sur le travail de l'ingénieur géologue en lien avec les sondages est le « Engineering geology field manual » publié par le USBR (2e édition en 1998 pour le volume 1 et 2001 pour le volume 2) et disponible à l'adresse :

<http://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/geologyfieldmanual.html> . Voir en particulier les chapitres 5, 8, 10, 14 portant sur différents aspects des sondages.

OBJECTIFS

Les sondages d'exploration sont un outil indispensable pour 1- la recherche des gisements, mais aussi pour 2- une meilleure connaissance du socle rocheux en général.

Lorsqu'on lisait dans le Northern Miner en 1981 l'avancement des travaux de forage sur la propriété Ansil de Falconbridge, on avait l'impression que les recherches tournaient autour d'une cible bien identifiée. Quelles sont les étapes à suivre pour arriver à la détermination d'une telle cible?

On estime que sur 25000 claims seulement 500 seront forés et un seul gisement sera trouvé (source : J. de la Vergne, Hard Rock Miner's Handbook, p. 2)

ÉTAPES A SUIVRE

En réalité, les forages commencent bien avant qu'une cible soit en vue, les différentes étapes où des forages peuvent entrer en ligne de compte sont exposées dans Peters (p. 431).

- a) Orientation des recherches: (premier indice) des forages ont pu avoir déjà été faits dans la région pour des minéraux, pétrole, eau... Si les carottes, logs ou coupes de sondage sont disponibles, c'est une première information pour orienter les travaux.
- b) Reconnaissance: forages faits pour établir des coupes stratigraphiques ou des informations lithologiques. Spécialement dans des régions de gisements stratiformes.
- c) Investigation de région cible: les informations souterraines renseignent sur la structure, la stratigraphie, le zonage et servent de points d'interprétation des données géophysiques.

- d) Vérification des cibles: le forage montre la présence ou l'absence de minéralisation. Si des indices encourageants sont révélés, la cible devient un prospect.
- e) Évaluation: la minéralisation est délimitée et échantillonnée pour déterminer son tonnage, sa teneur et évaluer s'il s'agit d'un gisement.
- f) Préproduction: Le prospect s'achemine vers l'étape de la mine. D'autres forages délimitent mieux le gisement. On procède au calcul des réserves, aux investigations géotechniques et métallurgiques et on planifie le cheminement du développement éventuel de la mine.
- g) Mine: les forages se poursuivent pour délimiter des blocs supplémentaires (sous la direction de l'ingénieur minier et du géologue) et pour obtenir les informations pour planifier l'implantation de la mine.
- h) Production ou cul-de-sac: Si les réserves délimitées sont insuffisantes pour les conditions du marché, on aboutit à un cul-de-sac.

Les premières informations peuvent être de vieux *logging* (description des forages et des carottes) dans la région ou des carottes d'une autre compagnie qui sont réexaminées en fonction d'un nouveau modèle. Ainsi, Peters (p. 432) rapporte que le réexamen de carottes de forage par Lowell a conduit à la découverte d'un des plus importants gisements de cuivre en Amérique du Nord (Kalamazoo en Arizona). Les carottes de quatre forages passaient de la zone d'altération à propylite à la zone à quartz et séricite et un cinquième montrait une faible minéralisation en cuivre. Les forages avaient été arrêtés au seuil du gisement.

LE FORAGE AU DIAMANT

La figure suivante expose schématiquement le montage d'un équipement de forage. On y remarque les parties suivantes:

- Le chevalement
- La foreuse et son moteur
- La pompe à eau
- Le treuil pour remonter les tiges
- Le tubage (*casing*) dans le mort-terrain

Description sommaire:

La foreuse au diamant est un instrument qui coupe une carotte par rotation et pression à l'aide d'une couronne diamantée.

- a) La couronne (bit): accessoire serti de diamants individuels d'environ 1 mm dans un matériel résistant à l'érosion, ou de petit diamants synthétiques répartis dans une matrice qui s'use graduellement et dégage des diamants neufs. La couronne imprégnée est utilisée habituellement pour des roches dures et à grain fin.

Remarques :

- i) Dans les deux cas (couronne de surface ou imprégnée), la taille des diamants et la nature de la matrice qui les retient sont choisis en fonction de la dureté de la roche. Plus la roche est dure et plus les diamants seront petits, et la matrice sera molle. Inversement, plus la roche est molle et plus les diamants seront gros et la matrice dure. En effet, dans une roche dure, les diamants

s'usent plus rapidement et il faut en dégager de nouveaux rapidement (d'où matrice molle). Dans une roche molle, les diamants s'usent lentement et la matrice doit résister longtemps à l'abrasion causée par les fragments brisés de la roche avant de dégager de nouveaux diamants.

- ii) Typiquement, dans une couronne imprégnée, 25% du volume est composé de diamants et 75% de la matrice. Les diamants ont un poids approximatif de $2 \cdot 10^{-4}$ g à $2 \cdot 10^{-3}$ g (1/1000 à 1/100 de carat, 1 carat=0.2 g). Pour une couronne avec diamants sertis en surface, le poids varie de $2 \cdot 10^{-3}$ g à $6 \cdot 10^{-2}$ g.
- iii) Une fois la vie utile de la couronne atteinte, les diamants restants peuvent être récupérés (dissolution à l'acide de la matrice). Pour l'essentiel, seules les couronnes avec diamants sertis sont récupérées. Les couronnes à diamants imprégnés sont utilisées jusqu'à usure complète.

b) Manchon aléueur (reaming shell): plaquettes ou bagues diamantées qui stabilisent l'outil de forage et maintiennent la section du trou.

c) Le carottier: réceptacle de carottes vissé sur la couronne.

Carottier simple: tube (de 1.5m à 9m) qui prolonge le corps de la couronne et sert de réceptacle

Carottier double: tube intérieur, monté sur roulements, sert de réceptacle immobile de la carotte. Le tube extérieur tourne en entraînant la couronne. Le carottier, qui a généralement 10' ou 3 m, doit être remonté lorsqu'il est rempli. Lorsque les trous sont profonds, la manoeuvre est longue.

Carottiers à câble (Wire-line): Ce carottier est comme un ascenseur dans la cage. La cage est une tige dont le diamètre intérieur est égal au diamètre extérieur du carottier. Pendant le forage, le tube intérieur du carottier est verrouillé dans le tube extérieur. Quand la passe est terminée, le tube est déverrouillé et remonté avec un grappin manoeuvré par un petit câble métallique, entraîné par un treuil rapide.

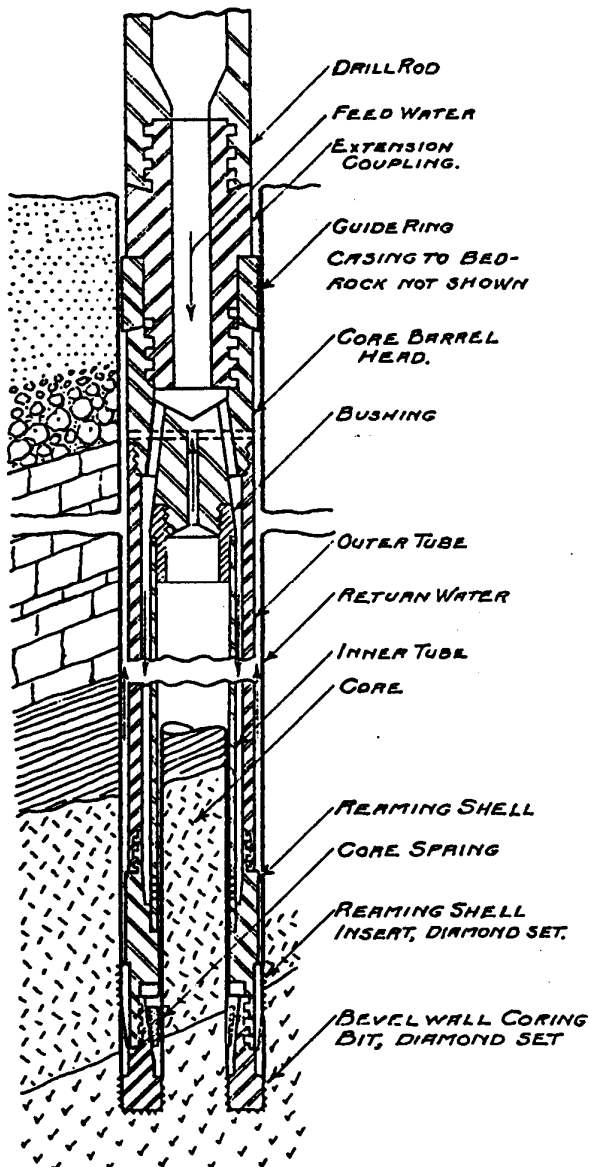


Figure 3.1: Coupe d'un carottier

Dans les carottiers double et à câble, l'eau circule à l'extérieur du carottier interne. Lorsque le carottier interne est plein ou lorsque la carotte coince, une pression s'exerce sur le carottier interne qui empêche l'eau de circuler. L'augmentation de pression qui en résulte est immédiatement détectée en surface par les foreurs qui arrêtent alors le forage et remontent le carottier.

Le carottier à câble a les caractéristiques suivantes:

Procédé très rapide

Stabilité du trou pendant la récupération

Les carottes ont un diamètre plus petit (BQ 36=mm; BX=42 mm)

Des carottiers de 20' sont aussi disponibles

Plus dispendieux à l'achat et au fonctionnement, en particulier, les couronnes sont plus épaisses.

En terrain friable, on peut utiliser la série Q3 qui comporte un tube interne fendu supplémentaire en acier inoxydable. Dans ce cas, la carotte est encore réduite (BQ3=33,5 mm).

d) Nomenclature des couronnes

La figure 3.3 illustre la nomenclature et la dimension des carottes fournies par divers types de couronnes et les dimensions internes et externes des tubages correspondants. La signification des lettres utilisées est la suivante:

X = indique la série des tubes standards

Q ou W = indique la série des tubes de carottier à câble (*Wire-line*)

E, A, B = indique la grosseur du trou

Nom	Diamètre du trou (mm)	Diamètre des carottes (mm)
AQ	48	27
BQ	60	36
NQ	76	48
HQ	96	63
PQ	123	84

Note : de nos jours, les forages de calibre AQ et BQ ne sont pratiquement plus utilisés. Le calibre le plus courant est le NQ. Les diamètres supérieurs sont utilisés pour obtenir plus de matériau pour des tests métallurgiques par exemple.

Les tiges de forage correspondantes sont :

TIGES DE FORAGE (**Fordia**)

GROSSEUR	DIA. EXT.	DIA. INT.	DIA. EXT.	DIA. INT.	Poids d'une tige de 10 pi		Vol. par 100 pi	
	mm	mm	pouce	pouce	kg	livre	litre	gallon
AWL	44,5	34,9	1,752	1,374	13,9	31,0	29,2	6,4
BWL	55,6	46,0	2,189	1,811	18,0	40,1	50,7	11,1
NWL	69,9	60,3	2,752	2,374	23,4	50,4	87,1	19,1
HWL	88,9	77,8	3,500	3,063	34,4	76,8	144,9	31,9
PWL	117,5	103,2	4,626	4,063	47,2	102,4	255,0	56,1
ATW	44,5	36,8	1,752	1,449	12,0	25,0	32,4	7,1
BTW	56,5	48,8	2,224	1,821	15,4	34,0	51,2	11,3
NTW	73,0	64,3	2,874	2,531	22,6	50,0	98,9	21,8
AWLTK	44,5	37,4	1,750	1,470	11,0	24,2	33,4	7,3
BWLTK	55,5	48,4	2,168	1,930	11,0	34,0	57,5	12,7

source : www.fordia.com

e) Le Tubage (casing)

Si le trou de forage commence dans le mort-terrain, il faut placer un tubage (casing) qui protège le collet du trou, empêche le gravier ou le sol de tomber dans le trou et sert de sortie d'eau. Si le forage est dans le gravier, la pose du tubage est lente et dispendieuse. Il est donc important d'avoir au départ une idée de la profondeur du mort-terrain.

Si le tubage est mal scellé au socle rocheux, le sable qui glissera dans le trou usera les tiges et endommagera les couronnes diamantées. De plus, l'eau reviendra à l'extérieur du tubage augmentant la coulée du mort-terrain à l'intérieur du trou. Ces détails sont cependant la responsabilité du foreur.

2 techniques sont principalement utilisées dans le mort-terrain :

- Circulation inversée : L'eau circule entre le tubage et les tiges et remonte à l'intérieur du train de tiges entraînant les fragments.
- Méthode Morissette (en-double) : Le tubage équipé d'un sabot diamanté suit en retrait (2cm) le train de tiges équipé d'une couronne. Une boue de forage est utilisée. Le roc atteint, le tubage est ancré sur 1m dans le roc sain puis les tiges poursuivent leur progression.

f) Approvisionnement en eau

Les coûts du forage sont reliés à la proximité des sources d'eau. Il faut donc s'assurer d'un point d'eau à proximité du forage capable de fournir environ 300 gallons d'eau à l'heure (20 litres/minute). Si l'eau est recirculée, on peut se contenter de 200 gallons (900 litres) par jour. Si l'eau est proche et abondante, on peut opérer une foreuse tout l'hiver. Quand la température est froide, on chauffe l'eau au moyen de gaz propane pour éviter qu'elle ne gèle. Si la pompe arrête en hiver, il faut remonter immédiatement les tiges pour éviter de les figer dans le trou.

Le rôle de l'eau est d'empêcher les diamants de la couronne de brûler ou de se polir, permettre aux boues de sortir du trou et empêcher la carotte de coller dans le tube carottier.

- Quand le carottier est plein, l'eau est bloquée instantanément.
- Dans le roc fracturé, un fragment peut bloquer l'eau; il faut alors arrêter le forage, sinon on brûle la couronne.
- Dans les roches friables, comme dans les sulfures massifs, la progression doit être lente pour avoir une bonne récupération de la carotte.

Le manque d'eau a pour effet de :

- mauvaise évacuation des débris
- surchauffe de la couronne et usure prématurée
- mauvaise récupération

L'excès d'eau a pour effet de :

- éroder les parois du trou ce qui peut augmenter les déviations
- mauvaise récupération

Valeurs typiques :

Quantité d'eau	20 l/min
Pression d'eau	300 à 900 lb/po ² selon la profondeur
Vitesse de rotation des tiges	1000-1400 t/min
Pression exercée sur la couronne ¹	100-200lbs/po ² (idéalement 125)
Calibre des échantillons	NQ (48 mm)
Type de couronne	À diamants imprégnés
Taux de récupération	100%
Type de foreuse	À câble, moteur diesel, hydraulique, sur traîneau, déplacement par chenillard
Taux d'avancement	80 m/j (BQ, 0-400m)
Coût	160 \$/m en 2011; 140\$/m en 2015

¹La pression 100 lb/po² correspond au poids de moins de 20 m de tiges. Au delà de cette profondeur, la foreuse retient les tiges.

Déviations du trou de forage¹

Les trous de forage peuvent dévier de leur position d'entrée en direction et en inclinaison. Pour les forages au diamant, généralement cette déviation s'effectue vers le haut et vers la droite. Singh, reconnaît 5 familles de causes pouvant expliquer les déviations pour les trous de sautage (l'essentiel de ses résultats s'applique également aux trous d'exploration au diamant) :

1- Paramètres de forages :

- a) diamètre du trou (des trous plus larges dévient moins)
- b) longueur du trou (des trous courts dévient moins)
- c) inclinaison du trou (forages verticaux dévient moins)

2- L'équipement utilisé :

- a) condition et type de foreuse
- b) caractéristiques et conditions du train de tiges (par exemple, l'utilisation de tiges plus petites que le trou de forage favorise les déviations).
- c) les raccords de tiges
- d) type et condition de la couronne (une couronne usée augmente les déviations; ceci peut se produire en particulier pour les forages « wireline » où l'on utilise la couronne jusqu'à la limite)

3- Paramètres fixés par les opérateurs

- a) poussée et torque (déviations augmentent avec la poussée dans des roches molles)
- b) vitesse de rotation (déviations augmentent avec la vitesse de rotation, surtout dans des roches molles)
- c) taux de pénétration (roches molles, voir a) et b); roches dures : déviation augmente avec l'écart par rapport au taux critique de pénétration pour la roche considérée).
- d) fluide d'évacuation des débris

4- Caractéristiques de la roche

- a) structure (joints, failles, surtout pour les roches dures).
- b) résistance (les roches molles occasionnent de plus grandes déviations que les roches dures).
- c) variations de résistance. À l'interface entre deux roches de résistance différentes, il se produit un phénomène analogue à la « réfraction » de la lumière entre deux milieux d'indices de réfraction différents. L'angle d'incidence (angle mesuré entre le plan et le forage) est plus fort dans la roche la plus dure. Ainsi, en passant d'une roche dure à une roche molle, l'angle d'incidence diminue. Inversement, en passant d'une roche molle à une roche dure, l'angle d'incidence augmente. Les déviations sont toutefois plus grandes lors du passage d'une roche molle à une roche dure que l'inverse. En effet, lors du passage d'une roche dure à une roche molle, la roche dure agit comme un frein à la déviation. Donc dans des roches stratifiées, présentant une alternance de roches dures et roches molles, le forage aura tendance à devenir normal à la stratification. Toutefois, lorsque l'angle d'incidence est très faible (5-10 degrés) le forage a tendance plutôt à devenir parallèle à la stratification.
- d) anisotropie de la roche (des roches montrant des résistances anisotropes favorisent les déviations ex. schistes métamorphiques avec fortes foliations vs schistes. Dans le cas particulier des roches montrant une forte foliation, la pression exercée sur la roche par la foreuse tend à provoquer des fissures qui s'orientent perpendiculairement au plan des foliations. Ces fissures constituent une zone de faiblesse favorisant le passage de la couronne. Le forage aura donc tendance à devenir perpendiculaire à la foliation).

¹ Voir : S.P. Singh, 1998, The effects of rock mass characteristics on blasthole deviation, bulletin de l'ICM, v.91, #1016, p 90-95.

- e) épaisseurs des lits (les déviations sont plus grandes pour des lits minces).
- f) cohésion des lits entre eux (des lits moins cohésifs entraînent de plus grandes déviations).
- g) ouverture et remplissage des joints.

5- Opérateurs de la foreuse

- a) formation
- b) expérience
- c) habileté, soin, etc.

Singh (1998) classifie les déviations observées en 3 grands types :

- 1- Déviations graduelles : liées habituellement aux conditions géologiques.
- 2- Déviations brusques causées soit par le changement brusque des propriétés des roches ou de la poussée exercée.
- 3- Déviations aléatoires causées par des variations complexes de la géologie et des paramètres d'opération.

Figure 3.4 Déviation du pendage d'un trou de forage

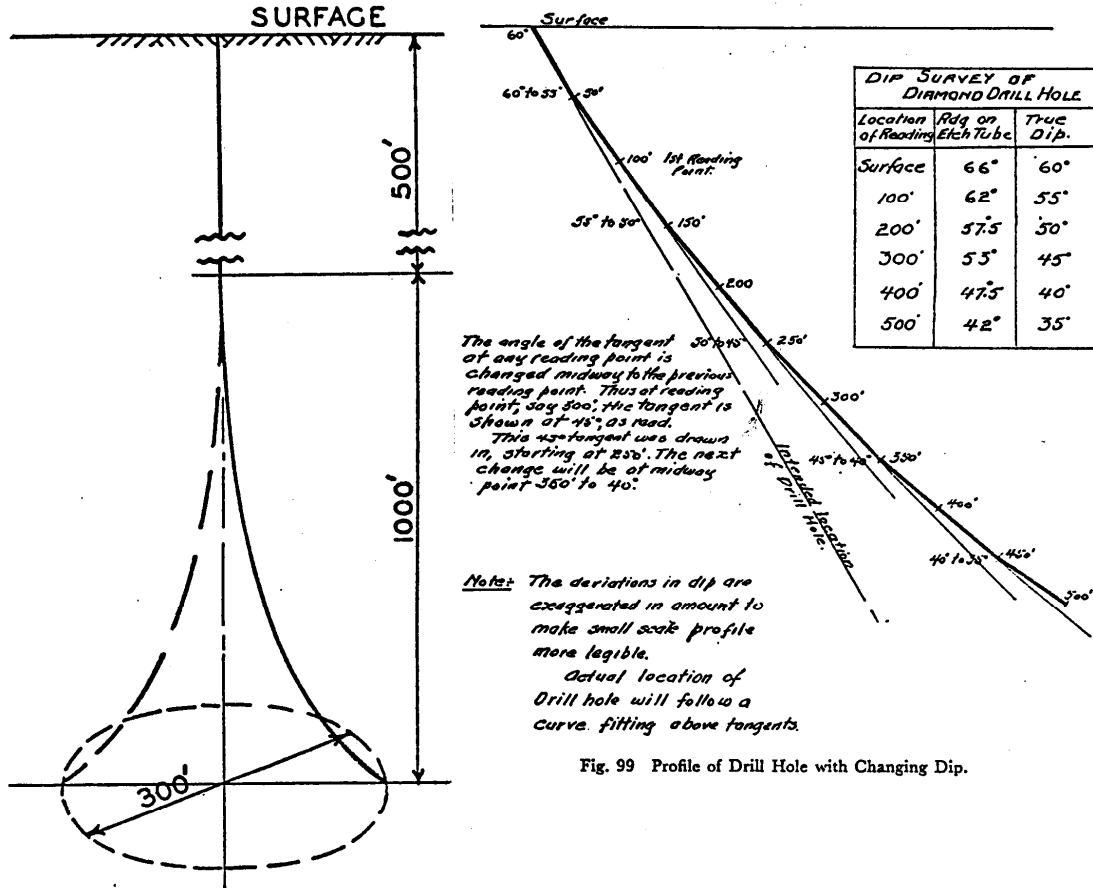


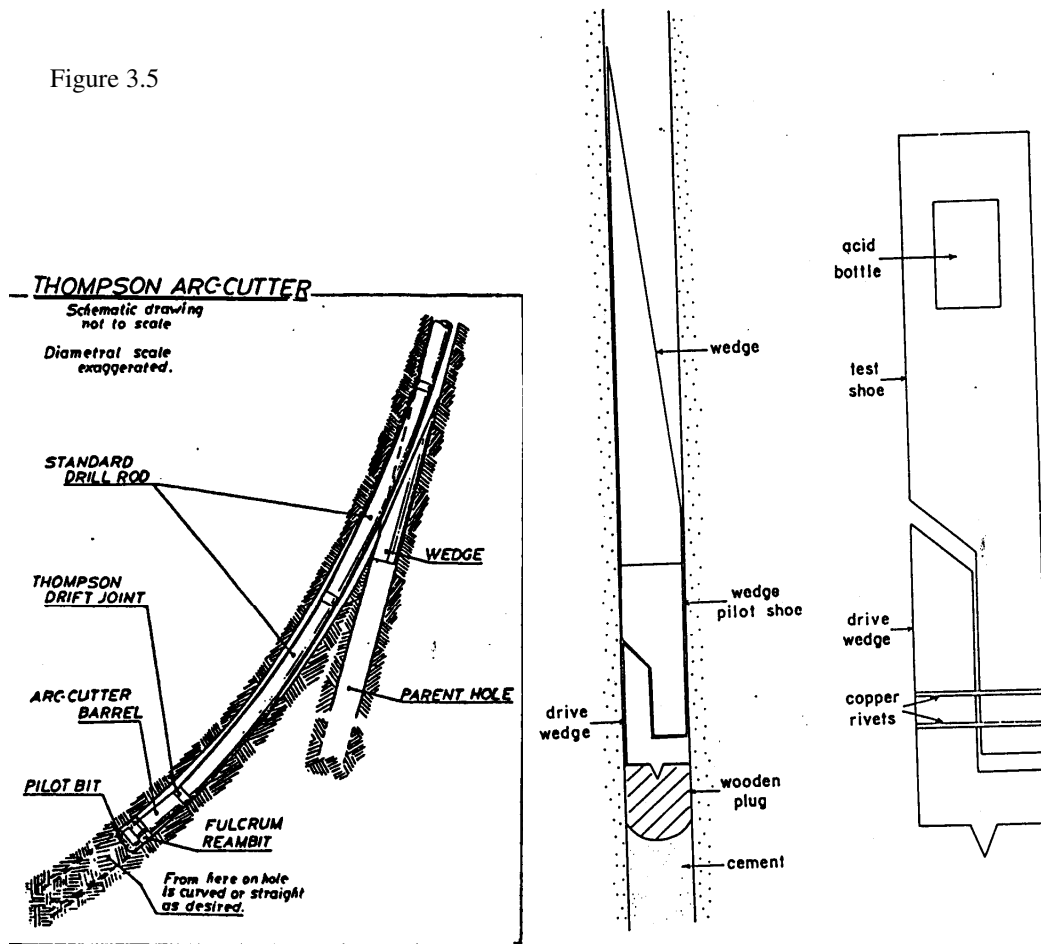
Fig. 99 Profile of Drill Hole with Changing Dip.

Fig. 90 Hypothetical Vertical Hole: The Deflection is known but the Azimuth is unknown due to Magnetic Conditions. The Bottom of the Hole can be at any point in a circle enclosing 70,700 sq. ft. or 1½ acres.

Si un forage accuse une trop forte déviation qui risque de faire manquer la cible visée, le foreur peut placer un coin dans le trou pour corriger la trajectoire. Le coin peut aussi être utilisé pour viser plusieurs cibles à partir du même trou. Par exemple, le projet Ansil de Falconbridge visait à définir une zone minéralisée à 4,000' de profondeur. Il était alors plus économique de descendre le plus bas possible par le même trou, placer un coin

pour dévier vers le nord, le sud, l'est ou l'ouest. La figure 3.5 montre la pose du coin (*Thompson arc-cutter*) et la figure 3.6 illustre diverses utilisations, comme le forage d'une anomalie, sous un lac, ou d'une veine verticale à différents niveaux.

Figure 3.5



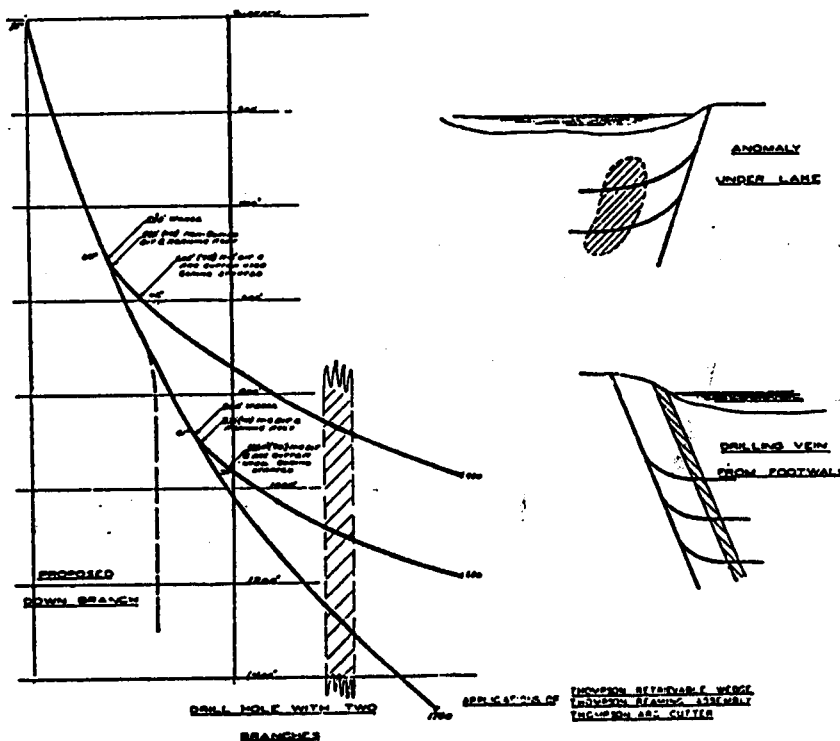


Figure 3.5 (suite)

Différents types de coins existent pour des fonctions particulières et certains coins recouvrables permettent de continuer le trou principal après que le trou dévié est terminé. Pour plus de détails, voir Cumming, p. 320-327 et Gagné et al., p. 9.17 - 9.19.

RÔLE DU GÉOLOGUE

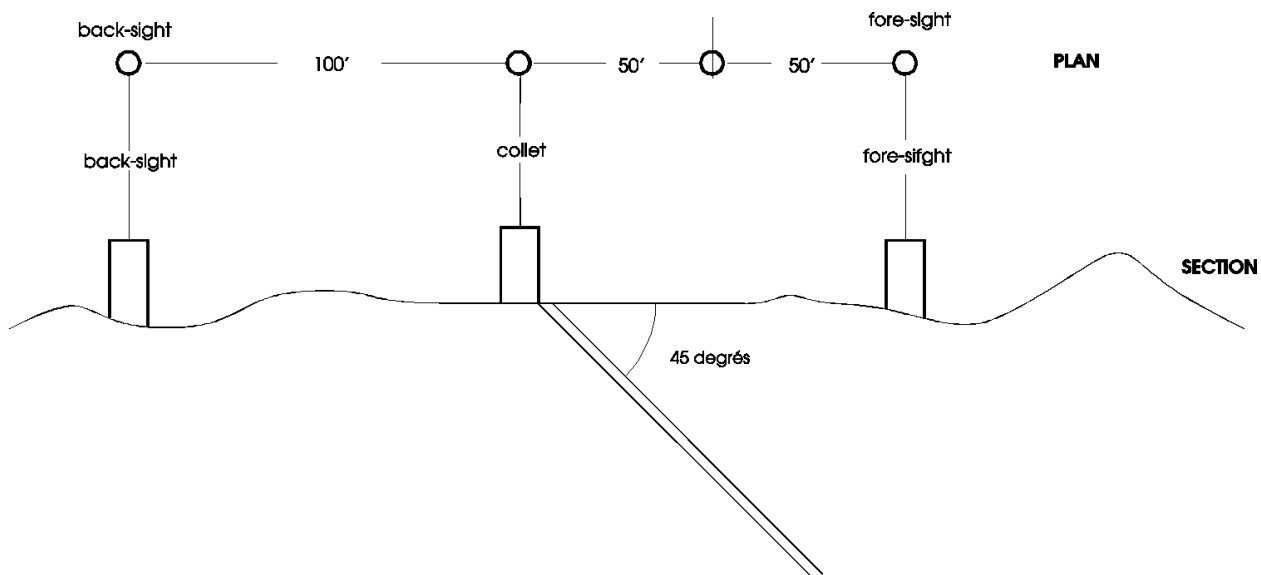
Le géologue a d'abord le rôle de définir les cibles et de convaincre son employeur d'implanter les forages, mais quand la décision est prise, il doit planifier les aspects suivants :

- Obtenir les permis nécessaires (MRN et MENVIQ) (ou s'assurer que le contracteur assume cette responsabilité)
 - Intervention en milieu forestier
 - Coupe de bois
 - Pose de ponceaux
 - Campements temporaires
- Préparer les cartes de localisation comprenant :
 - sondages
 - points d'eau
 - chemins d'accès
 - ponceaux à faire
 - campement
 - aire d'entreposage
- Concevoir le plan d'exécution de façon à minimiser les impacts sur l'environnement
- Fournir les informations suivantes :
 - Profondeur de chaque sondage

- Épaisseur de dépôts meubles à chaque site
 - Fréquence et type de tests d'orientation
 - Balisage des nouveaux chemins à faire
 - Utilisation (ou non) de matériel de stabilisation des forages (manchon aléueur, tubes carottiers spéciaux, etc.)
 - Consignes sur le retrait ou non des tubages
 - Établissement de l'horaire de travail
 - Lieu de livraison des boîtes de carottes
 - Contrôle ou non de la vitesse de pénétration (déviations)
 - Probabilité de cointage
 - Probabilité de cimentation
 - Probabilité de télescopage (ex. passer de NQ à BQ)
 - Coordonnées des intervenants (téléphones à la foreuse, au motel, au bureau, au domicile,...)
- Lors de l'exécution des sondages :
- Orienter le départ du trou
 - Assurer une visite quotidienne au site de forage
 - Prendre la décision d'arrêter ou de continuer un trou
 - Relever l'orientation exacte du trou afin de faire les sections géologiques le plus précisément possible
 - Faire la description et l'étude des carottes (*logging*)
 - Couper les carottes et préparer des échantillons pour analyse

Détermination de l'orientation du trou

Si le trou est incliné, il faut indiquer l'axe de forage à l'aide de deux ou trois piquets et déterminer la position du collet et l'angle de forage pour atteindre la cible visée.



Si l'emplacement du collet peut varier de quelques pieds, sur le même axe, le choix du point de départ sera fait avec le contremaître ou le foreur qui, pour sa part, doit placer son équipement au niveau sur un terrain relativement stable. Sous terre, les visées avant et arrières sont peintes sur les murs.

L'inclinaison du trou peut être faite avec précision sur la tête de la foreuse à l'aide du clinomètre d'une boussole. La direction est mesurée à la boussole.

Récupération de la carotte



Source : Wikipedia

La carotte est l'image fidèle du terrain traversé, l'échantillon est donc très précieux et doit être traité avec beaucoup de soin. Il est donc recommandé de :

- a) Embaucher des foreurs expérimentés.
- b) Si les trous doivent être longs, ou la roche de mauvaise qualité, choisir un fort diamètre pour avoir la possibilité de diminuer en cours de forage. Plus le diamètre est gros, meilleure est la récupération.
- c) Le foreur doit surveiller la pression exercée sur la foreuse, la vitesse de rotation, le débit et la nature du fluide.
- d) A l'approche du minerai, il faut diminuer la longueur des passes pour éviter la perte de carottes par usure (fragments coincés).
- e) En cas de perte de carotte, demander au foreur de recueillir les boues du passage dans le minerai.
- f) Dans les terrains difficiles (friables), utiliser une boue légère à la place de l'eau (eau + argile, bentonite, huile) qui assure la remontée des débris plus gros et dépose un film protecteur qui consolide les parois. On peut aussi utiliser un tube carottier à paroi triple qui empêche le contact de l'eau avec la carotte à la base du sondage.

Rangement des carottes

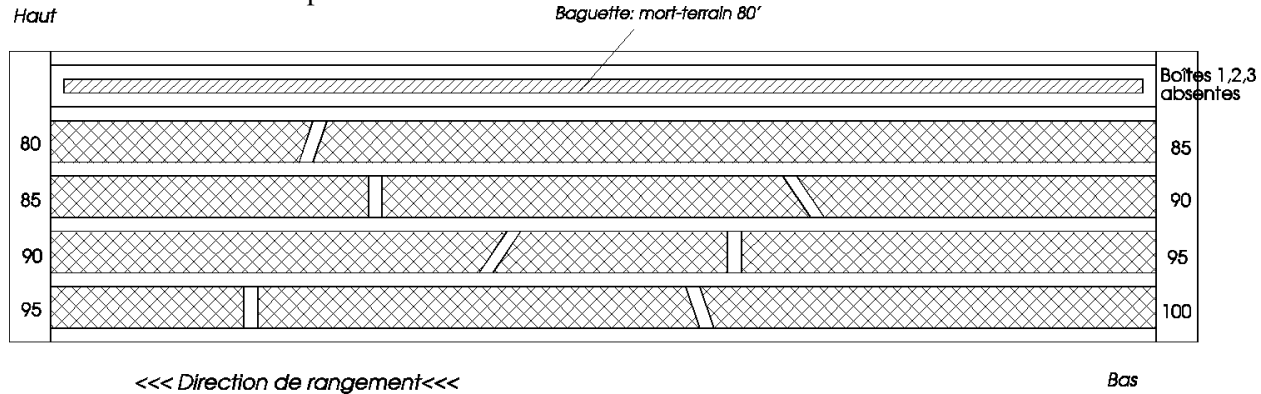
Les carottes sont placées par le foreur dans des boîtes rainurées spécialement conçues à cette fin. Chaque boîte, d'une longueur de 5' peut contenir cinq rangées, soit 25 pieds de carottes. Il est très important pour le géologue de bien s'entendre avec ses foreurs sur la façon de disposer les carottes dans les boîtes. La méthode la plus courante consiste à les disposer selon l'ordre naturel de lecture, i.e. :

0' >>>>> 5'
5' >>>>> 10'

Chaque passe de 10' de longueur occupe deux rangées de la boîte. Lorsque des sections de carottes ne sont pas récupérées, il faut placer des baguettes (préparées à l'avance) ou des bouts de branche à la place.

La lecture doit toujours donner la distance précise du collet du trou.

Ainsi, avec 80' de mort-terrain, les trois premières boîtes de 25' sont inexistantes puisque vous commencez à compter au collet du trou. La boîte n°4 doit porter à l'intérieur et à l'extérieur (dans le bout) une note indiquant la non-existence des trois premières boîtes.



N.B. Le carottier à câble (*Wireline*) peut être ouvert par le haut (plus fréquent) ou par le bas. Il faut donc disposer les carottes en conséquence.

Le rangement des carottes et l'étiquetage des boîtes est la responsabilité du foreur, mais le géologue doit s'assurer que les indications dans le bout des boîtes sont rigoureusement fidèles à la réalité. La moindre erreur de disposition des carottes ou d'identification des boîtes risque de compromettre la pertinence de l'information recherchée. L'étiquette doit porter le nom du projet, le n° du trou et la profondeur couverte à partir du collet.

Description (Logging) de la carotte

Le géologue mouille d'abord les carottes pour en faire ressortir les contrastes. Il fait ensuite l'étude de toutes les caractéristiques des carottes pour faire le journal de sondage qui doit contenir toutes les informations utiles sur le sondage. Les compagnies d'exploration ont généralement leurs formulaires particuliers pour le journal de sondage. Le tableau suivant fournit un modèle de journal de sondage.

MODÈLE DE JOURNAL DE SONDAGE

Trou n°: Dates: début..... fin

Coordonnées du collet N-S..... E-W

Élévation du collet

Direction Inclinaison

Collet dans la galerie Section

Diamètre de la carotte

Journal fait par Date

Profondeur	Description	Ech.N°	Distance	Analyses
O - X	Tubage (casing)			
X - Y	Roches	A-208	190'-198'	x% Cu, Zn...

Indiquer:

Pétrographie
 Altération
 Cisaillement
 Structure-minéralisation
 etc.

Évaluation du taux de récupération

Le taux de récupération est :

$$\text{Taux} = \frac{\text{carotte recouvrée}}{\text{longueur totale forée}} = \frac{114 \text{ cm}}{130 \text{ cm}} = 80\%$$

On vise toujours un taux de récupération de 100%.

RQD: Rock quality designation

Le R.Q.D. est une mesure très utilisée pour évaluer rapidement les propriétés géomécaniques d'un massif rocheux.

On retrouve 2 définitions différentes du R.Q.D. dans la littérature.

i. (Peters, 1987, p.160)

R.Q.D. = Somme des longueurs > min(10cm, 2*diamètre de la carotte)/longueur totale de la carotte
 Dans un trou NX (5.5cm), si la somme des longueurs > 10cm est 71.5 cm, dans une carotte mesurant 130 cm, alors:

$$\text{R.Q.D.} = 71.5/130 \text{ cm} = 55\% \Rightarrow \text{moyen}$$

R.Q. D.:
 0 - 25% Très pauvre
 25 - 50% pauvre
 50 - 75% moyen
 75 - 90% bon
 90 -100% excellent

Pour un trou BQ (3.6cm), on comptera plutôt la somme des longueurs des fragments de taille supérieure à 7.2 cm.

ii. (Priest, 1993, Discontinuity analysis for rock engineering, p.128) considère plutôt un seuil fixe de 10cm peu importe le diamètre du trou. Cette dernière définition est celle utilisée le plus fréquemment.

Note : Une carotte présentant des ondulations au toucher peut indiquer qu'une trop grande pression a été exercée sur la couronne.

Relevé de la direction et de l'inclinaison des trous

On retrouve des instruments prenant une ou quelques mesures discrètes le long du forage (test acide, tropari, caméra Sperry-Sun), d'autres permettent un arpentage en quasi-continu (sondes magétiques, Maxibor).

Méthodes discrètes :

a) Clinomètre HF

Le clinomètre à acide fluorhydrique (HF) mesure le pendage, mais non l'azimut du trou. Le tube contenant l'acide est descendu dans le trou, laissé environ 30 minutes (selon la dilution) et remonté. L'acide attaque le verre dans la position de repos. En raison de la tension superficielle, l'angle d'attaque mesuré est plus grand que l'angle réel.

Des abaques pour effectuer la correction des lectures au clinomètre existent et sont habituellement distribuées par le manufacturier. On en trouve des exemples dans Cumming (p.316) et Chaussier (p.231-232).

b) Le Tropari, (maintenant le Pajari)

Le Tropari (Pajari) est un instrument qui permet la mesure du pendage et de la direction du trou, de 0° à 360°, mais dans les roches non magnétiques puisqu'il s'agit d'une boussole montée dans un boîtier hémisphérique (figure 3.7). Le Tropari est introduit dans un cylindre en bronze et descendu à la profondeur voulue. L'appareil est muni d'un dispositif de retardement qui permet de bloquer l'aiguille de la boussole et l'inclinaison au moment voulu. Le maximum de temps du chronomètre est de 90 minutes. Au moment de l'ajustement, par mesure de sécurité, il faut prévoir 10 minutes de plus que le temps de descente et, avant de remonter le tube, attendre au moins cinq minutes de plus que le temps planifié de blocage du tro-pari.

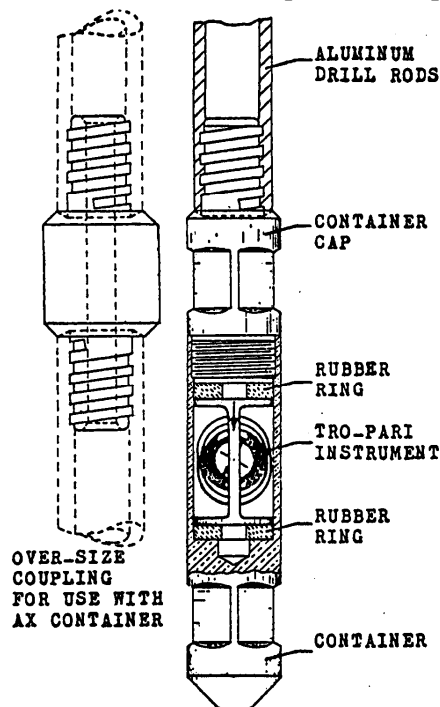
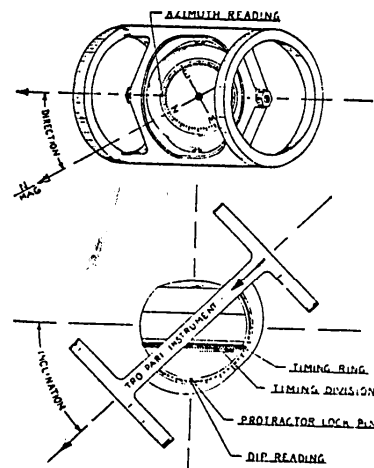


Fig. 95 Section of Tro-Pari Survey Instrument and Container.

Figure 3.8



Trotter-Pajari Instruments, Sudbury, Ont.
Fig. 94 Tro-Pari Drill Hole Survey Instrument.

c) Le Tropari monté dans un tube spécial muni d'une caméra (les mesures se font en remontant le train de tige)

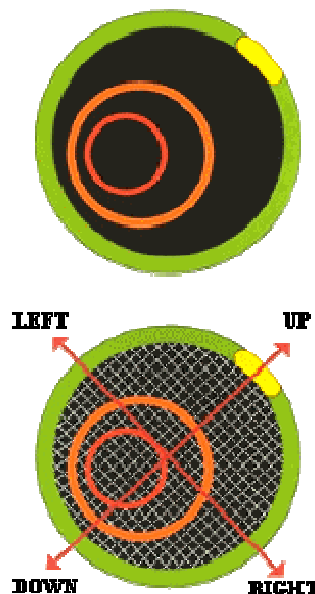
d) Les systèmes Sperry-Sun ou Eastmain (caméra photographiant boussole et clinomètre)

Méthodes de mesure de déviation en quasi-continu:

Les méthodes traditionnelles de mesure de direction et d'inclinaison des sondages (acide, Tropari) sont de plus en plus délaissées au profit d'instruments permettant des lectures en quasi-continu. Parmi ces instruments, notons:

e) Reflex Maxibor

En milieu magnétique, le Tropari est inutilisable. On peut alors utiliser un appareil électronique. Il s'agit d'un long tube flexible dans lequel sont tracés, à 3 m d'intervalle, trois anneaux réfléchissants. Une caméra photographie ces trois anneaux dont la position relative reportée sur un canevas spécial donne la progression des déviations et les coordonnées x, y et z, des points de mesure. L'instrument mesure en continu la déviation du trou à une précision de 10 cm dans 100 m. Le plus petit trou mesurable par cet appareil a un diamètre de 48 mm (AX). Avec cet appareil, les mesures sont toutes relatives à la position de départ. Il est donc essentiel d'arpenter très précisément la direction du trou au collet (avec station totale). Ainsi, une erreur de 1 degré au départ donne un écart de 17m sur une distance de 1000m.



f) Les sondes magnétiques (ex. Reflex EMS). Ces sondes mesurent les 3 composantes du champ magnétique et, sous hypothèse d'un champ magnétique constant, calculent l'orientation de la sonde et donc du trou. De brusques variations du champ magnétique enregistré par la sonde permettent de détecter la présence d'un champ secondaire et donc d'identifier les zones où l'orientation de la sonde ne peut être calculée précisément.

g) Les systèmes gyroscopiques.

Orientation des carottes

En plus de mesurer l'orientation et le pendage d'un trou, il peut être utile de connaître la position de la carotte dans le trou pour faire des études de structure et de stratigraphie. Le BRGM a conçu l'orienteur de carottes BTV 20°-160° à cette fin. L'orienteur est descendu au fond du trou entre chaque passe. Il est constitué d'un ensemble de petites tiges qui, en couissant l'une sur l'autre, prennent l'empreinte du fond du trou et permettent de tracer l'axe inférieur de la carotte après sa sortie du carottier. Plusieurs autres instruments fonctionnant sur des principes similaires ont été conçus.

L'orienteur de carottes BTV 20° - 160°

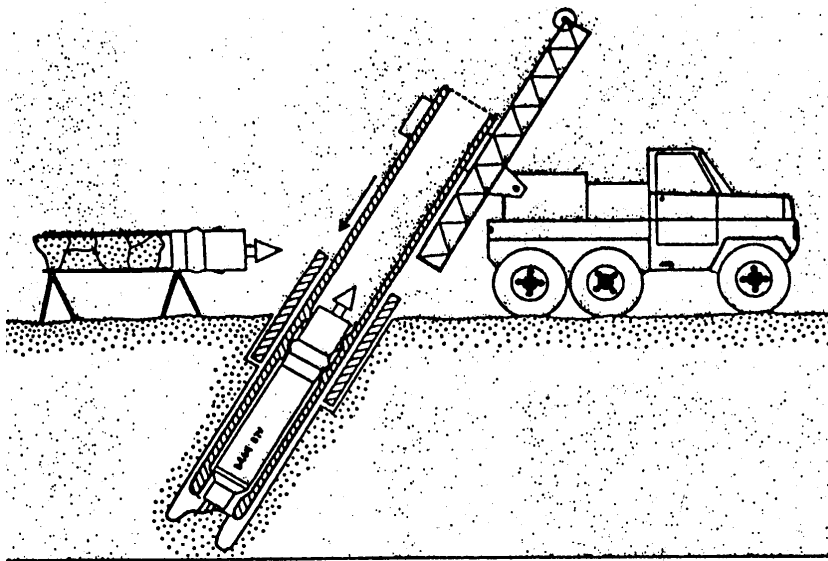
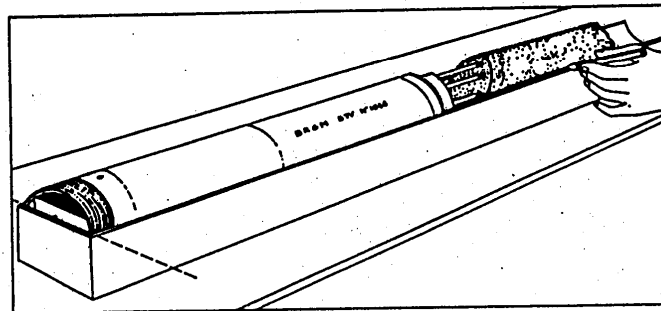


Fig. 1. — Prise d'empreinte du fond de trou par l'orienteur BTV 20-160.



CONSTRUCTION GRAPHIQUE (SECTIONS DES SONDAGES)

Il existe un grand nombre de méthodes pour tracer les sondages à partir des mesures de déviation. Les différences obtenues entre les différentes méthodes peuvent être non-négligeables lorsqu'on a peu de mesures de déviation. Plus le nombre de mesures augmente, plus les méthodes donnent des résultats similaires. Avec l'utilisation des mesures en quasi-continues, les différences entre les méthodes s'estompent.

Parmi les méthodes disponibles, mentionnons :

- supposer l'attitude du sondage constante entre deux mesures, du point A au point B, on utilise la mesure effectuée en A (à éviter);
- faire la moyenne des attitudes en 2 points de mesure consécutifs et l'appliquer pour le segment défini par les 2 points de mesure;
- appliquer l'attitude en 1 point de mesure jusqu'à mi-chemin avec le point de mesure voisin;
- supposer un changement graduel (linéaire) entre les attitudes obtenues en 2 points de mesure;
- ajuster une sphère de rayon maximal (courbure minimale) et pour laquelle les points de mesure sont tangents.

Les 3 premières méthodes peuvent se calculer aisément avec une calculatrice de poche. Les deux dernières demandent un ordinateur, bien que la méthode des changements graduels soit très facile à programmer avec un chiffrier électronique.

On doit noter que la projection du sondage est effectuée dans le plan de la section. Ainsi, l'inclinaison vue sur la section est l'inclinaison apparente (nécessairement supérieure ou égale à l'inclinaison réelle).

Exemple numérique

L'exemple suivant utilise la méthode basée sur l'extension à mi-distance des points de mesure.

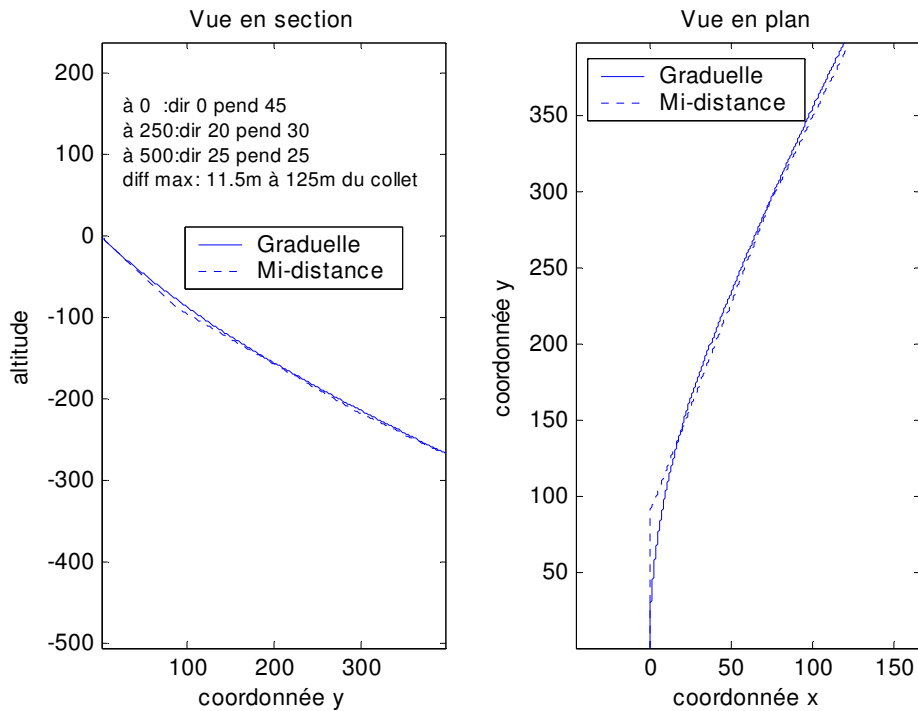
<i>Point de mesure</i>	<i>direction</i>	<i>inclinaison</i>
Collet	103°	53°
40 m	107°	58°
100 m	120°	65°
120 m	135°	72°

Supposons que l'on veuille tracer ce forage dans une section orientée est-ouest (90°). On peut alors construire le tableau suivant :

<i>Distance du collet (m)</i>	<i>Longueur du segment L (m)</i>	<i>Angle entre la section et la direction du sondage α</i>	<i>Inclinaison du sondage γ</i>	<i>(1) Distance verticale $b = \text{Sin}(\gamma) * L$ (m)</i>	<i>(2) Distance horizontale $a = \text{Cos}(\gamma) * L$ (m)</i>	<i>(3) Dist. horiz. projetée dans la section $c = a \text{Cos}(\alpha)$ (m)</i>	<i>(3) Dist. horiz. perpendiculaire à la section $d = a \text{Sin}(\alpha)$ (m)</i>
0-20	20	13°	53°	15.97	12.04	11.73	2.71
20-70	50	17°	58°	42.40	26.50	25.34	7.75
70-110	40	30°	65°	36.25	16.90	14.64	8.45
110-120	10	45°	72°	9.51	3.09	2.19	2.19

Pour représenter le forage en plan, on trace les longueurs horizontales données en (2) dans la direction du sondage pour le segment considéré. En section, on trace les segments dont les longueurs horizontales et verticales sont données respectivement en (3) et (1).

Note: Le choix de la méthode de calcul de la position du forage a une certaine influence sur les résultats obtenus. Toutefois, cette influence est négligeable quand on considère l'imprécision due à la fréquence plus ou moins grande des mesures ou à la prise de mesure elle-même avec tous les facteurs d'erreur inhérents.



RÉGULARISATION (« *compositing* »)

L'opération de régularisation consiste à regrouper les teneurs obtenues à partir d'analyses chimiques des carottes de façon à ce que chaque analyse représente la même longueur de carotte (si ce n'est pas déjà le cas). Cette opération est nécessaire pour les calculs statistiques ultérieurs qui demandent que chaque observation soit définie sur un même support physique. Tous les logiciels de géologie minière offrent ce type de programmes. Parmi les options fréquemment rencontrées, on note :

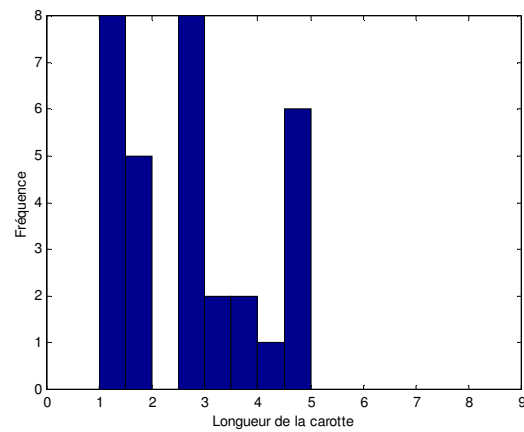
- Choix de la longueur de régularisation
- Choix du type de régularisation (longueur constante ou par unité géologique ou par bancs)
- Régularisation peut tenir compte du type de roche ou non
- Pertes peuvent diluer ou non la teneur d'une carotte (dilution complète ou à teneur spécifiée)
- Taux de récupération minimal pour former un composite
- Point de départ fixe ou au début des données
- Choix pour le dernier bout de carotte

Exemple numérique: Le tableau suivant montre les teneurs observées le long du forage 6059 de la propriété Niocan.

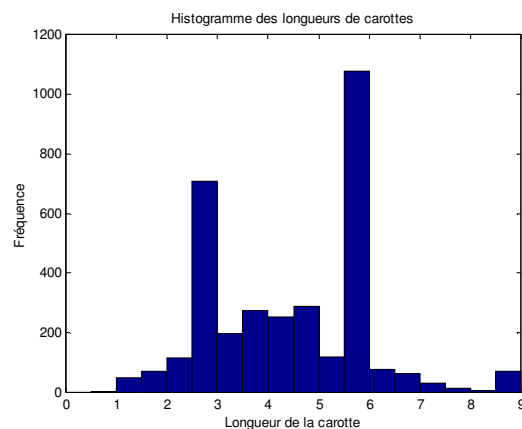
De (m)	à (m)	Nb ₂ O ₅ (%)
30.50	35.10	0.17
35.10	38.10	0.25
38.10	41.10	0.21
41.10	45.70	0.20
45.70	50.30	0.12
50.30	53.30	0.12
53.30	58.20	0.18
58.20	61.00	0.12
61.00	64.60	0.26
64.60	69.60	0.10

69.60	71.50	0.09
71.50	75.20	0.17
75.20	79.60	0.22
79.60	81.60	0.37
81.60	84.20	0.48
84.20	86.80	0.29
86.80	90.20	0.25
96.00	100.60	0.41
100.60	103.60	0.35
103.60	106.70	0.52
106.70	108.20	0.69
108.20	110.90	0.86
110.90	112.80	0.90
112.80	114.30	0.86
114.30	115.80	1.05
115.80	117.30	1.19
117.30	118.90	1.16
118.90	120.40	1.06
120.40	121.90	0.95
121.90	123.40	0.81
123.40	125.00	0.84
125.00	126.20	0.71

L'histogramme des longueurs des carottes de ce forage montre:



Par ailleurs, l'histogramme pour l'ensemble des carottes est:



ce qui suggère d'utiliser une longueur de 6m pour la régularisation. On obtient alors:

x (m)	y (m)	z (m)	Nb ₂ O ₅
170.00	-216.99	70.15	0.19
170.00	-211.79	67.15	0.22
170.00	-206.60	64.15	0.16
170.00	-201.40	61.15	0.13
170.00	-196.20	58.15	0.16
170.00	-191.01	55.15	0.20
170.00	-185.81	52.15	0.11
170.00	-180.62	49.15	0.20
170.00	-175.42	46.15	0.39
170.00	-170.35	43.23	0.27
170.00	-160.26	37.40	0.40
170.00	-155.07	34.40	0.51
170.00	-149.87	31.40	0.87
170.00	-144.68	28.40	1.11
170.00	-139.48	25.40	0.85

Ainsi, pour le 1er composite, on calcule:

$$\{(35.1-30.5)*0.17\%+(36.5-35.1)*0.25\}/6=0.19 \%$$

Notes:

- En même temps que la régularisation, on effectue le passage des coordonnées "forage" vers les coordonnées "xyz".
- La longueur de composite est habituellement choisie de façon à ce qu'une forte majorité des carottes montre une longueur égale ou inférieure à la longueur de composite. Ceci est fait de façon à éviter de créer artificiellement des zones à teneurs égales qui viendraient fausser l'analyse géostatistique.

AUTRES MÉTHODES DE FORAGE :

Forage par circulation inversée

Lorsque des forages sont faits dans des roches solides, le *wireline* conventionnel est utilisé. Cependant, si le forage doit traverser des roches friables ou des sédiments meubles, il y a beaucoup d'avantages à utiliser un équipement à circulation inversée. Cet équipement utilise un train de tiges doubles.

Principe de base: Le fluide (généralement de l'air) est injecté entre le tube externe et le tube interne et remonte les fragments (ou les carottes) par le centre de la tige. La circulation est donc à l'inverse de celle du *wireline* où le liquide pénètre par le centre et remonte entre les parois externes de la tige et le roc.

Principaux avantages:

Échantillonnage continu

Absence de contamination

Rapidité de la pénétration et de l'échantillonnage

Déviation minimale des trous

Absence de tubage (requis pour le wire-line conventionnel dans des terrains meubles)

Perte minimale du fluide de forage
Déplacement rapide et coûts réduits

Forage "sonique" (mort-terrain)

Cette méthode utilise des vibrations de hautes fréquences produites à la surface par la tête de foreuse et transmises par le train de tiges jusqu'à la couronne. Le système utilise un train de tiges doubles. Le carottier est fixé au train de tige interne. Il est enfoncé sur toute sa longueur. On enfonce ensuite le train de tige externe jusqu'au niveau du carottier; ceci assure la stabilité des parois du trou. On retire ensuite le train de tige interne pour récupérer la carotte et on répète la procédure.

Ce système n'utilise pas d'air ni liquide; il assure donc une excellente récupération dans des terrains friables (mort-terrain, latérites,...). La vitesse de forage est importante et le tout est très économique. On peut forer aussi du roc solide, mais sur de faibles profondeurs. Dans le mort-terrain, on peut aller jusqu'à 400' de pénétration. C'est un système très efficace pour le forage de puits pour l'eau. Les carottes obtenues ont jusqu'à 4'' de diamètre et le matériau, même en terrain friable, est pratiquement intact.

EXEMPLE DE CONTRAT DE FORAGE ENTRE UNE COMPAGNIE D'EXPLORATION ET UNE COMPAGNIE DE FORAGE

CONTRAT DE SONDAGE

intervenu le

ENTRE:
corporation légalement constituée, ayant son siège social à

(ci-après désignée Le Client)

ET:.....

(ci-après désignée "l'Entrepreneur")

• No d'enregistrement, Commission des accidents du travail:

Les parties aux présentes ont convenu ce qui suit:

article 1- OBJET DU CONTRAT

L'Entrepreneur s'engage à exécuter environ pieds de sondage au diamant sur la propriété minière de située dans le canton
au moyen de sondeuses.

article 2- DATE DES TRAVAUX

Les travaux sur le terrain devront commencer le ou vers le
et devront être complétés au plus tard le

L'Entrepreneur s'engage à payer à.....la somme de pour chaque jour de retard à compléter les travaux. Cependant, si tel retard est motivé par des causes échappant au contrôle raisonnable de l'Entrepreneur, le délai pour compléter les travaux pourra être prolongé par sur demande à cet effet par l'Entrepreneur.

article 3- PRIX ET COÛTS DES TRAVAUX

En considération de l'exécution par l'Entrepreneur des obligations lui incombant en vertu de ce contrat,paiera audit Entrepreneur les montants suivants:

a) *Transport du personnel*, de la machinerie, de l'équipement, des matériaux, etc. requis, à partir de jusqu'au premier site de forage, et retour du dernier site de forage, la somme totale de..... dollars (.....\$).

b) Forage dans le mort-terrain suivant la pénétration par pied linéaire:

de 0 à 40 pieds, au taux de13.60\$
de 41 à 80 pieds, au taux de ...15.35\$
de 81 à 120 pieds, au taux de18.35\$
de 121 pieds et plus, au coût de: ..23.00\$

Il est entendu toutefois qu'aucune telle somme ne sera payable par si l'Entrepreneur ne parvient pas à atteindre une pénétration d'au moins 80 pieds dans le mort-terrain, auquel cas l'Entrepreneur devra reprendre le sondage à une distance de pas moins de 10 pieds de l'emplacement abandonné. Il est, de plus, entendu que les coûts encourus pour retirer les tubages, tuyaux et couronnes sont inclus dans les taux ci-haut mentionnés et, de plus,..... ne sera pas tenu de rembourser l'Entrepreneur pour la perte des matériaux plus haut mentionnés.

c) Forage dans le roc suivant la profondeur, par pied linéaire, de calibre B.Q.

de 0 à 500 pieds, au taux de 13.60\$
de 501 à 1000 pieds, au taux de 13.85\$
de 1001 à 1200 pieds, au taux de .n/a
de 1201 à 1400 pieds, au taux de ...n/a

d) Vieux sondages

..... paiera au coût le nettoyage des vieux sondages jusqu'à la profondeur atteinte antérieurement ainsi que le déménagement et l'installation requis à cette fin.

e) Tubages, tuyaux, couronnes

.....paiera la valeur des tubages, tuyaux et couronnes laissés dans le trou à sa demande.

Dans le cas où l'Entrepreneur sera dans l'incapacité de récupérer les tubages, tuyaux et couronnes d'un trou terminé, lapaiera la valeur des tubages, tuyaux et couronnes qui dépassent une profondeur de 120' suivant les prix qui suivent:

Tubage

Couronne

Hw 2' : 59....\$	Hw :275.....\$
Hw 10' : 210....\$	
Nw 2' : 40....\$	Nw :.....180.....\$
Nw 10' :137....\$	
Bw 2' :33....\$	Bw :.....130.....\$
Bw 10' :112...\$	
Aw 2' :25...\$	Aw :.....105.....\$
Aw 10' :75...\$	

f) Cimentation

Lorsqu'une opération de cimentation est requise pour continuer un sondage, un prix de base de 750\$ s'applique pour chaque opération normale (incluant le reforage, et un maximum de 4 sacs de ciment fondu et les matériaux requis).

Dans le cas d'opération de cimentation anormale, pourra autoriser l'exécution de chacune de ces opérations selon la formule au coût.

g) Alésage

Si l'alésage (reaming) d'un sondage est requis pour en permettre la continuation, sera facturée au taux suivant par pied linéaire(.....9\$).

h) Cointage, déflexion {wedging}

A la demande de....., l'Entrepreneur fournira les coins, couronnes, et outils requis et sera responsable de descendre et placer les coins dans un sondage au prix de:

.....850\$ /coin de 0 à 1000 pieds
n/a /coin de 1000 à 2000 pieds.

..... surveillera l'installation du coin pour s'assurer de la déflexion et paiera de plus, au taux applicable pour 10 pieds de sondage à chaque coin placé.

i) Conduites d'eau

L'Entrepreneur fournira et entretiendra les conduites d'eau au taux de ...0.02\$ par pied de sondage pour chaque 100 pieds (ligne droite) de conduite du 1er mai au 31 octobre et au taux de ...0.06\$ par pied de sondage pour chaque 100 pieds de conduite du 1er novembre au 30 avril.

j) Tests

- 1) Un prix fixe de40\$ sera payé pour les tests d'inclinaison à l'acide fluorhydrique (concentration 4%).
- 2) Un prix fixe de60\$ sera payé pour les tests troparis.
- 3) Tout autre test sera payé au coût de ...(coût).....\$

k) Boîtes de carottes neuves

Elles seront fournies neuves par l'Entrepreneur au prix de4.80\$, le couvercle de format ...BQ.

l) Déménagements entre les sondages

L'Entrepreneur effectuera les déménagements sur une distance de moins de 1200 pieds, au taux de220\$ chacun. Si la distance dépasse 1200 pieds paiera un prix de95\$ pour chaque 500 pieds additionnels. Il est entendu que toute distance mentionnée est en ligne droite, à moins d'obstacle topographique.

m) Délais

Les délais demandés par seront chargés au taux horaire de la sondeuse et de la main-d'oeuvre.

n) Suppléments

Tout travail requis paren surplus de ce qui fait l'objet de ce contrat sera payable suivant les taux et prix stipulés au présent article si applicables; dans le cas où ces taux ne sont pas applicables, le paiement se fera par le remboursement du "coût" encouru par l'Entrepreneur pour tel travail.

o) Définition du mot "coût" échelle de taux

1) Le mot "coût" employé dans ce contrat signifie le "coût net réel" de matériaux (ex: tuyaux, tubages, couronnes et ciment), majoré de 10% pour frais d'administration.

2) Pour tout travail où de la main-d'oeuvre et de l'équipement sont requis, les taux suivants s'appliqueront:

- i) main-d'oeuvre:15.....\$ par homme par heure;
- ii) sondeuse :10.....\$ par heure;
- iii) tracteur :15.....\$ par heure;
- iv) débusqueuse :15.....\$ par heure;
- v) chenille :15.....\$ par heure;
- vi) autres :n/a.....\$

article 4 - BUT DU CONTRAT

Le recouvrement complet des carottes de sondage est le but essentiel de ce contrat.

L'Entrepreneur placera les carottes dans les boîtes adéquatement identifiées qu'il remettra au représentant deà un endroit convenu entre les parties en indiquant par des tiges de bois chaque course et tout manque de carottes au cas de défaut de récupération.

..... aura le droit exclusif d'inspecter les travaux de l'Entrepreneur en tout temps et l'Entrepreneur fera le nécessaire pour faciliter toute inspection et tout examen que peut désirer effectuer.

Aucune tierce personne ne devra être admise sur les lieux des sondages sans l'autorisation expresse de

article 5 - EMPLOYÉS DE L'ENTREPRENEUR

L'Entrepreneur devra utiliser un personnel compétent et qualifié et devra remplacer tout employé jugé inacceptable par

L'Entrepreneur s'engage à respecter toutes les lois et tous les règlements et décrets applicables aux travaux exécutés en vertu de ce contrat; l'Entrepreneur représente et garantit qu'il est en règle vis-à-vis de la Commission des Accidents du Travail ayant juridiction et s'engage à se maintenir en règle en tout temps pour les fins de ce contrat.

Aucune information géologique qui pourra venir à la connaissance des employés de l'Entrepreneur à l'occasion de l'exécution de ce contrat ne devra être dévoilée par aucun des employés de l'Entrepreneur qui se porte fort du respect de cet engagement par ses employés. L'Entrepreneur devra informer ses employés de l'obligation contenue au présent paragraphe.

article 6 - RESPONSABILITÉ

L'Entrepreneur doit prendre en tout temps, à ses frais et dépens, toutes les mesures nécessaires pour prévenir les accidents et les dommages à la propriété, durant l'exécution de cette convention.

Dans tous les cas d'accidents au cours de l'exécution de cette convention, causant des blessures à une personne ou entraînant sa mort, ou endommageant des biens, que ladite personne ou propriétaire desdits biens soit un préposé ou un employé ou un administrateur de l'Entrepreneur, ou un sous-traitant, ou un autre entrepreneur, ou un préposé, ou un administrateur d'un autre entrepreneur, ou d'un sous-traitant ou un préposé, ou un employé ou un administrateur de ou un étranger, l'Entrepreneur, par les présentes, s'engage à dégager de toute responsabilité de quelque nature que ce soit, et de la défendre contre toute réclamation dirigée contre elle, qui puisse résulter des causes susdites et à payer toute réclamation, tant en capital qu'en intérêts et frais, y compris les honoraires raisonnables encourus par pour les services d'un avocat agissant pour elle, et à rembourser intégralement de toutes sommes qu'elle aurait été elle-même appelée à payer. L'Entrepreneur représente qu'il est assuré adéquatement contre la responsabilité et s'engage à fournir la preuve satisfaisante de telle assurance et à la maintenir en vigueur durant toute la durée de la convention. De plus, l'Entrepreneur reconnaît qu'il agit comme entrepreneur indépendant et non comme agent ou préposé de

Toutefois, sera responsable d'obtenir les servitudes nécessaires à l'exécution des travaux et l'Entrepreneur ne sera pas tenu de payer les dommages inévitables et nécessaires causés pour la bonne exécution du contrat sur le lieu des travaux.

article 7- MODIFICATION DE L'OBJET DU CONTRAT

..... aura le droit d'augmenter ou de diminuer l'étendue des travaux. Au cas d'augmentation, le paiement sera effectué en conformité de l'article 3 du présent contrat. Au cas de diminution importante de l'étendue des travaux, l'Entrepreneur aura droit à une compensation équitable pour ses frais non recouvrés à cause de cette diminution.

article 8 - DROIT DU CLIENT DE METTRE FIN AU CONTRAT

Sans préjudice à tous ses autres droits, aura le droit de mettre fin à ce contrat par avis écrit à cet effet dans les cas suivants:

- a) si l'Entrepreneur tombe sous le coup de la Loi de Faillite;
- b) si l'Entrepreneur ne fournit pas le personnel qualifié ou la machinerie ou l'équipement ou les matériaux appropriés;
- c) si l'Entrepreneur ne respecte pas les lois applicables;
- d) si l'Entrepreneur ne respecte pas les clauses de ce contrat.

Dans une telle éventualité, pourra terminer les travaux elle-même ou les faire terminer par un autre entrepreneur en prenant possession, si jugé nécessaire, de la machinerie, de l'équipement et des matériaux se trouvant sur les lieux des travaux. De plus, sera relevée de l'obligation de faire quelque paiement que ce soit à l'Entrepreneur jusqu'à ce que les travaux soient terminés. Si le coût requis pour compléter les travaux à partir du moment de terminaison du contrat est plus élevé que ce qui aurait été, si l'Entrepreneur les eût complétés, l'Entrepreneur devra payer le déficit à

article 9 - JALONNEMENT

Si l'Entrepreneur ou un de ses employées, directement ou indirectement, jalonne un ou des claims à une distance de moins de un mille d'un trou de forage fait en vertu du présent contrat, il s'engage à en aviser immédiatement par écrit, et à offrir à d'acheter ce ou ces claims pour un prix équivalent au coût du jalonnement.

..... bénéficiera d'une période de six (6) mois après la réception de l'avis écrit mentionné au paragraphe précédent pour se porter acquéreur du ou des claims aux conditions précitées.

Les claims affectés par la présente disposition sont ceux qui seront jalonnés durant la période de six (6) mois suivant la fin du présent contrat de sondage. L'Entrepreneur devra informer ses employés de l'obligation contenue au présent article.

article 10 - DOMMAGE À L'ENVIRONNEMENT

L'Entrepreneur devra prendre les moyens nécessaires pour limiter les dommages à l'environnement (pollution des cours d'eau, abattages excessifs d'arbre, etc.).

De plus, il devra maintenir le site des travaux propre et libre de déchets et rebuts, et à la fin des travaux, il devra enlever tous les déchets et rebuts causés à l'occasion de ses travaux, de même que sa machinerie, son équipement et ses matériaux.

article 11- SOUS-CONTRATS

L'Entrepreneur ne pourra céder son contrat ni accorder des sous-contrats sans la permission écrite de

article 12 - FACTURATION

L'Entrepreneur facturera.....le quinzième et le dernier jour de chaque mois pour les travaux effectués précédemment.paiera 95% du montant accepté de la facture dans un délai de trente (30) jours de sa réception. A la fin du contrat, sur preuve satisfaisante que l'Entrepreneur a exécuté toutes ses obligations, et qu'il n'y a aucune réclamation contre l'Entrepreneur dont pourrait être tenue responsable, effectuera le paiement du solde, y compris la retenue de 5%.

EN FOI DE QUOI, LES PARTIES ONT SIGNÉ LE PRÉSENT CONTRAT EN DOUBLE EXEMPLAIRE.

LE CLIENT

Par:.....
Titre:
Par:
Titre:.....

L'ENTREPRENEUR

Par:.....
Titre:
Par:
Titre:.....