11e SESSION D'ETUDE
SUR
LES TECHNIQUES DE SAUTAGE

CONSTRUCTION D'UN QUAI A ST-ANDREWS N.B.: EXCAVATION SOUS-MARINE

Guy Latreille, Cartier Construction
Marc-André Dubé, Explosifs et Technologies Internationales

CONSTRUCTION D'UN QUAI A ST-ANDREWS, N.B.

UNE EXCAVATION SOUS-MARINE

GUY LATREILLE
ET
MARC ANDRE DUBE

Ingénieur de projet
CARTIER CONSTRUCTION
ET
Spécialiste Technique
EXPLOSIFS ET TECHNOLOGIES INTERNATIONALES

1988-11-15

RESUME

Le projet Sand Point est un projet en phase d'être completé par Cartier Construction. Il implique deux types de sautage: en carrière et sous-marin. Le deuxième type est susceptible de soulever plus d'intérêt surtout à cause des contraintes environnementales, températures, marées et vents.

Le sautage en carrière s'est fait sans problème et a permis de se familiariser avec le roc.

Pour le forage sous-marin les difficultées anticipées à l'approche du quai se sont avérées mineures. La compétence du contracteur a fait qu'il a utilisé pratiquement toutes les méthodes connues pour réduire les vibrations et le choc hydraulique et ce, avec succès.

Du côté des explosifs les produits et méthodes proposées par Explosif & Technologies Internationales ont aidé à la réusite du projet. Les outils utilisés pour établir les paramètres de sautages n'on pas réussi à changer l'habitude du départ consevateur utilisé par les contracteurs dans ce type de projet.

...3

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION:

A) Description générale du projet "SAND POINT"

La Compagnie
Le projet
L'équipement
Le patron de forage
Les risques & contraintes
Le dragage
Les travaux de finitions

B) Une description plus détaillée des sautages

Le sautage en carrière
Les contraintes
Le roc
Le plan d'attaque
L'établissement des paramètres de sautage
Les résultats

Le sautage sous-marin
- les contraintes
- le roc
- le plan d'attaque
- l'établissement des paramètres de sautage
- le travail

Les résultats

Conclusion

Figures:
1) Situation géographique
2) Vue en plan des instalations existantes des travaux à faire
3) Vue isométrique de la zone sautée et excavée
4) Vue isométrique de la barge de forage
5) Le patron de forage tel qu'érablis au début des travaux
6) Vue en section d'un trou en carrière
7) Section d'un trou chargé sous l'eau
8) Barre de sautage
9) Exemple de la méthode dite logique
10) Exemple d'utilisation du similateur Blaspa
11) Graphique des résultats des lectures sismiques

...4

INTRODUCTION

Le sautage sous-marin est un type d'excavation intéressant du fait qu'il n'est pas aussi courant que ceux qu'on a l'habitude de voir tel le déblai-remblai de route, les tranchées et le sautage en carrière.

Dans le cas du projet "Sand Point" le défi en était un qui est susceptible de susciter plus d'intérêt considérant l'équipement utilisé pour accomplir le travail sous-marin tout en demeurant à l'intérieur des contraintes environnementales.

Nous verrons pour débuter, en première partie, une description générale du projet "Sand Point" et ensuite en deuxième partie une description plus détaillée des sautages. Deux différents types de sautage se présentaient sur ce projet: le sautage en carrière, sur lequel nous passerons assez rapidement et le sautage sous-marin, qui nous intéresse plus spécifiquement dans cette présentation.

A) DESCRIPTION GENERALE DU PROJET "SAND POINT"

LA COMPAGNIE

Cartier Construction Inc. est une compagnie spécialisée dans la construction marine. Réparation et construction de quais, le dragage de sediments et de roches sont les principales activités de cette compagnie. Elle s'y spécialise depuis plusieurs décennies et est fière de sa réputation.

LE PROJET

L'évolution des moyens de transports au cours du dernier siècle a dû suivre et s'ajuster à celle de l'industrie. Cependant si ces moyens ont beaucoup évolués, ils sont restés principalement les mêmes. Le plus important de tous pour le fret intercontinental et de gros volume reste par voie maritimes. Si les bateaux sont de nos jours plus gros et plus nombreux les ports pour les accueuillirs en sont de même.

En octobre 1987, Cartier se voyatit octroyé un contrat pour l'extension du quai de Sand Point près de St-Andrews N.B., le long de la rivière Ste-Croix (fig.1). Le quai existant(fig.2), mesurant déjà plus de 85 mètres devait s'agrandir de 150 mètres afin de suffire au trafic maritime augmentant. La nouvelle partie se composerait de quatre caissons de bétons situés à 50 mètres du rivage derrière lesquels un remblai de roches fournirait l'aire nécessaire au trafic terrestre. Le lien entre l'ancienne et la nouvelle partie se ferait à l'aide d'une structure de béton précontraint sur piliers.

A la fin d'octobre 87 l'équipement de départ était mobilisé et commencait un projet qui allait prendre plus de 18 mois à se réaliser. En décembre un drague commenca le creusage des sédiments qui allait durer deux mois afin de mettre à découvert le socle rocheux qui serait l'assise des caissons. En même temps le couvert végétal et de sédiments était enlevé de la montagne longeant le rivage adjacent au quai. Une balance, un concasseur et un "tamis" furent installés afin de fournir les différents matériaux de remplissage.

Un volume de 120,000 mètres cube de granite sévèrement fissuré et parcouru de failles remplies d'épisote devait être sauté en différentes étapes. Ces sautages en carrière fournirent le matériel nécessaire au matelas sous les caissons, au remplissage des caissons, au remblai derrière les caissons et aux différents concassés du projet. L'étude du sautage en carrière fournit une précieuse information sur la fissuration de la roche et son comportement en sautage comme nous le verrons plus loin.

...6

Les caissons, au poids de 60,000 tonnes chacun, une fois remplis, reposeraient sur un matelas de concassé d'un mètre d'épaisseur. La fondation des caissons étant très importante vue leur tendance à l'instabilité, un soin particulier devait y être accordé. Afin de préparer aux caissons une assise convenable, le socle rocheux de la rivière Ste-Croix qui était en pente, devait être sauté une fois à découvert (fig.3).

Les sautages sous-marins, comprenant une quantité de 5,000 mètres cube de roc sur 2,400 mètres carré, devaient se faire dans des conditions difficiles: soient un courant très fort, une marée de plus de huit mètres et le mois de février. L'équipement requis pour accomplir cette tâche fut une barge de 36 mètres par 10 mètres, montée de deux tours de forage de 30 mètres chacunes.

L'EQUIPEMENT

La barge (fig.4) est ni plus ni moins qu'une caisse de métal flottante sur laquelle deux rails portent les tours. Ces tours sont montées sur plateformes mobiles autonomes. Mis à part le système d'éclairage, tout s'y opére par air comprimé fournit par trois compresseurs dont deux sur les plateformes mobiles. La mobilité sur l'eau est assurée par une ancre à chaque coin de la barge attachée à un treuil à air. Le positionnement de ces ancres joue un rôle stratégique à l'accomplissement des forages afin de limiter leur déplacement lors des forages, ceci à cause de la forte pente du socle rocheux et de la grande marée. En effet, à marée haute, pour ne pas arracher les ancres situées au large lors des déplacements arrières, elles doivent être placées de façon à ce que l'angle des cables qui s'y rattachent soit minimale permettant de forer un maximum de trous pour chaque positionnement.

La tour de forage est constituée d'un mat de 30 mètres assis sur une plateforme portant un compresseur, elle-même assise sur rails ce qui lui permet de se déplacer le long de la barge de trou en trou. La rotation de la tige est assurée à partir du haut alors que le marteau se situe au bas où s'attache le foret. La lubrification du trou n'est pas nécessaire et le nettoyage se fait par air comprimé.

Lorsque la grille de forage est établie, un système de repère sur terre permet à la barge de se situer en tout temps. Ce système de localisation est conçu pour positionner la barge le plus précisément possible malgré les contraintes que la topographie peut apporter. Pour permettre une précision convenable lorsque ces repères sont à grande distance du site de forage, des lasers d'arpentage sont utilisés. Ces lasers orientés à 90 degrés et placés dans la grille permettent à la barge de se situer adéquatement autant le jour que la nuit même si placés à des distances de l'ordre kilométrique. Lorsque les repères peuvent être placés plus proche du site de forage, soit moins de 300 mètres, des mires, simples trépieds de bois montés de jalons, sont installées.

...7

Une variable très importante lors des forages est l'élévation de la marée, En effet l'établissement de l'élévation du socle rocheux ainsi que la profondeur à forer doit se faire à partir de la barge en tenant compte de l'élévation de la marée à l'instant même du début et de la fin de chaque forage, Les constantes étant la longueur de la tige de forage, l'élévation de la fin du forage (élévation négative) et le zéro hydrographique, la connaissance de l'élévation de la marée en tout temps, spécialement avec une marée variant de plus de huit mètres en six heures (1.4m/hr), est nécessaire à l'accomplissement d'un forage de qualité constante et pour éviter les reprises due à des points hauts.

Parmi les différents types de jauge à marée, deux sont plus couramment utilisées, la planche à marée et la jauge électronique. La planche à marée est simplement une graduée sur laquelle on lit directement l'élévation de l'eau. La jauge électronique, plus sophistiquée, lit la marée à l'aide d'une flotte reliée à un transducteur lui-même relié à un modem permettant de transformer la lecture en information transmissible par onde radio. Au point de réception, un autre modem reconvertit l'information en affichage numérique. Le grand avantage de ce système est d'avoir en tout temps une lecture précise de la marée et ce sans être restreint à l'accès visuel comme avec un planche de marée. Les autres avantages sont de pouvoir avoir autant de stations réceptrices que désiré et ne pas avoir à approximer la marée lorsqu'il y a de la vague. En effet si la flotte est installée dans un tuyau descendant sous l'action des vagues, la lecture reste relativement constante malgré les intempéries.

Une fois les paramètres bien établis, il est aisé de suivre l'évolution de chaque trou selon la formule suivante: la longueur de la tige moins la marée égale la profondeur du foret. Des graduations peintent sur la tour de forage permettent de savoir quelle longueur de tige se situe sous l'eau.

LE PATRON DE FORAGE

Le type de roc à sauter détermine l'espacement des trous. Le patron est habituellement conservateur au début à titre d'essai (voir le patron initial fig.5) et un test de dragage permet de déterminer si un changement est requis au patron. Le fait que le matériel dragué soit ou non réincorporé à la construction joue un rôle déterminant dans le choix du patron. Ainsi l'ouverture du patron peut se faire dans l'optique d'un dragage aisé tout en limitant le nombre de trous à forer. Le diamètre du forêt et donc du type d'explosif utilisé y joue un rôle tout aussi important, plus le forêt étant gros, plus les trous se distancent.

Dans le cas de foret de petit diamètre, le court espacement des trous peut présenter un grand danger car le chargement de chaque trou doit se faire à la fin de chaque forage et la dérive du trou suivant lors du forage ne pouvant être controlé. En effet malgré la précision du positionnement, la fracturation de la roche ainsi que la grande longueur de tige requise induit un facteur de danger pour les trous de petits diamètres. C'est pourquoi le choix d'un foret de 160 mm, tout en reduisant le nombre de trous et augmentant la productivité, se justifie aisément.

LES RISQUES ET CONTRAINTES

Le fait de faire des sautages à proximité d'une structure oblige un suivi très précis de la vibration induite lors de chaque sautage. Dans le cas de Sand-Point le quai existant est sur pilotis ce qui a pour effet d'augmenter la vibration au haut de la structure. Une inspection détaillée des structures existantes au début et à la fin est habituellement requise dans le contrat ainsi qu'un suivi à l'aide de séismographe pour vérifier que l'intensité des vibrations ne dépasse pas les limites des structures environnantes. Ces limites sont déterminées en se référant à des tables selon la nature des structures impliquées.

Une attaque sensible d'une telle limitation se fait uniquement par expérience car l'information disponible sur de telles situations traite généralement de cas spécifiques et seulement un minimum de généralisation peut se faire. C'est pourquoi l'approche scientifique dicte les grandes lignes et le suivi impose l'action à prendre plus l'on s'approche des structures à protéger. Il y a cependant des méthodes connues pour réduire la vibration et l'onde de choc hydraulique lors de sautage sous-marin.

Le médium usuel transmettant l'onde de choc est le socle rocheux mais lors de sautage sous l'eau, une onde de choc hydraulique peut générer assez d'énergie pour infliger des dommages aux structures avoisinantes. Il y a donc deux types de vibrations à limiter. Pour réduire la vibration transmise par le socle, une ligne de trou de forage entre la structure et le lieu de sautage permet de diminuer le milieu transportant l'onde et de réduire ainsi le potentiel de chaque sautage. Les trous doivent être très serrés et d'une profondeur plus grande que celle du sautage et de la structure. Ces trous sont parfois injectés de gel ou injectés d'air si le sautage doit s'effectuer très près de la structure.

Dans le cas de l'onde hydraulique un rideau d'air est créé pour amortir l'impact. Ceci se fait à l'aide d'un tuyau percé d'un très grand nombre de minuscules trous dans lesquels est injecté de l'air sous très grande pression. Le fait d'avoir de minuscules trous permet de produire une grande quantité de petites bulles qui joueront le rôle de coussins d'air et amortiront le choc. Le tuyau, fait de plusieurs sections afin de suivre le contour du fond le mieux possible est maintenu grace à des poids ou simplement attaché à une poutre en H ce qui permet de le protéger en même temps.

Malgré ces mesures de protection, la vibration induite lors des sautages peut atteindre un niveau plus grand que la limite recommandée. Pour réduire cette vibration on peut passer au tir en séquence, trou par trou et ensuite au tir en palier, c'est à dire différentes charges dans un même trou, séparées par des sacs de sable; ceci permet de rester dans les limites tout en fracturant proprement la roche. On peut aussi diminuer le diamètre de l'explosif (découplage) et augmenter le nombre de trous mais cette méthode est beaucoup moins économique que la première et plus dangereuse.

LE DRAGAGE

Lorsque le sautage a été completé sur une superficie raisonnable, le dragage du roc peut s'effectuer afin d'établir si la profondeur désirée fut atteinte. On peut habituellement localiser les points hauts lors même du dragage et lorsque le roc fracturé est déblayé de ces endroits, effectuer les forages de reprise. La quantité de reprises dépend habituellement de la compétance du socle rocheux au départ. Il arrive parfois qu'un tir manque dans un trou mais ceci n'implique pas nécessairement que le dragage ne pourra s'effectuer jusqu'à la profondeur désirée. Il est habituellement alloué dans les spécifications une certaine tolérance face au niveau de dragage (30cm) afin de limiter le surbris du socle sous les caissons.

LES TRAVAUX DE FINITIONS

Suite au dragage du roc vient le matelas en différentes couches d'épaisseur et de granulométrie différentes. Ce matelas se doit d'être très bien nivelé afin d'assurer que les caissons ne chercheront pas à basculer, ces derniers devant être alignés le mieux possible. Une fois les caissons en place, leur remplissage s'effectue suivi d'un relevé d'arpentage afin de déterminer où sera la face finale du quai, c'est à dire le mur de couronnement.

B) UNE DESCRIPTION PLUS DETAILLEE DES SAUTAGES

1) LE SAUTAGE EN CARRIERE

Tel que l'on peut le voir à la figure 2, le sautage en carrière est relativement simple, ne présentant que peu de contraintes. Dans le cas de Sand Point il pourrait cependant être très révélateur quant à la marche à suivre pour les sautages suivants et même sous-marins.

LES CONTRAINTES

La carrière voyait son coin nord est à 300 m. de l'usine Star Kist où l'excavation était maximale, soit de 16 mètres. Une pompe dans un caisson de béton d'approximativement 5 mètres carrés se trouvait à 10 mètres du coin sud ouest ou l'excavation était minimale. Le premier sautage, généralement celui ou l'on évalue les preformances du boute-feu, voyait sortir ses premiers trous à 130 mètres d'un cargo de 122 m. de longeur qui avait choisi de se positionner pour l'occasion.

LE ROC

Plusieurs forages furent fait et les résultats de R.Q.D. (= 0%) laissaient entrevoir un roc très fissuré. D'autres conclusions cependant attribuairent ces fissures à l'instabilité des équipements de forage et le roc fut finalement classifié comme un granite de bonne qualité et compétent.

Les propriétés du granite de Sand Point furent analysées et comparées à celles d'autre granite; le tableau ci-dessous nous laisse voir ses caractéristiques.

	Module de young (Kbar)	Coeff. de poissons	Densité du roc (g/cc)	Résist. en Compression (PSI)
Granite de Sand Point	696	0.25	2.7	29,578
Autres granites	190	0.38	2.6	19,710
Autres granites	601	0.25	2.7	31,415
Autres granites	810	0.22	2.8	32,351

...11

LE PLAN D'ATTAQUE

Il fut décidé de placer des séismographes dans ou sur les structures à protéger et de débuter les sautages de façon prudente toute en étant conservateur. L'ouverture du banc se ferait au centre ouest de la carrière à bonne distance de la structure la plus près soit le caisson de béton contenant la pompe. Si les vibrations augmentaient de façon inquiétante le chargement évoluerait du minimum de trou par séquence au charges étagées et si nécessaire au découplage des charges dans chaque trous.

Le sous contractant ayant décidé d'opérer avec des trous de 65 ou 70mm ceci réduisit les risques de dommage de façon appréciable dès le départ.

L'ETABLISSEMENT DES PARAMETRES DE SAUTAGE

Explosifs et Technologies Internationale fournissant les explosifs et l'aide technique s'y rattachant, proposa avec le consentement du sous contractant en forage et sautage un départ avec un patron de 2.1M par 2.1M avec un trou de 65mm de diamètre. Le sous-niveau serait de 1.2M et le collet de 1.8M pour des coupes de 2 à 16 mètres. Ces suggestions furent basées sur les paramètres utilisés pour d'autres sautages simillaires dans le granite et aussi sur l'experience du boute-feu du sous contractant.

De là, le patron évolua de 2.1 x 2.1M à 2.4 x 2.4M avec un diamètre de forage de 70mm. Le sous niveau demeura le même à 1.2M et le collet à 1.8M.

Les explosifs utilisés furent: une charge de fond de Tovex 5000 SD-S (50x400mm) de deux à quatre batons (fig.6) suivie de NILITE FR jusqu'au collet de 1.8M. L'amorçage s'est fait avec un détonateur électrique (choix du boute-feu) dans le deuxième baton du fond. En cas d'eau le NILITE FR serait remplacé par du Tovex 2000 SD-S. Durant le travail les facteurs de chargement ont évolués entre 0.45 à 0.55 kg/m .

...12

LES RESULTATS

En carrière le premier sautage d'ouverture fut un succès et les choses s'enchainèrent. Le roc se montra très compétent et la fragmentation excellente. Les trous étaient secs et le NILITE FR fut utilisé durant tous les travaux.

Pour ce qui est des vibrations:

A l'usine Star Kist lorsque le seismographe fut ajusté à l'échelle de sensibilité nécessaire pour lire les sautages, celui-ci était déclanché par les machines de l'usine.

Aux approches de la boîte contenant la pompe, l'excavation n'étant pas importante le tir en séquence (un trou à la fois) fit l'affaire.

2) LE SAUTAGE SOUS-MARIN

LES CONTRAINTES

Les contraintes du sautage sous-marin ont été les suivantes:

- contraintes environnementales de vibrations séismiques (protéger les structures existantes.
- contraintes environnementales dues à la génération des ondes de choc dans l'eau.
- contraintes dues à la courte période de temps allouée pour faire le travail (2 semaines)
- détonation sympathique et pression hydrostatique.
- sécurité.

LE ROC

Selon les forages, le roc sous-l'eau était le même qu'en surface soit du granite et était en pente de 65 vers l'ouest. Tous les paramètres décrivant ce roc sont tels que donnés dans la section précédente.

LE PLAN D'ATTAQUE

Pour minimiser les vibrations séismiques il fut décidé de commencer le travail du côté nord soit le plus éloigné de la structure la plus importante à protéger: le quai. Les séismographes nous guideraient jusqu'au point le plus critique soit le coin sud est. Une ligne de pré-découpage fut aussi forée dès le début des travaux avec des trous de 150mm forés à 0.5M centre à centre entre le quai et les derniers trous à être forés (à 1.5M de la dernière ligne de sautage est-ouest).

Pour minimiser les risques de dommage par les ondes de choc générées par la détonation de l'explosif sousl'eau il fut décidé d'utiliser le rideau d'air sur tout le côté nord du quai et d'utiliser un collet dans la dernière section du sautage.

Pour réduire les chances d'accidents le choix d'un gros diamètre de forage y fait déjà pour beaucoup en permettant l'utilisation d'un patron plus important dès le départ.

L'innovation la plus importante qui s'est fait ces derniers années dans le domaine du forage sous marin fut le passage de l'initiation électrique à celui des Nonels XT qui présentent plusieurs avantages. En voici deux très importants:

- L'absence du risque de l'initiation accidentelle par l'électricité.
- La possibilité de croiser tous les cordeaux sans influencer la séquence de tir.

Encore un bon pas vers la sécurité fut d'utiliser un système d'initiation double.

Aussi l'utilisation d'un explosif propre à l'application soit un mélange résistant à la pression hydrostatique et non sensible à la détonation (sympathique) des trous à proximité et beaucoup moins sensible qu'un produit de petit diamètre.

Pour pouvoir faire le travail en un temps limité, deux semaines dans ce cas-ci, il était important d'avoir une bonne planification et d'avoir en main tout l'attirail nécessaire. Juste du côté accessoire de sautage c'était déjà un fait important que de les avoir sur place considérant qu'au départ on planifiait 472 trous soit 944 Nonels XT, de période différentes 944 amorces, etc...

L'ETABLISSEMENT DES PARAMETRES DE SAUTAGE

Le diamètre du forage utilisé fut de 150 mm car c'est ce que cette compagnie utilise généralement. Dans le cas qui nous interesse un diamètre de 150mm permet de réduire le coût de forage considérablement considérant qu'à 65mm le nombre de trous seraient passé de 472 trous planifiées à 2.5M x 2.5M, à 2720 trous (à 1.04x1.04m). Le choix d'un gros diamètre favorise aussi l'éfficacité des explosifs. Plus le diamètre de l'explosif est grossi plus l'énergie libérée augmente. Un autre avantage à noter est qu'un trou de 150mm à tendance à se boucher beaucoup moins facilement qu'un trou de 65mm réduisant de façon appréciable les reprises.

Il y a plusieurs façon d'établir les paramètres de sautage pour un sautage sous-marin:

- Les règles dictée par la pratique, manuel explosifs (Doc, p. 431 & CIL, p. 420)
- Il y a aussi le baggage d'experience qu'acquière la compagnie de forage avec les années.
- Il y a aussi une méthode qui semble résumer toute les autres et que nous appellerons ici " La méthode logique ".
- Et aussi l'utilisation de programmes d'ordinateurs tel " BLASPA ".

Lorsqu'il y a possibilitée d'utiliser plusieurs outils pour établir des paramètres de sautages, il semble sage de le faire surtout lorsque les reprises sont couteurses comme dans les sautages sous-marin.

Nous allons revoir ici les quelques outils disponible pour l'établissement de ces paramètres, soit:

a) Les règles dictées par la pratique (rule of thum)

b) La méthode logique

c) L'utilisation de simulateur de sautage comme " BLASPA ".

A) Les règles dictées par la pratique suggèrent de ne pas dépasser un patron de 3.05M et un facteur explosif de 2.5 à 5.5 lb/V3 et d'utiliser un sous niveau d'au moins 3 mètres. Il semble maintenant que l'on peut faire mieux.

B) La méthode logique.

La méthode logique consiste à considérer l'eau qui à une densité de 1.0g/cc comme du roc (granite) à 1.70 de densité. Ceci peut se traduire comme suit:

8 mètres de roc + 14.8M d'H 0 marée moyenne =

8 mètres de roc + 5.5M de roc =

13.5M de roc à faire sauter à partir de cela on procède comme en carrière. Avec un trou de 150 mm dans un banc de 13.5M, quel devrait être le sous niveau, le collet et le patron.

Cette méthode présente cependant un problème, c'est que le roc doit y être pour y mettre l'explosif. S'il n'y est pas on peut utiliser les facteurs explosifs pour réduire le patron de façon à avoir l'énergie nécessaire au sautage.(fig.9 on peut voir un exemple d'utilisation de cette méthode.

C) L'utilisation du simulateur BLASPA.

Avec blaspa, on utilise les paramètres du roc qui ont été développés en carrière que l'on utilise comme standard. De la carrière on passe sous l'eau en simulant un sautage où le banc est considéré comme dans la méthode précédente mais où l'explosif et le diamètre des trous changent. Blaspa compare donc ce sautage (11 facteurs de qualités) avec celui de la carrière. En variant le patron on peut s'arrêter lorsque les 11 facteurs de qualités sont égaux ou près de ceux de notre sautage standard (à la fig. 10 on peut voir un exemple des résultats de tels situation).

Dans le cas de Sand Point les paramètres de la roche en carrière sont arrivé très tard et les simulations n'ont pu nous aider pour le départ. C'est donc le contracteur qui débutat les travaux avec un patron de 2.5M x 2.5M avec un sous niveau de 1.25M.

LE TRAVAIL

Le travail à accomplir présentait une superficie de 2400 M à forer (fig.5). Ce forage comprenait 472 trous forant de 1.5M à 8.4 mètres dans le roc à un patron de base de 2.5 x 2.5 mètres. Tous les trous étaient posionnés sur une même ligne afin de faciliter le positionnement de la barge de forage.

Ces positionnements devaient se faire en deux étapes; le forage en eau profonde et le forage en eau basse. Ceci était causé par la longueur du cuvelage (casing) qui devait être racourcie pour l'approche de la plage. Le forage devait se faire sous 6 à 14.8 mètres d'eau.

La capacité maximale de forage de la barge était de 10 trous par position. Pour compléter tout le travail la barge devait se positioner approximativement 60 fois selon le plan initial. Avec le réajustement du patron ceci passa à approximativement 42 positionnements.

Le chargement se faisait avec du Tovan Super (125 x 810mm) une densité de 1.25g/cc un produit dessiné pour résister à de bonnes pressions hydrostatiques, peu sensible aux détonations avoisinantes et nécessitant un amorce 0.45 kg pour le détoner. Aucun collet n'était prévu sauf en bordure du quai.

Lorsque le forage d'un trou était terminé l'acier était remonté et les sacs d'explosifs descendus dans le cuvelage (casing) qui est appuyé au fond sur le socle rocheux. Les sacs étaient ensuite glissés dans les trous.

L'amorçage de ces charges se faisait à l'aide de deux Nonels XT dont l'un avec le détonnateur dans l'amorc placé dans le sac du fond et l'autre de même mais dans le sac du dessus (voir la fig.9).

Lorsque 10 trous étaient chargés ceci nous laissait avec 20 cordeaux Nonels XT à ratacher à la surface. Ne pouvant les regrouper tous pour la détonation il a donc fallu inventer la barre de sautage (fig.10). Cette barre était notre raccordement de surface, avec ses flottes pour la garder en surface et pour y attacher le détonateur. Lorsque tout était prêt la barre était descendu à l'eau et la barge reculait d'une vingtaine de mètres de celle-ci et la détonation était faite de la barge. Très peu de gaz s'échappe généralement de ces sautages et pratiquement rien n'apparait en surface. La barge se repositionne immédiatement et le forage recommence.

LES RESULTATS

Après quelques sautages la drague fut mobilisée et on vérifia les résultats. Les résultats étaient tellement prometteurs que le patron passa sucessivement de 2.5M x 2.5M à 3.0M x 3.0M de 3.0 x 4.0M et finalement à 4.0 x 4.0M, avec le sous niveau variant jusqu'à 2 mètres. Les autres paramètres demeurèrent semblables.

Pour ce qui est des vibrations, ce n'est que dans le dernier positionnement de la barge que la situation due être surveillée attentivement. On a du passer à 3 charges étagées par trou. Les vibrations sont toujours demeurées en dessous de 2.0 P.P.V. (les lectures des seismpgraphes sont visibles à la fig. 13).

...18

CONCLUSION

Le projet Sand Point est un projet interressant parce qu'il touchait deux type de sautage dont l'un sous marin, il a été fait sous plusieurs contraintes tel: marré importante, température et vents, sautage de gros diamètres près de structures importantes et sautages sous-marins.

Il y a maintenant plusieurs méthode pour prédire les paramètres de sautages mais dans les conditions difficiles la prudence est peut être encore la meilleur façon de débuter le projet.

La compétence du contracteur a fait que le forage sous marin de Sand Point s'est fait efficacement sans délais majeurs ni dommages aux structures environnantes.

FIG. 1

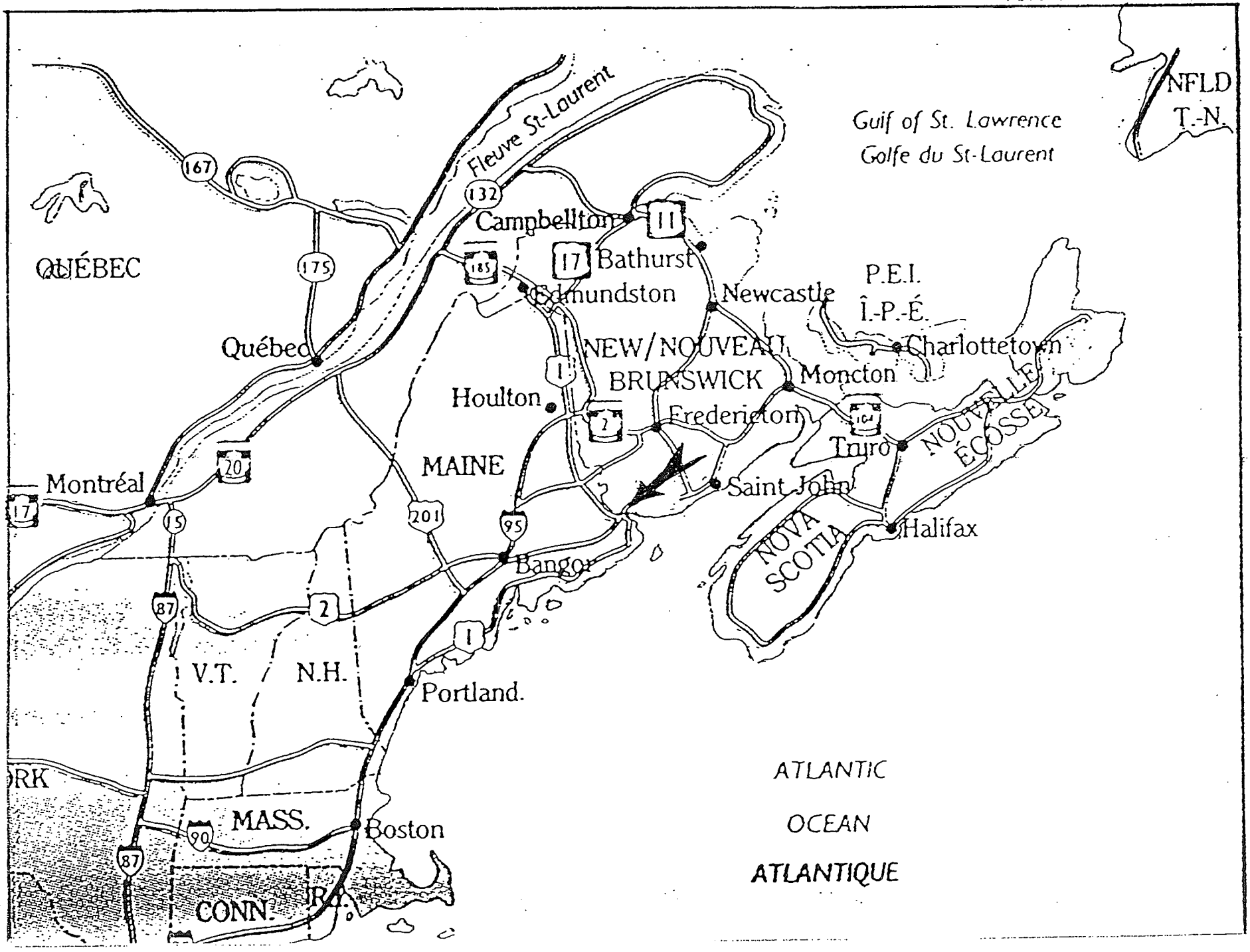
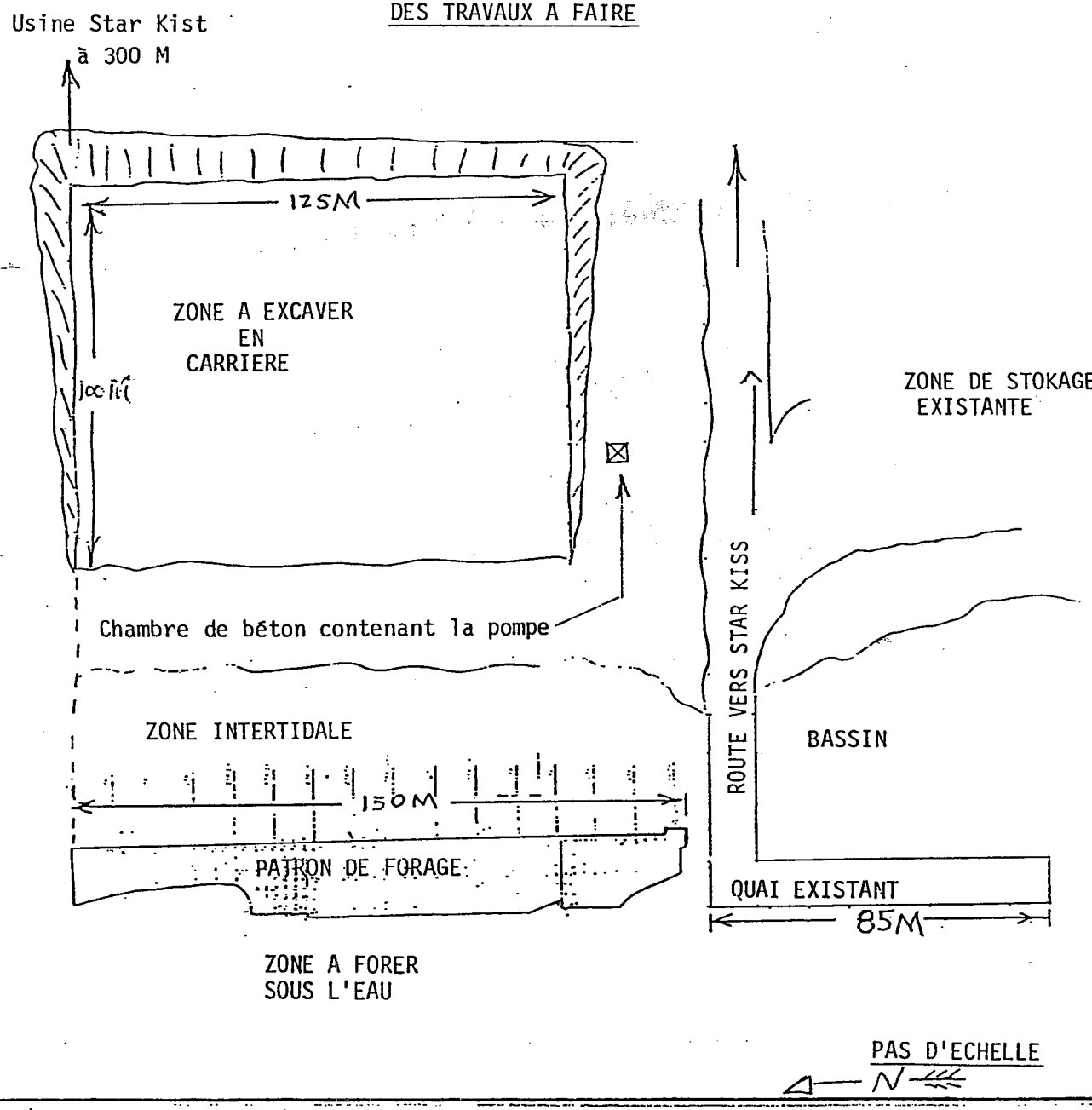

NFLD
T.-N.
Gulf of St. Lawrence
Golfe du St-Laurent
Fleuve St-Laurent
QUÉBEC
Québec
Campbellton
Bathurst
Edmundston
Newcastle
P.E.I.
Î.-P.-É.
Charlottetown
NEW/NOUVEAU
BRUNSWICK
Moncton
Houlton
Fredericton
Truro
NOUVELLE ÉCOSSE
MAINE
Montréal
Saint John
Halifax
NOVA SCOTIA
Bangor
V.T.
N.H.
Portland.
MASS.
Boston
CONN.
R.I.
ATLANTIC
OCEAN
ATLANTIQUE

FIG. 2

VUE EN PLAN DES INSTALLATIONS EXISTANTES

DES TRAVAUX A FAIRE



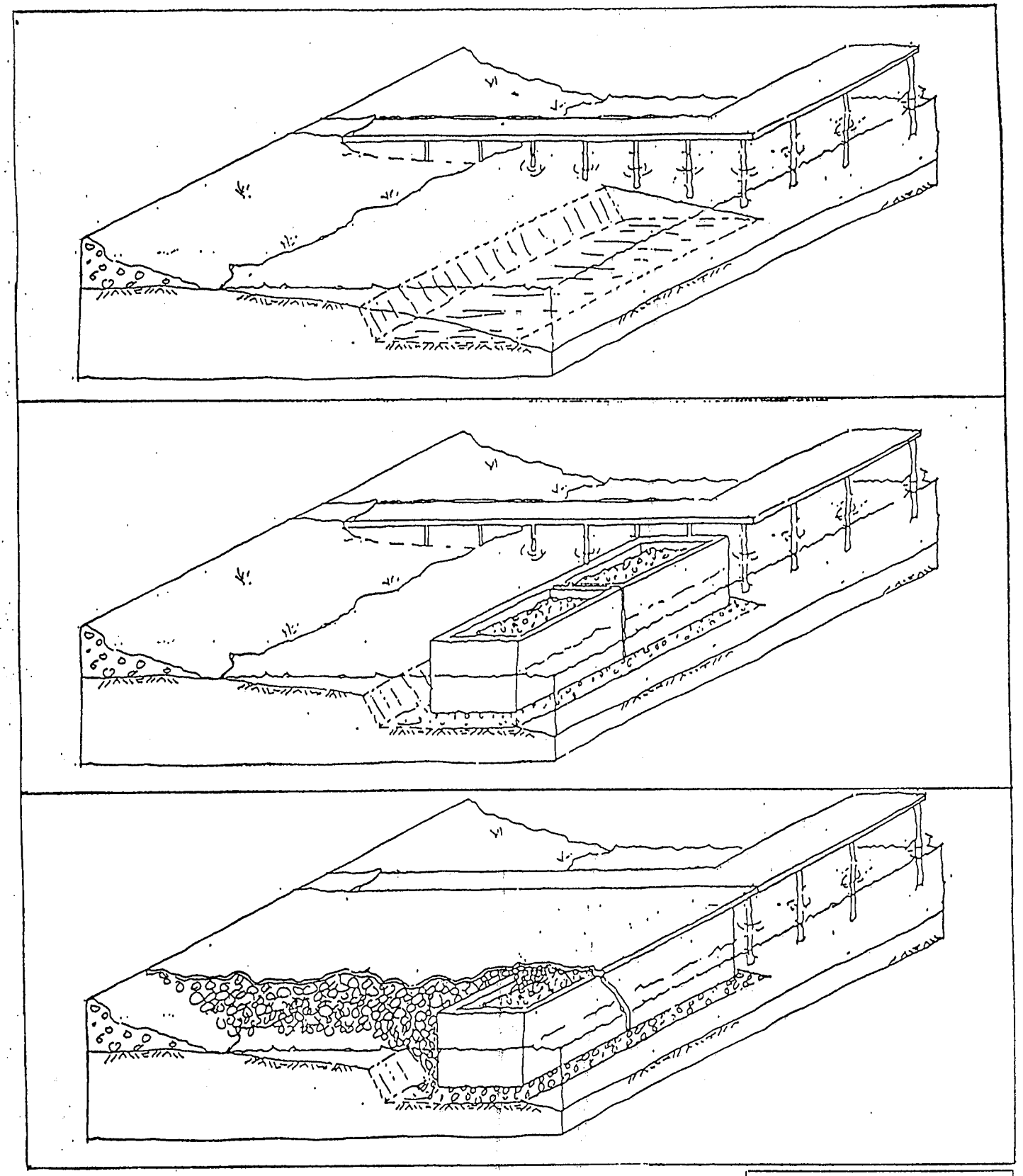
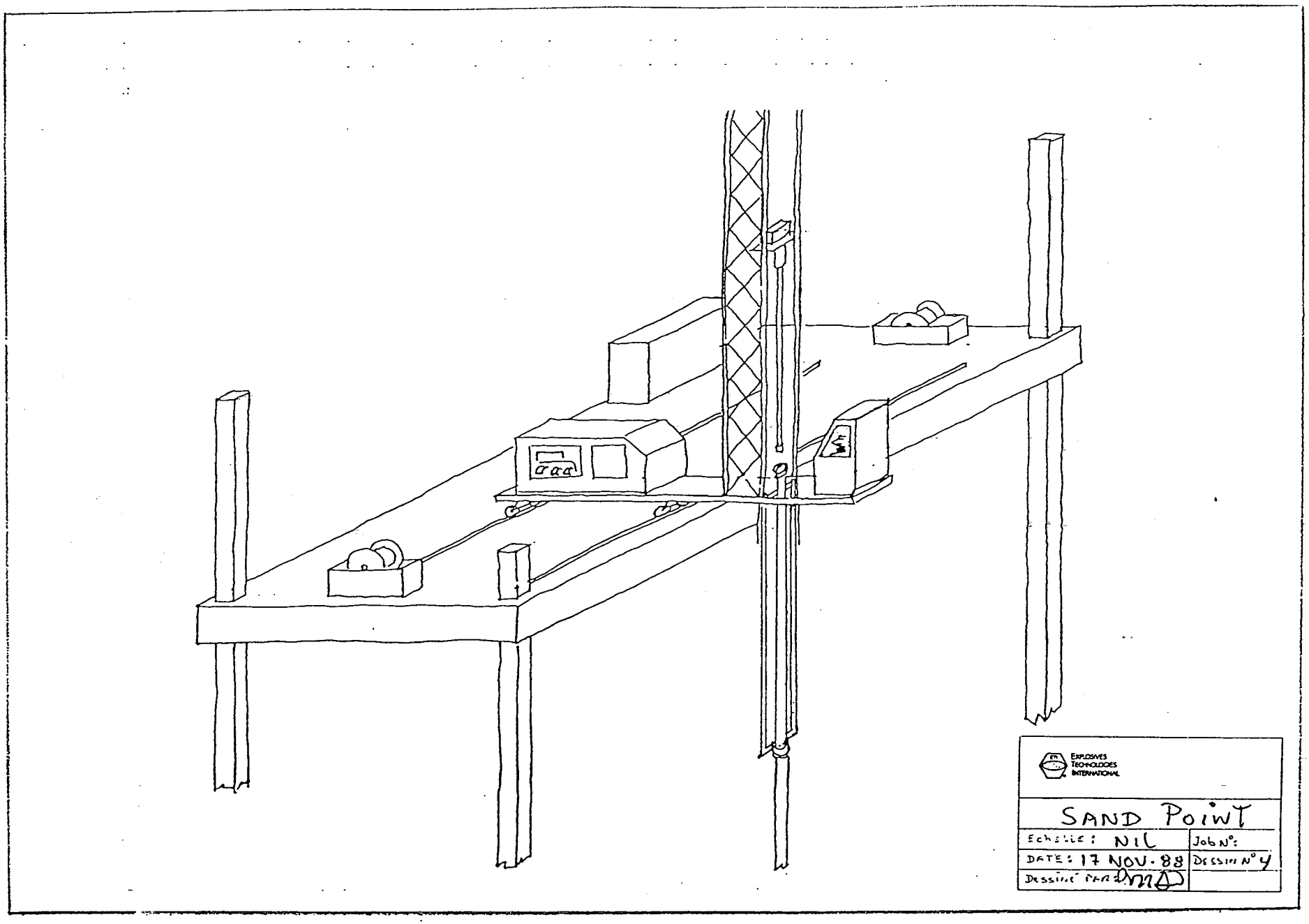


Fig.A -Vue isométrique de la zone sautée et excavée (pour environ 2 caissons).

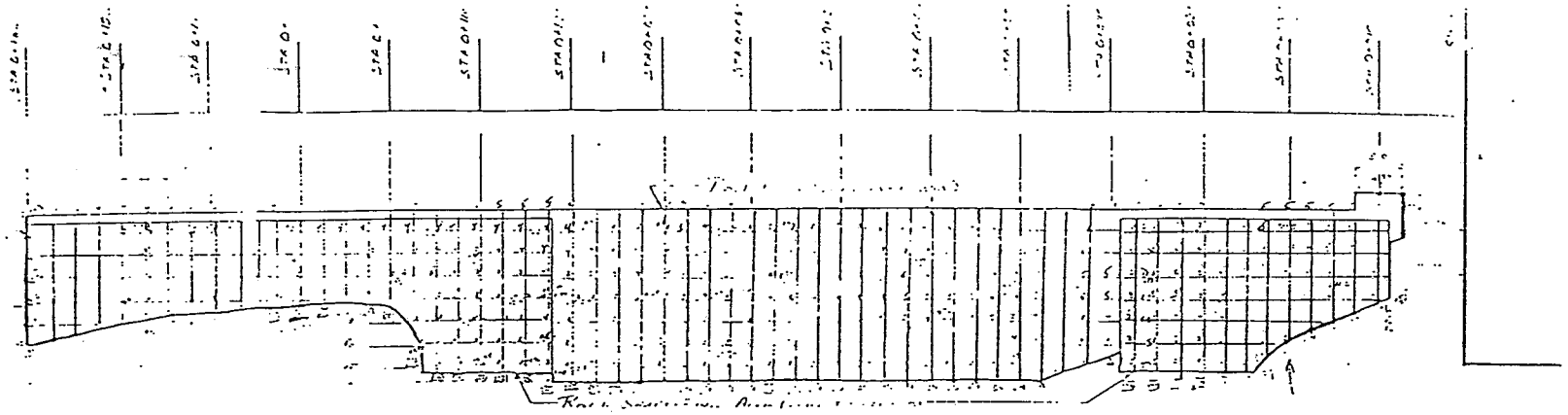
Fig.B -Vue isométrique de deux caissons en position final.

Fig.C -Vue isométrique du travail completée avec une coupe laissant voir le remplissage.

EXPLOSIVES TECHNOLOGIES INTERNATIONAL	
SAND POINT	
Echelle : NIL	Job N°
DATE : 12 NOV. 88	DESSIN N° 3
Dessiné par : DMD	



Vue isométrique de la barge de forage avec ses quatres pattes de positionnement de 30 m, une foreuse sur rail avec mat de 30 m. (celle de Sand Point en avait deux), 2 treuilles pour le positionnement à l'aide des ancres. La barge de 10 par 36 m. pouvait dans ce cas-ci forer 10 trous avant de se déplacer.



Le patron de forage tel qu'établis au début des travaux

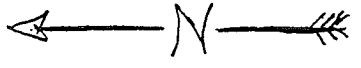


FIG. 6

SECTION D'UN TROU EN CARRIERE

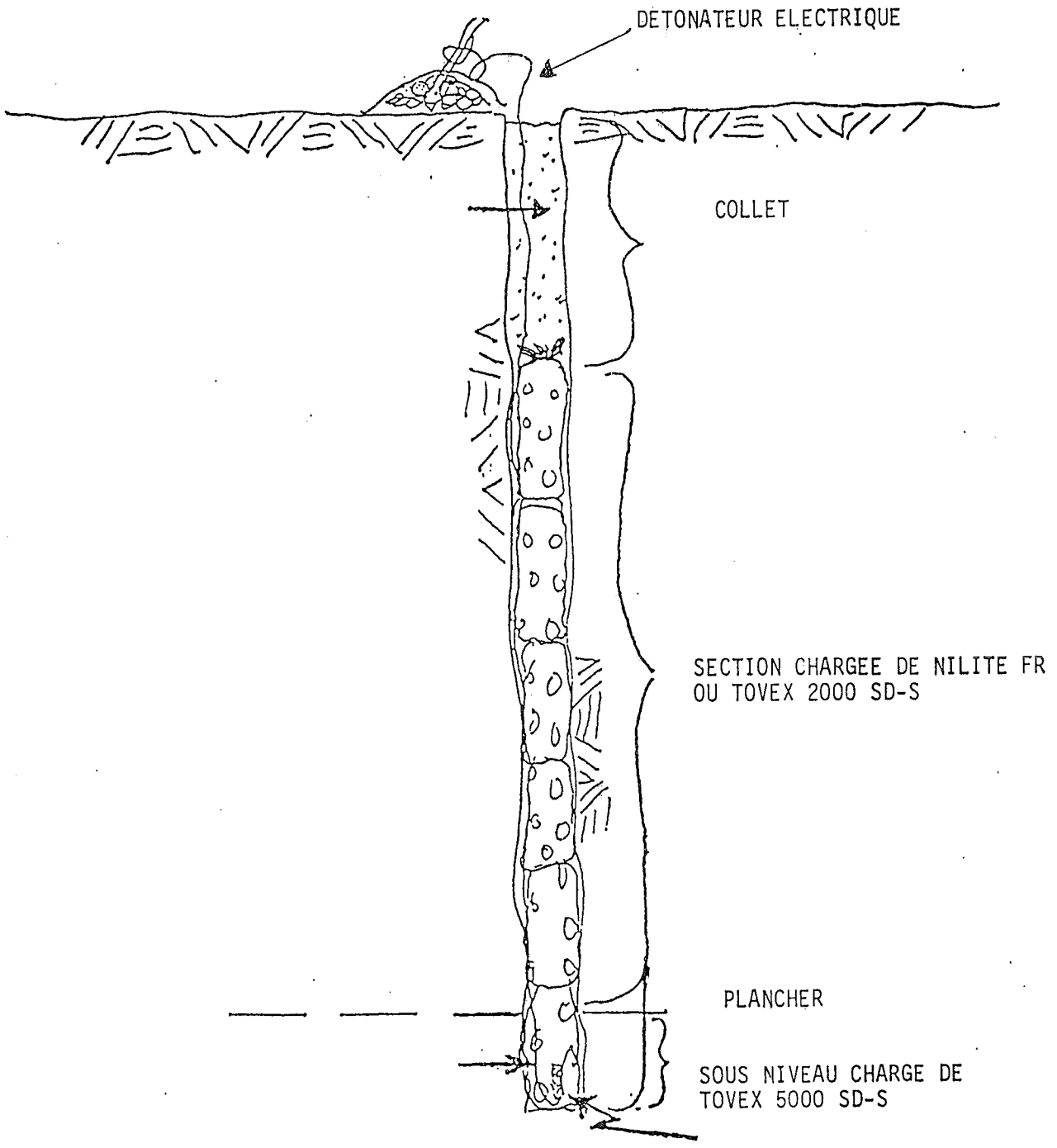


FIG. 7

SECTION D'UN TROU CHARGE SOUS L'EAU

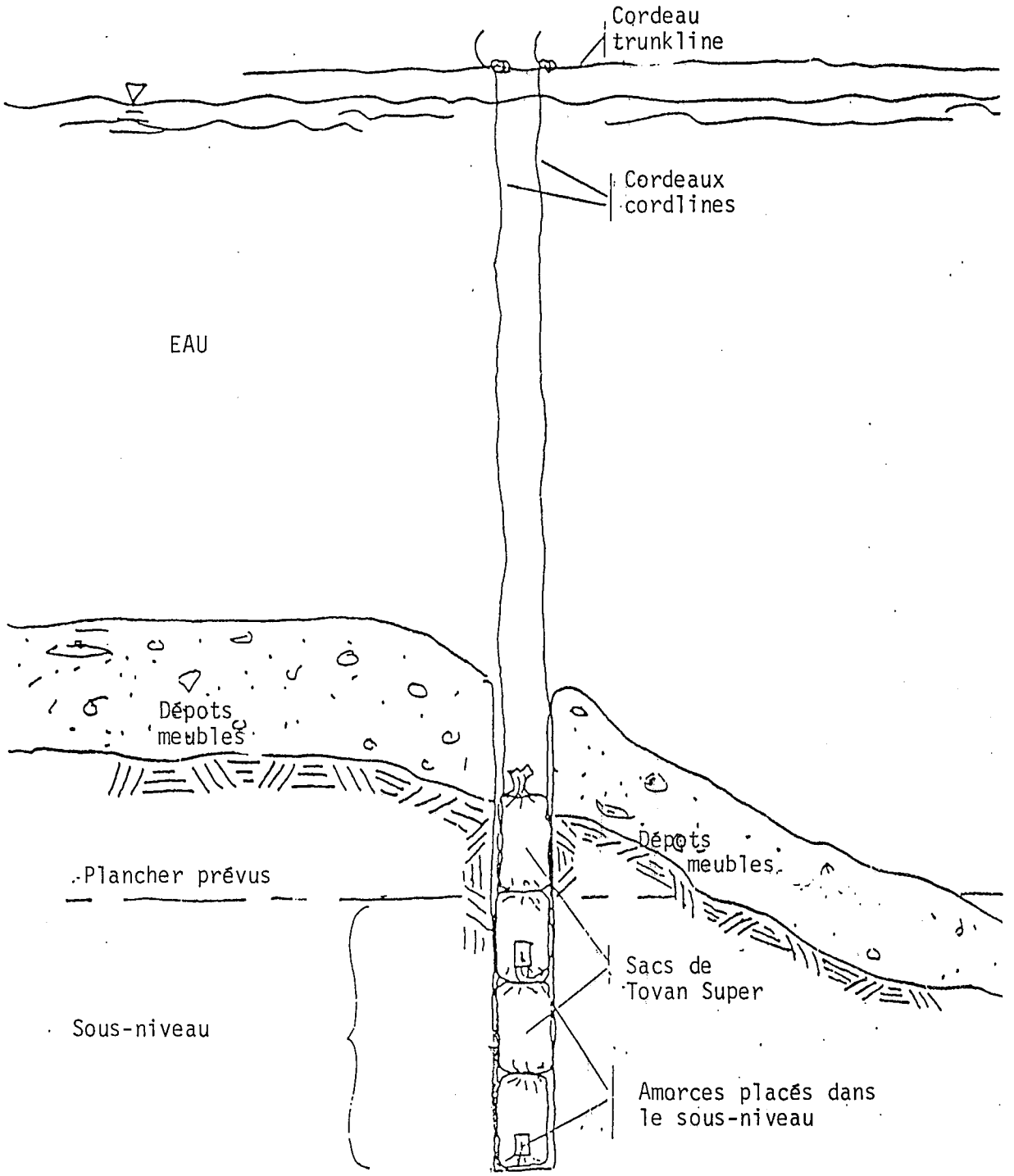


FIG. 8

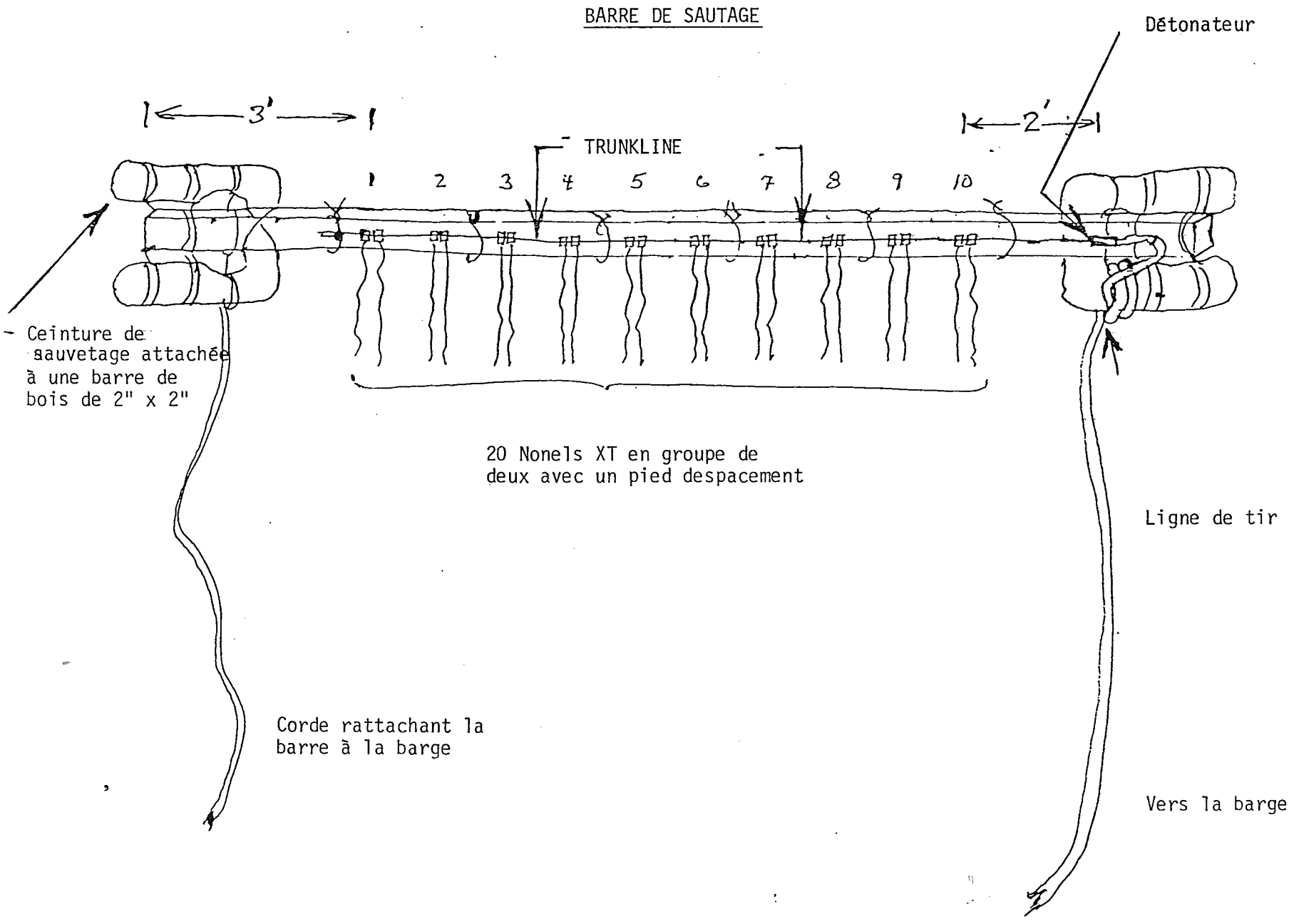

BARRE DE SAUTAGE
Détonateur
3'
2'
TRUNKLINE
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ceinture de sauvetage attachée à une barre de bois de 2" x 2"
20 Nonels XT en groupe de deux avec un pied despacement
Ligne de tir
Corde rattachant la barre à la barge
Vers la barge

FIG. 9

EXEMPLE DE LA METHODE DITE LOGIQUE

Les estimations sont correct si;

le facteur poudre EFFECTIF demeure $\geq$ 1 kg/m^3

ou le facteur poudre REEL demeure $>$ 2.3 kg/m^3

EXCAVATION SOUS-MARINE

DIAMETRE FORAGE:	150 mm
COLLET :	0.3 m
SOUS-FORAGE :	2.0 m

HAUTEUR DE COUPE (m)	PROF. EAU (m)	PROF. FOREE (m)	PLAN FORAGE (m x m)	VOLUME PAR TROU: DE ROC (m^3)	VOLUME PAR TROU: D'EAU CONVERTIE[1] (m^3)	VOLUME TOTAL (m^3)	EXPLOSIFS & ACCESSOIRES: DESCRIPTION	kg	$	FACTEUR EXPL.: EFFECTIF (kg/m^3)	FACTEUR EXPL.: REEL (kg/m^3)	COUT DES EXPLOSIFS REEL ($/m^3)	FACTEUR FORAGE: m/m^3	FACTEUR FORAGE: m^3/m
0	17	2	2.7x.27	--	6.80	6.80	3 Tovex LD-442	37.5	139.92	37.5	37.5	139.92	--	--
1	16	3	2.7x2.7	7.29	46.66	53.95	4 Tovex LD-442	50.0	137.93	0.92	6.86	18.92	0.41	2.43
							2 Cor-Dets 3		9.32	36.48				
							2.7 m Trunkline		1.34					
							2 Cordlines 20 m		22.97					
							1 Connecteur Dét.		2.85					
									174.41					
2	15	4	2.7x2.7	14.58	43.74	58.32	6 Tovex LD-442	75.0	206.89	1.28	5.14	16.69	0.27	3.65
							Accessoires*		36.48					
									243.37					
3	14	5	2.7x2.7	21.87	40.82	62.69	7 Tovex LD-442	87.5	241.37	1.40	4.00	12.71	0.23	4.37
							Accessoires*		36.48					
									277.85					
4	13	6	2.7x2.7	29.16	37.91	67.07	9 Tovex LD-442	112.5	310.33	1.68	3.86	11.89	0.21	4.86
							Accessoires*		36.48					
									346.81					
5	12	7	2.7x2.7	36.45	34.99	71.44	10 Tovex LD-442	125.0	344.81	1.75	3.43	10.46	0.19	5.21
							Accessoires*		36.48					
									381.29					
6	11	8	2.7x2.7	43.74	32.08	75.92	12 Tovex LD-442	150.0	413.78	1.98	3.43	10.29	0.21	4.86
							Accessoires*		36.48					
									450.26					
7	10	9	2.4x2.7	45.36	25.92	71.28	13 Tovex LD-442	162.5	448.26	2.28	3.58	10.69	0.20	5.04
							Accessoires*		36.48					
									484.74					
8	9	10	2.4x2.7	51.84	23.33	75.17	15 Tovex LD-442	187.5	517.22	2.49	3.62	10.68	0.19	5.18
							Accessoires*		36.48					
									553.70					

(1) Nous avons utilisé le facteur de conversion 1 m d'eau = 0.4 m de roc

* Les accessoires demeurant les mêmes pour le projet sous-marin ne sont rapportés comme = $36.48

Pour vous aider dans vos projets. Du Pont.

FIG.10

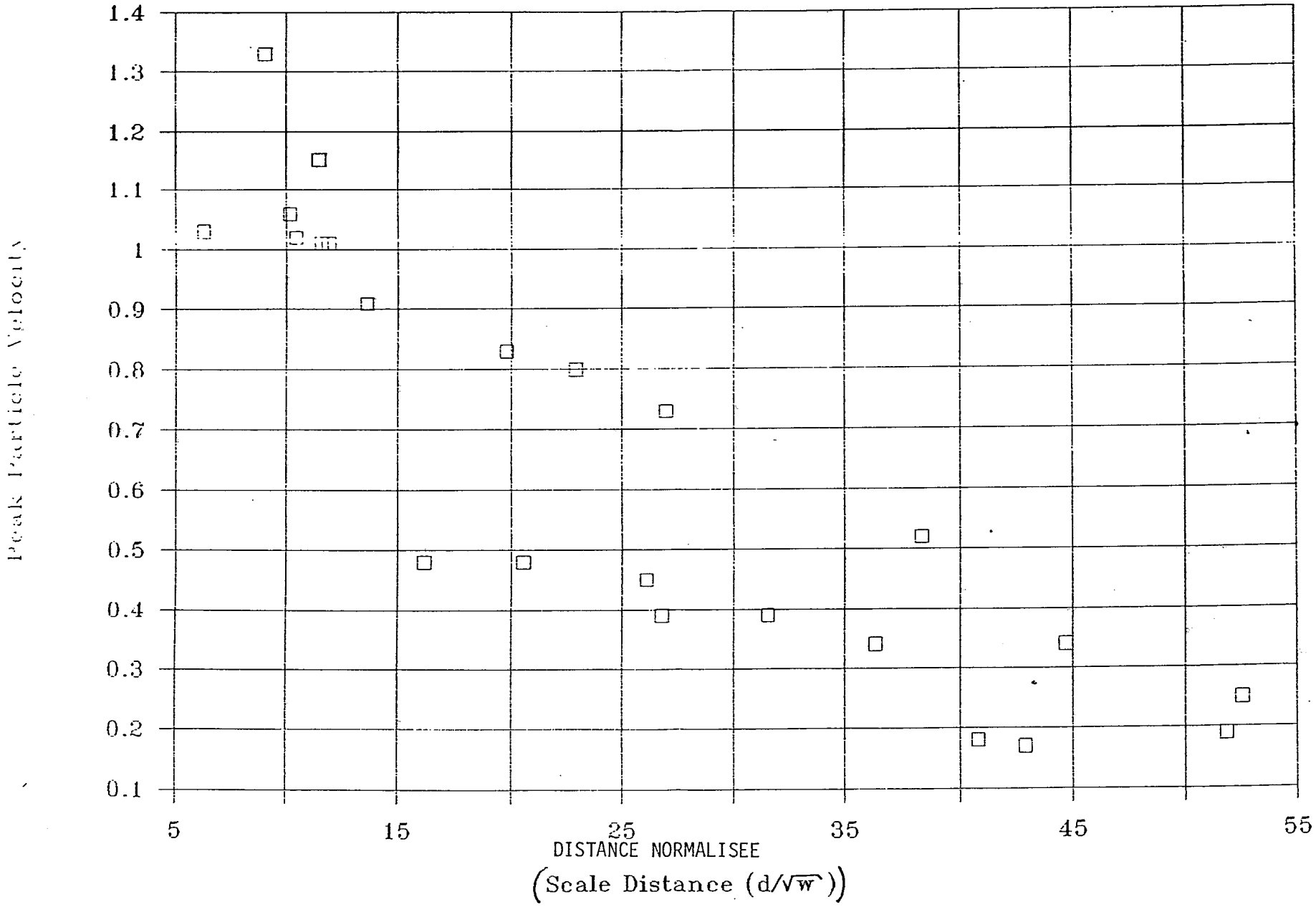
hat is the number associated with the study
>1

Sand point U/W blasting project, N

COMMENTS	GRADE RUPTURE	BLOCKS	BACK BREAK	AVG. MVT.	AVG. GR. MVT	BACK GR. MVT.	AVG. FRAGMENTATION	LIFT ROCK	FLY ROCK	EXPLOSIVES COST @/ya	BLASTING COST @/ya
					STANDARD						
Quarrblt b=8,s=8,h=20,c=5.5,g=4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	21.44	278.78
2 U/W blast,h=41,b=8.2,s,8.2,c,19.4	334	201	159	335	561	605	303	518	465	390.90	542.39
3 Burden changed from 2.5m to 3.0m, 9.8' to 8.2'	306	198	159	280	441	481	265	399	372	327.08	453.83
4 Pattern extended to 15 by 15 4.6m x 4.6m	217	179	159	100	252	242	123	194	210	116.82	162.09

END OF STUDY

FIG. 11

SAND POINT

Resultat De Sautage