

JOURNEE D'ÉTUDES SUR LES TECHNIQUES DE
SAUTAGE EN GENIE CIVIL

FACULTE des SCIENCES et de GENIE
UNIVERSITE LAVAL

DIVERSES TECHNIQUES DE SAUTAGE
EN MILIEU URBAIN

par

jean-jacques liard

ingénieur-conseil

explosifs

Enseignement Professionnel
Témoignage Juridique
Contrôle de Qualité
Contrôle Sismique

Enquête de Réclamations
Evaluation de Risques
Analyses de Coûts
Expertises

10884 Audoin
Montréal, H1H 5E7

Bur.: (514) 321-8639
Rés.: (514) 321-3268

DIVERSES TECHNIQUES DE SAUTAGE EN MILIEU URBAIN

INTRODUCTION

FONCEE INITIALE

PRE-CLIVAGE

SAUTAGE ADOUCI

SAUTAGE COUSSINE

FORAGE DE TROUS RAPPROCHES (line drilling)

CONCLUSION

ILLUSTRATIONS

INTRODUCTION

Avant d'établir les méthodes de sautage adéquates pour permettre l'excavation du roc en milieu urbain il est tout d'abord important de connaître les données suivantes:

- 1- la distance qui sépare une des limites de l'excavation à la structure la plus rapprochée
- 2- la distance la plus éloignée des structures
- 3- la profondeur requise de l'excavation
- 4- les exigences quant aux conditions requises des murs après excavation (tolérance du bris hors profil)
- 5- la formation du roc dans lequel on est appelé à travailler
- 6- les limites de vibrations qui nous sont imposées
- 7- le type d'équipement de forage utilisé et l'accessibilité de ces équipements sur le chantier.

Suivant les informations obtenues, il nous sera possible d'établir:

- 1- l'épaisseur manimum de chaque gradin
- 2- la dimension des trous de forage
- 3- les patrons de forage et les patrons de délais
- 4- les techniques de sautage à utiliser

La plupart du temps, lorsqu'il y a du mort-terrain recouvrant le roc, celui-ci est enlevé avant de commencer les opérations de forage et de sautage. Si la surface du roc est plus ou moins horizontale, la première opération consistera à faire une "foncée initiale" pour chaque gradin requis. Par la suite, il s'agira de faire des sautages en banc en suivant les techniques appropriées pour chacun des cas.

FONCEE INITIALE

La "Foncée Initiale" consiste à créer un front libre vers lequel plusieurs sautages successifs auront lieu. Normalement, les trous sont forés verticalement en utilisant un patron carré.

La méthode du "Bouchon Canadien" peut être utilisée dans certains cas, en autant que le ou les trous borgnes ne contiennent pas d'eau au moment du tir. Cette méthode exige un très bon forage et la personne qui l'utilise doit être très expérimentée.

Lorsque l'on fait une "Foncée Initiale" en milieu urbain, généralement la profondeur des trous ne dépasse pas 15 pieds. Afin d'augmenter les chances de réussite, les quelques trous du centre peuvent être un peu plus profonds (16'-16.5'). L'initiation se fait à l'aide d'amorces à périodes micro-retards et la cartouche amorce de chaque trou doit être située au fond afin d'éviter les ratés (NE PAS UTILISER DE SYSTEME D'INITIATION TEL QUE LE CORDEAU DETONANT). L'illustration no 1 montre le forage, le patron de délai et l'état de la pierre après le sautage.

En résumé: Initiation:	fond du trou
Délai:	micro-retard
Profondeur:	maximum 15'
Facteur chargement:	roc mou - 1.25 lb/verge cube roc dur - 2.50 lb/verge cube
Patron de forage:	trous 1½" O 2' X 2' @ 4 X 4'
Collet:	bouillage poussière de pierre - 2½'

Note: l'usage de pare-éclat est requis.

PRE-CLIVAGE:

Le pré-clivage peut être défini comme étant l'obtention d'une fissure, bien établi le long d'une rangée de trous prédéterminés, par l'utilisation contrôlée des explosifs.

Les experts maintiennent toujours que lorsque deux trous adjacents sont sautés simultanément, la collision de l'onde de choc produit entre les deux trous une force de tension qui fissure le roc et laisse un cisaillement permanent entre les deux trous. Voir l'illustration No 2A qui démontre bien cette théorie.

On utilise la technique de pré-clivage afin de contrôler le bris hors-profil d'une excavation. Cependant cette technique crée certains problèmes lorsque les vibrations doivent être minimisées car un sautage de pré-clivage cause plus de vibrations parce qu'il n'y a pas de front libre et que l'énergie dégagée par les explosifs n'est que partiellement utilisée pour cisainer la pierre.

Les résultats d'un bon pré-clivage dépendent des conditions suivantes:

- le pré-clivage ne peut être meilleur que le forage exécuté.
- le pré-clivage dépend de la structure géologique et de la compétence du roc dans lequel il est fait (de meilleurs résultats sont obtenus dans une formation rocheuse ayant des lits horizontaux).
- on doit faire des tests pour évaluer les résultats.

La quantité d'explosifs requise pour le pré-clivage est exprimée en livres par pied carré de mur à cisainer. Dans la plupart des formations rocheuses on consomme de 0.07 à 0.10 livre par pied carré de mur à cisainer. On utilisera un explosif enveloppé dans une cartouche de petit diamètre, spécialement conçu pour éviter que les charges se juxtaposent dans le trou. L'usage du cordeau détonant tel que le PRIMAFLEX est très utile à cause de sa rapidité de chargement et de sa meilleure performance.

Pour être certain de maintenir un enlèvement adéquat, on recommande une profondeur maximum de 30 pieds pour des trous de 2½" de diamètre.

Dans des formations rocheuses altérées et fracturées, il est recommandable d'utiliser des trous intermédiaires que l'on appelle "trous guides". Ces trous sont forés entre les trous de pré-clivage à des profondeurs variables; ils aident à minimiser l'excès de bris hors-profil en surface. Ces "trous guides" ne sont pas chargés d'explosifs.

L'initiation du "Pré-Clivage" se fait de différentes manières. Il est préférable que tous les trous du pré-clivage sautent sur un même délai. Cependant, dans le cas où l'on doit minimiser les vibrations on pourra réduire le nombre à deux trous par délai.

Le "Pré-Clivage" peut se faire lors d'un sautage de masse, en autant que les trous du "Pré-Clivage" soient initiés avec des périodes précédant celles du sautage de masse. Cette méthode décrite dans l'illustration No 2B évite une double opération de forage et de sautage.

SAUTAGE ADOUCI

La méthode de sautage adouci consiste, à forer une lignée simple de trous à intervalles rapprochés ayant un rapport fardeau/espacement acceptable, à charger ces trous légèrement et à les faire sauter simultanément en les amorçant sur le dernier délai d'un sautage de production.

Les trous sont chargés de la même façon que pour un pré-clivage. Cette technique donne de bons résultats puisqu'il y a une face libre de créée en avant des trous avant qu'ils sautent.

L'illustration No 3 décrit un patron de délai modifié qui pourrait être utilisé dans un sautage contrôlé par la méthode adoucie en milieu urbain.

SAUTAGE COUSSINE

La technique de sautage coussiné, pouvant s'appeler également découpage, consiste à forer une lignée simple de trous à intervalles rapprochés ayant un rapport fardeau/espacement acceptable, à charger ces trous légèrement et à les faire sauter simultanément pour enlever une tranche mince de roc laissée en place lors des sautages précédents.

Les trous sont chargés de la même façon que pour un pré-clivage. Parfois les trous sont complètement remplis de sable pour coussiner le choc transmis au mur final lorsque la tranche est sautée.

Cette technique est avantageuse, elle permet d'observer les résultats des premiers sautages, ce qui donne la chance d'ajuster la charge pour les sautages suivants. L'illustration No 4 démontre cette technique.

FORAGE DE TROUS RAPPROCHES (LINE DRILLING)

Cette méthode implique une lignée simple de trous à intervalles rapprochés, non chargés, de petit diamètre et forer le long de la limite d'excavation.

Le diamètre des trous varie généralement de 1½" à 3" et les trous sont espacés à une distance approximative égale à trois fois le diamètre. A cause des coûts très élevés, on ne fore pas de trous à grand diamètre.

Pour obtenir de bons résultats, on doit forer les trous adéquatement en ligne, de façon parallèle et dans un même plan. Les trous de sautage, immédiatement adjacents aux trous rapprochés, sont habituellement chargés légèrement et sont situés à une distance égale à ½ fardeau de la ligne de trous rapprochés.

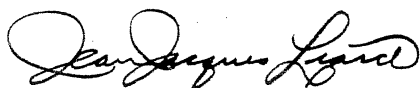
Cette méthode est avantageuse dans les endroits où même une charge légère briserait le roc au-delà du profil désiré. L'illustration No 5 explique cette méthode.

CONCLUSION

Je me suis efforcé dans ces quelques pages de vous décrire les techniques de sautage utilisées en milieu urbain, quoique les mêmes techniques peuvent s'utiliser à plus grande échelle dans des projets d'envergure.

La précaution la plus importante à ne pas oublier avant tout début de sautage en milieu urbain est de procéder à des inspections des édifices et des habitations environnants. De plus, il est recommandé de faire usage de pare-éclats et il est d'usage courant de faire prendre des enregistrements sismiques durant les sautages afin de vous protéger et de réduire au maximum le nombre de plaintes. Une tierce partie tel qu'un consultant dans le domaine saura sûrement satisfaire à ce dernier besoin.

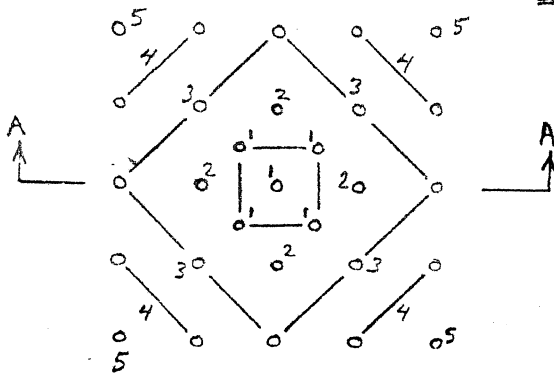
Sur ce, je vous souhaite BONNE CHANCE dans vos entreprises.

A handwritten signature in black ink, reading "Jean-Jacques Liard". The signature is fluid and cursive, with the first name "Jean" and last name "Liard" clearly distinguishable.

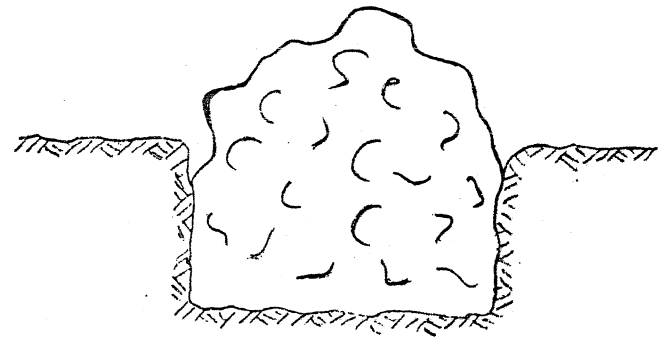
Jean-Jacques Liard, ing.

Illustration 1

FONCÉE INITIALE



PROFIL APRÈS LE SAUTAGE



SECTION A-A

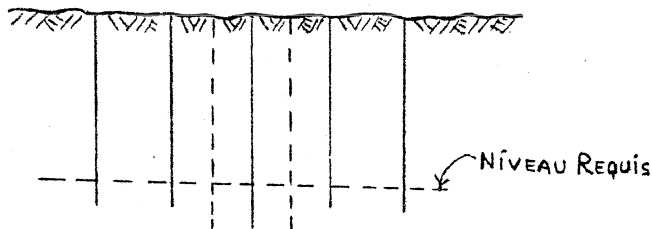
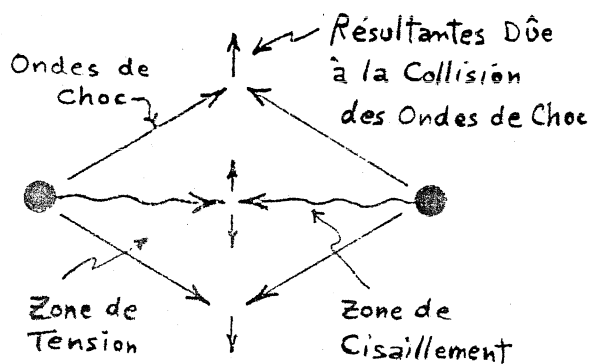


Illustration 2

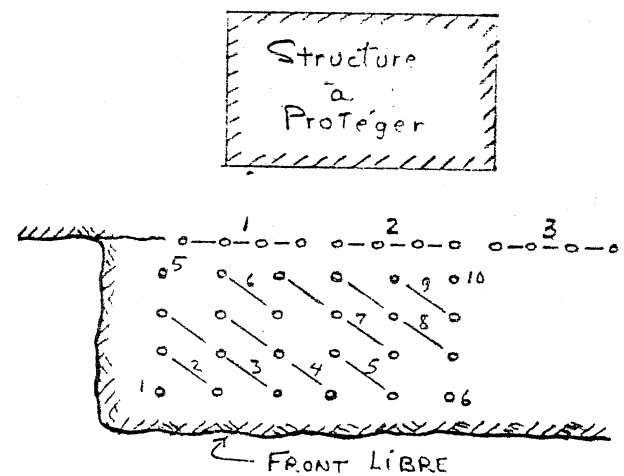
PRÉ-CLIVAGE

A - L'action du cisaillement entre les trous adjacents.



Note: Si les trous sont surchargés, la zone de cisaillement va s'étendre au-delà de la zone de tension indiquée.

B - Pré-Clivage combiné avec Sautage de Masse



Maximum de 3 trous/période sur le sautage de masse.

Illustration 3

SAUTAGE ADOUCI

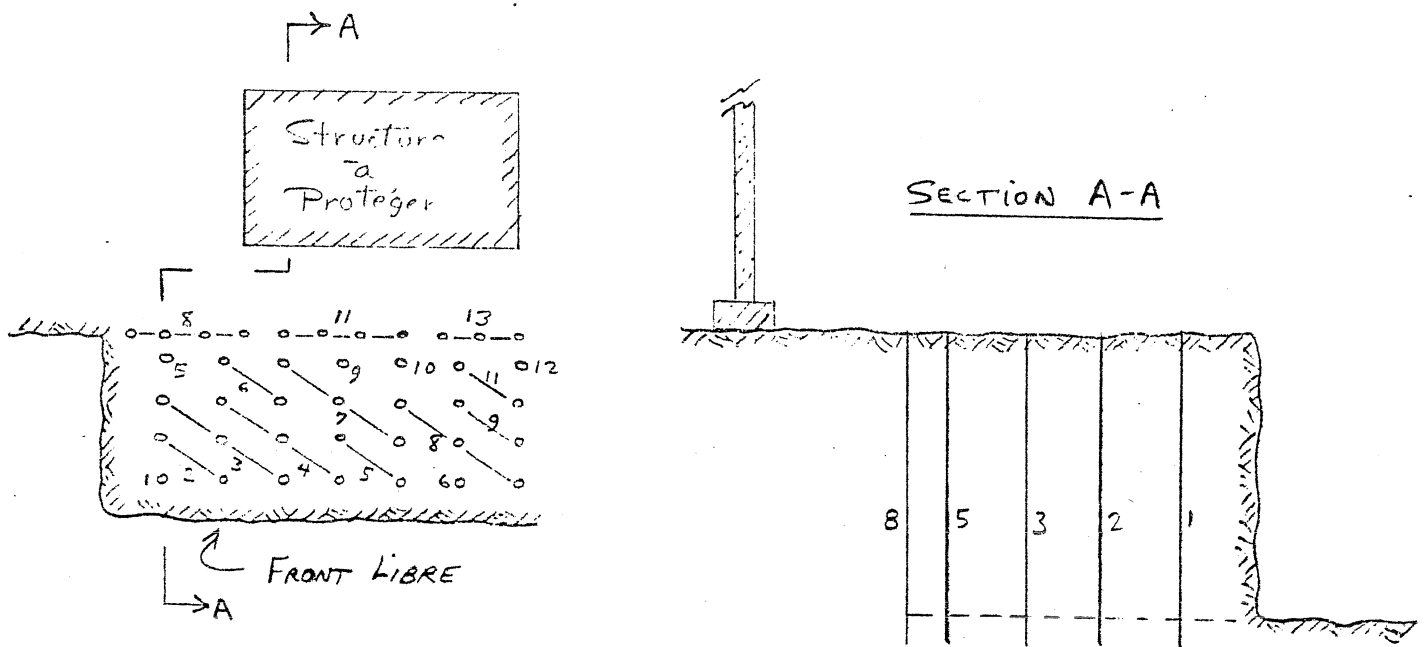


Illustration 4

SAUTAGE COUSSINÉ

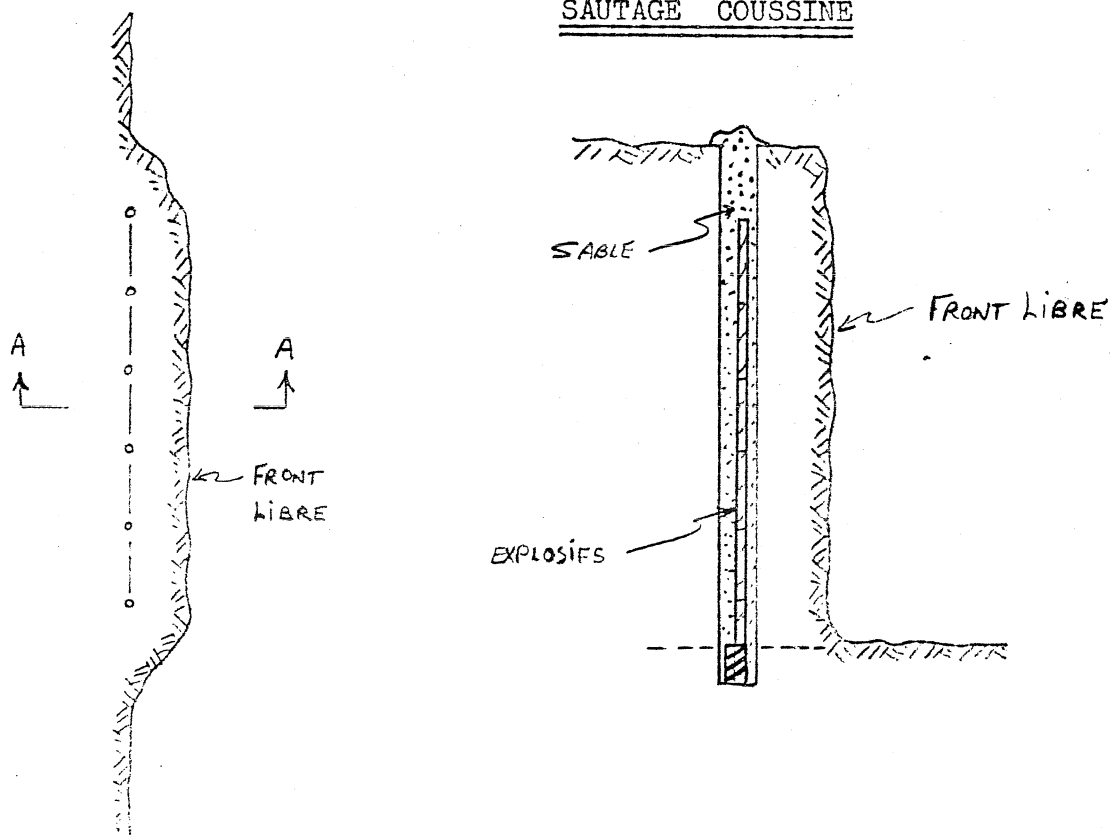


Illustration 5

FORAGE de TROUS RAPPROCHÉS

