

**16e Session d'étude sur les techniques de sautage**  
**Les 28 et 29 octobre 1993**

*Le sautage dans une exploitation à  
ciel ouvert*

---

*Michel Labbé, Lab. Chrysotile Inc.*

16<sup>e</sup> session d'étude  
sur  
les techniques de sautage

« LE SAUTAGE DANS UNE  
EXPLOITATION À CIEL OUVERT »

par  
Michel Labbé, ing.  
LAB Chrysotile, Inc.

Octobre 1993

## INTRODUCTION

L'exploitation d'une mine à ciel ouvert pour y extraire un minerai est semblable à une chaîne de montage : chaque opération est dépendante de la précédente. Parmi ces opérations, celles du forage et du dynamitage ont une influence capitale non seulement sur le chargement, mais également sur d'autres secteurs tels que le transport ou le concassage. Le forage et le dynamitage influencent les coûts d'opération, ceux-ci représentant 10 à 20 % du coût total de minage dans une exploitation minière à ciel ouvert.

L'exposé qui suit portera non pas sur des techniques très sophistiquées ou futuristes - le soin en est laissé aux spécialistes - mais sera une analyse de l'impact du forage et du dynamitage sur une exploitation minière à ciel ouvert, plus précisément celle des Opérations Black Lake de la compagnie LAB Chrysotile, Inc.

### 1. DESCRIPTION ET HISTORIQUE

#### 1.1 LAB Chrysotile, Inc.

LAB Chrysotile, Inc., ayant son siège social à Thetford Mines au coeur des Cantons de l'Est, a été constituée en 1986 à la suite de la formation d'une société en commandite composée de Lac d'amiante du Québec, Ltée, de la Société Asbestos Ltée et des Mines d'amiante Bell. LAB exploite quatre mines et trois usines dans la région de Thetford Mines (figure 1). La capacité des trois usines réunies fait de LAB un des plus importants producteurs d'amiante au monde. LAB extrait et traite l'amiante chrysotile qui appartient à la famille des serpentines.

Cette année, il est prévu d'extraire 8 500 000 tonnes de minerai et 19 500 000 tonnes de pierre stérile pour produire environ 300 000 tonnes d'amiante.

1. DESCRIPTION ET HISTORIQUE (suite)

1.2 Opérations Black Lake

Les installations des Opérations Black Lake (autrefois Lac d'amiante du Québec, Ltée) sont situées à trois kilomètres au sud de la ville de Black Lake. Les gisements amianti-fères reposent en grande partie sous la région recouverte antérieurement par le lac Noir, qui a été vidé entre 1955 et 1959 et débarrassé de 24 000 000 mètres<sup>3</sup> de sédiments lacustres et de tills glaciaires. À l'époque, ce projet était reconnu comme un des travaux de génie les plus complexes jamais entrepris au Québec.

2. EXPLOITATION MINIÈRE

Actuellement, la production annuelle de la mine est de 14 600 000 tonnes, ce qui représente 52 000 tonnes par jour à raison de 16 800 tonnes de minerai et 35 200 tonnes de stérile pour un rapport stérile à minerai de 2,1 à 1. Les murs du puits ont une pente moyenne d'environ 45°. La hauteur des bancs est de 12 mètres. Les dimensions de l'ouverture de la mine à la partie supérieure sont de 1,7 km x 2,1 km. Sa profondeur actuelle est de 330 mètres.

La production se fait 24 heures par jour, 6 jours par semaine. L'équipement de chargement comprend quatre pelles de 9 mètres<sup>3</sup>, toutes électriques, complété de deux chargeuses sur pneus de 9 mètres<sup>3</sup>. Vingt-quatre camions servent au transport du matériel dont 18 camions 85 tonnes, 3 camions 95 tonnes et 3 camions 45 tonnes.

3. FORAGE ET SAUTAGE

Le forage primaire est exécuté par deux foreuses rotatives Bucyrus Erie 45R creusant des trous de 25 cm de diamètre. Les taillants utilisés sont du type moyen-dur dont la vie moyenne est de 6 000 mètres.

3. FORAGE ET SAUTAGE (suite)

Le taux de pénétration est de 25 mètres par heure d'opération. Le forage secondaire est exécuté par une foreuse à percussion sur pneus creusant des trous de 40 mm. Un marteau hydraulique est utilisé également pour casser les blocs.

Le sautage primaire se fait avec de trous de forage de 25 cm de diamètre suivant un patron de 10 mètres sur 11 mètres et un sous-forage de 3 mètres. Le collet est de 5 mètres et il est bourré avec un concassé de 2 cm produit par notre usine de traitement. L'explosif chargé dans les trous est de type émulsion utilisé à une densité de 1,28 g/cc. Cela représente 600 kg d'explosifs par trou pour un facteur poudre de 0,2 kg d'explosifs par tonne de roc foudroyé.

Le mécanisme de mise à feu est le suivant : au fond du trou un détonateur « Exel » est inséré dans une amorce. Le tube « Exel » est ensuite relié à un cordeau détonant « Cortex 7.5 » jusqu'en surface. Chaque trou est mis à feu individuellement au moyen d'un détonateur électrique qui est lui-même initié par un explodeur à synchronisation séquentielle. Le délai entre les trous est de 75 m/s et de 250 entre les rangées.

4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES

Il est difficile de décrire le sautage dans une exploitation minière à une personne étrangère au milieu. Pour la plupart des gens sautage égale dynamite, et de là s'imaginent ces films où le héros fait sauter quelques bâtons de dynamite et la montagne s'écroule avec fracas. La réalité n'est malheureusement pas si simple. Dans les exploitations minières modernes, le sautage compte parmi les opérations les plus importantes et les plus complexes. Il ne suffit pas de placer un explosif dans un trou et de le faire sauter pour garantir les résultats. Le responsable des sautages doit tenir compte de plusieurs facteurs tous aussi importants les uns que les autres pour obtenir un sautage réussi.

#### 4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES (suite)

*Mais qu'est-ce qu'un sautage réussi?*

C'est un sautage ayant :

- ✓ une bonne fragmentation;
- ✓ un bon déplacement;
- ✓ une bonne rupture au plancher;
- ✓ le moins dispendieux possible.

Il y a d'autres points mais ceux-ci sont les plus importants. Voyons plus en détail les différentes contraintes pour réussir un bon sautage et les outils dont dispose le responsable des sautages.

##### 4.1 Forage

À moins de démarrer une nouvelle exploitation, il est assez rare que l'on puisse modifier l'équipement de forage; il faut donc composer avec cette contrainte. Cependant, dans certains cas, le diamètre du trou peut être modifié (ex. : de 25 cm à 27 cm), ce qui permet d'augmenter la quantité d'explosif par tonne.

Par contre, pour obtenir du succès dans un sautage, il faut que les trous soient à la bonne place. Si le foreur est négligent pour positionner sa foreuse, la grille de forage ne sera plus comme prévue et les savants calculs qui ont permis d'obtenir cette grille ne serviront plus à rien.

##### 4.2 Explosifs

C'est l'élément à la fois le plus simple et le plus complexe. Dans un premier temps, il faut choisir une variété d'explosifs en vrac tels que :

#### 4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES

##### 4.2 Explosifs (suite)

- ✓ agent de sautage (AN/FO);
- ✓ bouillies de sautage;
- ✓ émulsion;
- ✓ composé mixte (émulsion et AN/FO).

Le choix d'un explosif doit tenir compte de plusieurs facteurs :

- ✓ présence d'eau dans les trous;
- ✓ densité;
- ✓ résistance à l'eau;
- ✓ vitesse de détonation;
- ✓ prix.

Malheureusement, le choix d'un explosif peut être différent pour le responsable du sautage et celui des achats. C'est au moment de la négociation du contrat d'approvisionnement des explosifs qu'il faut en venir à un compromis entre prix et performance. Nous y reviendrons plus loin.

##### 4.3 Accessoires de mise à feu

Les accessoires de mise à feu sont dépendants du type d'explosifs. Dans l'amiante, il faut y ajouter la possibilité de contamination de la fibre par des plastiques provenant des accessoires. À force d'essais et de pression, nous avons maintenant une combinaison satisfaisante. Le tube « Exel » au fond du trou nous procure une bonne précision. Le cordeau détonant « Cortex » dans la colonne évite la contamination tout en ne détruisant que peu d'explosifs en se consumant. Finalement, l'emploi d'un explodeur séquentiel et de détonateurs électriques en surface permet également une

#### 4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES

##### 4.3 Accessoires de mise à feu (suite)

bonne précision. Il est certain que pour d'autres exploitations, l'utilisation de relais de surface est idéale, mais difficile dans l'amiante.

Les sautages modernes requièrent beaucoup de précision dans les temps de mise à feu; il est donc important de rechercher des accessoires toujours plus précis.

##### 4.4 Équipements d'extraction

Un autres aspect important pour les sautages est l'équipement d'extraction. Une pelle électrique ne requiert pas le même genre de matériel dynamité qu'une chargeuse sur pneus. Pour la pelle, le matériel devra être moins étendu mais aussi bien fragmenté que pour une chargeuse. Par contre, la rupture au plancher pourra être un peu plus dure pour une pelle. On arrive à ces besoins en modifiant le retard entre les rangées. Plus le retard sera grand, moins le sautage projettera.

Il y a aussi la présence de blocs qui affecte la productivité des pelles et des chargeuses. La manipulation de ces blocs demande du temps et ralentit le chargement. Souvent ces blocs sont causés par le gisement lui-même mais aussi par la conception du sautage (figure 2) :

- ✓ sautage carré : formation de blocs dans les coins;
- ✓ sautage non rectiligne : formation de blocs là où il y a des anomalies;
- ✓ sautage à une rangée : formation de blocs entre les trous et dans le bris arrière.

#### 4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES

##### 4.4 Équipements d'extraction (suite)

La forme idéale devrait avoir un angle de  $135^{\circ}$  (figure 3). Il est certain que ce n'est pas toujours possible, mais en général c'est réalisable.

Il ne faut pas négliger non plus les opérateurs de pelles qui peuvent être la cause de blocs (figure 4). En persistant à nettoyer le mur arrière d'un sautage au point où la partie supérieure est enlevée, cela force le forage du trou à une distance plus éloignée du bas du mur.

Les quelques exemples précédents montrent qu'avec un peu de vigilance, il est possible de réduire les coûts d'opération sans même dépenser un seul « dollar ».

Finalement, dans les équipements miniers, il ne faut surtout pas oublier le concasseur : c'est lui en définitive qui dicte la fragmentation à obtenir.

##### 4.5 Coûts

La dernière contrainte et de loin la plus importante est le coût d'opération. Dans une opération comme celle de Black Lake, le coût de minage représente 43 % du coût total, et 13 % du coût de minage est le sautage. C'est donc dire toute l'importance qu'a le sautage en coût direct mais également l'influence sur les autres dépenses reliées au minage. Il existe deux lignes de pensée actuellement concernant le contrôle des coûts :

- 1 Si on diminue le coût de sautage, le coût de minage devrait baisser;
- 2 Si on augmente le coût de sautage, le coût de minage devrait baisser.

#### 4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES

##### 4.5 Coûts (suite)

La première ligne de pensée serait assez « rétro ». En effet, on retrouve cette philosophie chez la gérance de certaines mines où personne ne connaît l'influence du sautage, où celui-ci est un mal nécessaire qu'il faut subir, mais le moins cher possible. Par contre, la deuxième ligne de pensée semble s'imposer de plus en plus et il est heureux qu'il en soit ainsi car, selon moi, c'est la meilleure. Mais attention, il ne suffit pas d'augmenter les coûts de sautage pour diminuer les coûts de minage. Car à vouloir trop augmenter les coûts de sautage, on finit par augmenter tous les coûts (figure 5). Il faut un juste milieu. Nous l'avons vu précédemment, on peut modifier certaines choses dans un sautage sans dépenser un sou et obtenir de bons résultats qui diminueront d'autant les coûts de minage.

L'approche favorisée à LAB Chrysotile, Inc. en est une de compromis. C'est-à-dire que là où c'est nécessaire, la grille de forage est refermée. Par contre, dans un avenir très proche, nous utiliserons la technique de cueillette des paramètres de forage pour améliorer notre connaissance du roc. De là ajuster l'explosif en fonction de la dureté de la pierre sans modifier la grille de forage.

D'un autre côté, nous recherchons continuellement des explosifs à bas prix qui font le travail adéquatement. Ainsi, en refaisant la courbe de coût en fonction du facteur énergétique (nombre de kilos par tonne) pour les Opérations Black Lake (figure 6), tous les coûts sont en régression. Par contre, la décroissance diminue à partir de 0,285 U.E., ce qui représente le facteur énergétique utilisé actuellement. Il semble donc que l'optimum soit atteint mais il peut être amélioré en recherchant des explosifs moins dispendieux.

#### 4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES

##### 4.6 Cas spéciaux

###### 4.6.1 Murs finaux

En général dans une mine à ciel ouvert, il faut enlever le moins possible de stérile. Une façon économique d'y arriver est d'augmenter l'angle du mur final pour diminuer la dimension de l'ouverture de la mine. En théorie c'est faisable, mais en pratique il faut tenir compte de l'angle de cisaillement de la pierre, son coefficient de friction. Les sautages émettent des vibrations qui peuvent modifier cet équilibre. Celles-ci doivent donc être au minimum près du mur. Pour y arriver, LAB Chrysotile, Inc. a dû développer une méthode de sautage adoucie et de trous de prédécoupage de concert avec un important fabricant d'explosifs. Au moyen de simulations sur ordinateur, une technique a pu être mise au point en moins d'un an. Aujourd'hui, il ne reste que de légères modifications à y apporter et les résultats sont très acceptables.

###### 4.6.2 Lignes électriques et équipement

Dans une mine à ciel ouvert, les sautages sont source de perte de temps. Pour cette raison, on demande souvent au responsable des sautages de concevoir des sautages comportant le minimum de déménagement d'équipement, mais sans affecter la qualité des sautages. Cela n'est pas toujours facile car chaque trou contient 600 kg d'explosifs. Néanmoins, en plaçant les trous correctement, en modifiant les retards dans les séquences, la hauteur du collet, la plupart du temps on peut y parvenir.

#### 4. TECHNOLOGIE DES SAUTAGES

##### 4.6 Cas spéciaux

###### 4.6.3 Développement

Si une mine est en expansion, il peut arriver que l'on demande un sautage sur un niveau supérieur. Je me permets de vous entretenir d'un cas que j'ai eu à solutionner il y a quelques années et qui représente un des plus difficiles à résoudre.

Constatant après quatre niveaux qu'il restait du minerai dans un mur final, la direction de la compagnie me demanda un sautage sur cette pointe qui était restée. Les exigences étaient simples :

- <sup>1</sup> Tout devait se faire en un sautage:
- <sup>2</sup> Dynamiter deux niveaux en même temps, une hauteur de 30 mètres.
- <sup>3</sup> La hauteur du matériel après le sautage devrait être de 15 à 20 mètres pour des raisons de sécurité.
- <sup>4</sup> Le sautage était à 30 mètres de la route 112, près d'une ligne de 60 000 volts d'Hydro-Québec, d'une ligne téléphonique et à un kilomètre de la ville de Black Lake, mais plus haut que la ville.
- <sup>5</sup> Comme nous étions près du mur final, des trous de prédécoupage devaient être forés.

Après des heures de calculs et de conception, la mise à feu fut couronnée de succès. Toutefois, devant la joie générale où tout le monde se félicitait de n'avoir rien brisé, le vice-président de la compagnie alors de s'enquérir si, dans tout ça, la pierre était fracturée.

CONCLUSION

Cet exposé se voulait un résumé de l'influence du sautage dans une exploitation minière à ciel ouvert. Disposant d'outils très utiles et de techniques éprouvées, le responsable des sautages peut développer des méthodes propres au gisement qu'il exploite. Mais pour pouvoir innover, il faut que la direction de la mine laisse le plus de latitude possible au responsable. C'est la politique de LAB Chrysotile, Inc.

En terminant, je voudrais remercier la Société d'énergie explosive du Québec pour l'invitation à vous présenter ces quelques commentaires, ainsi que la société LAB Chrysotile, Inc. pour m'avoir permis d'essayer ce que je voulais dans les sautages et de m'avoir permis d'être ici.

# Site des Installations LAB Chrysofile, Inc.

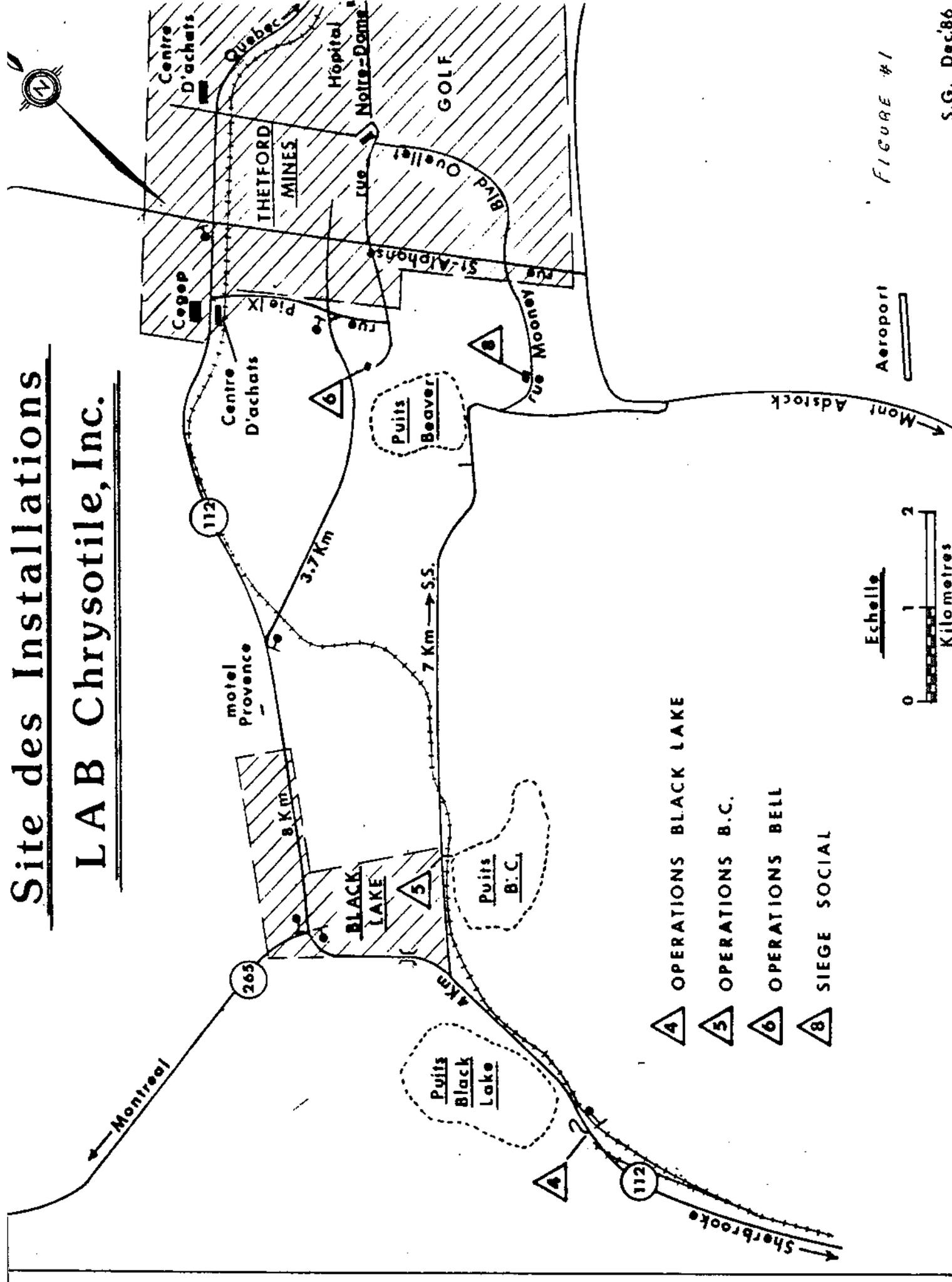
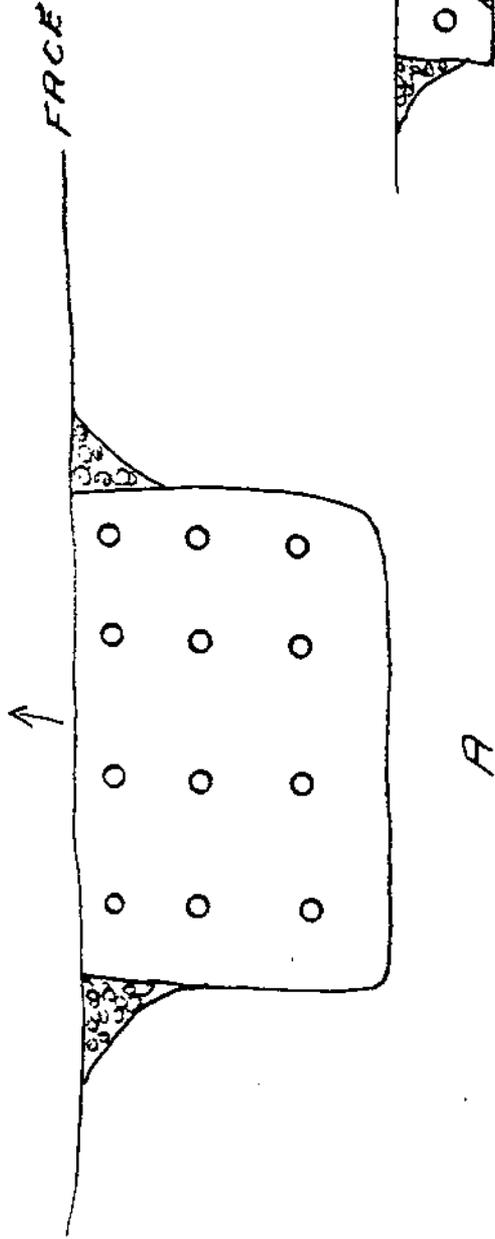
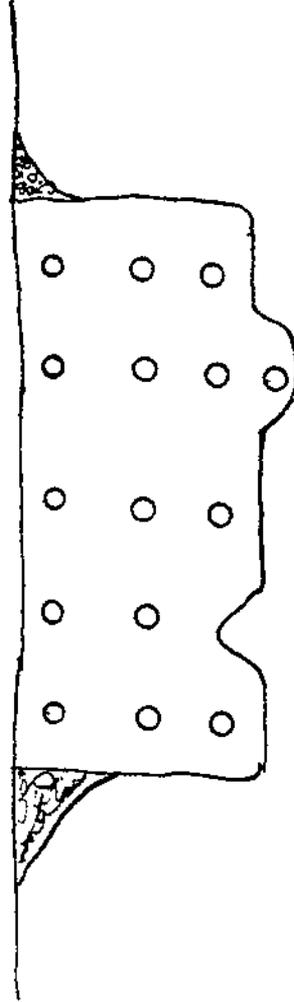


FIGURE #1



C



ARRANGEMENTS CAUSANT DES BLOCS

LAB CHRYSOTILE, INC.  
THETFORD MINES, QC, CANADA

DATE:

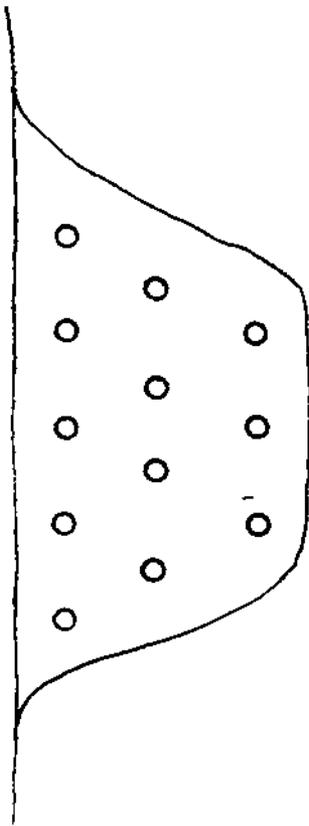
DESS. PAR:

DOSSIER NO.

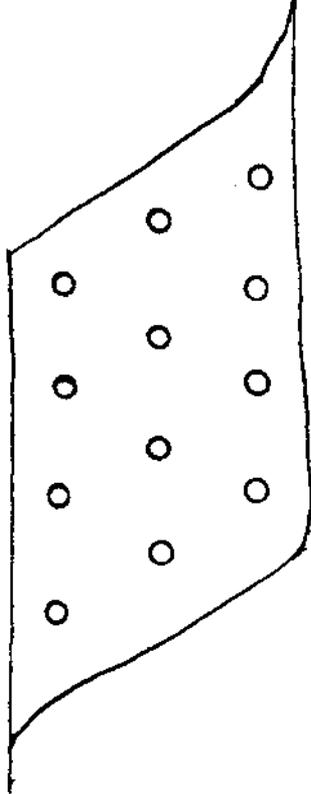
ECH.:

APP. PAR:

FIGURE #2



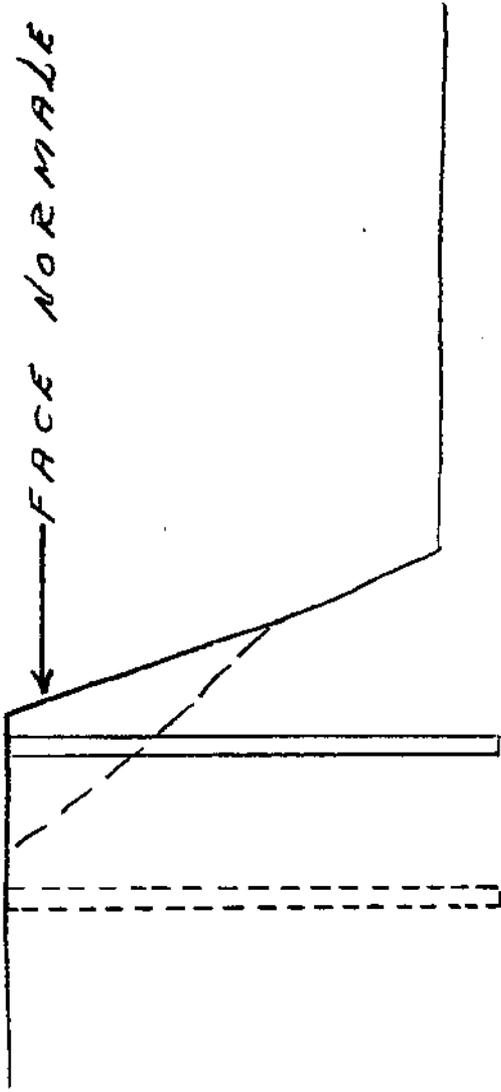
A



C

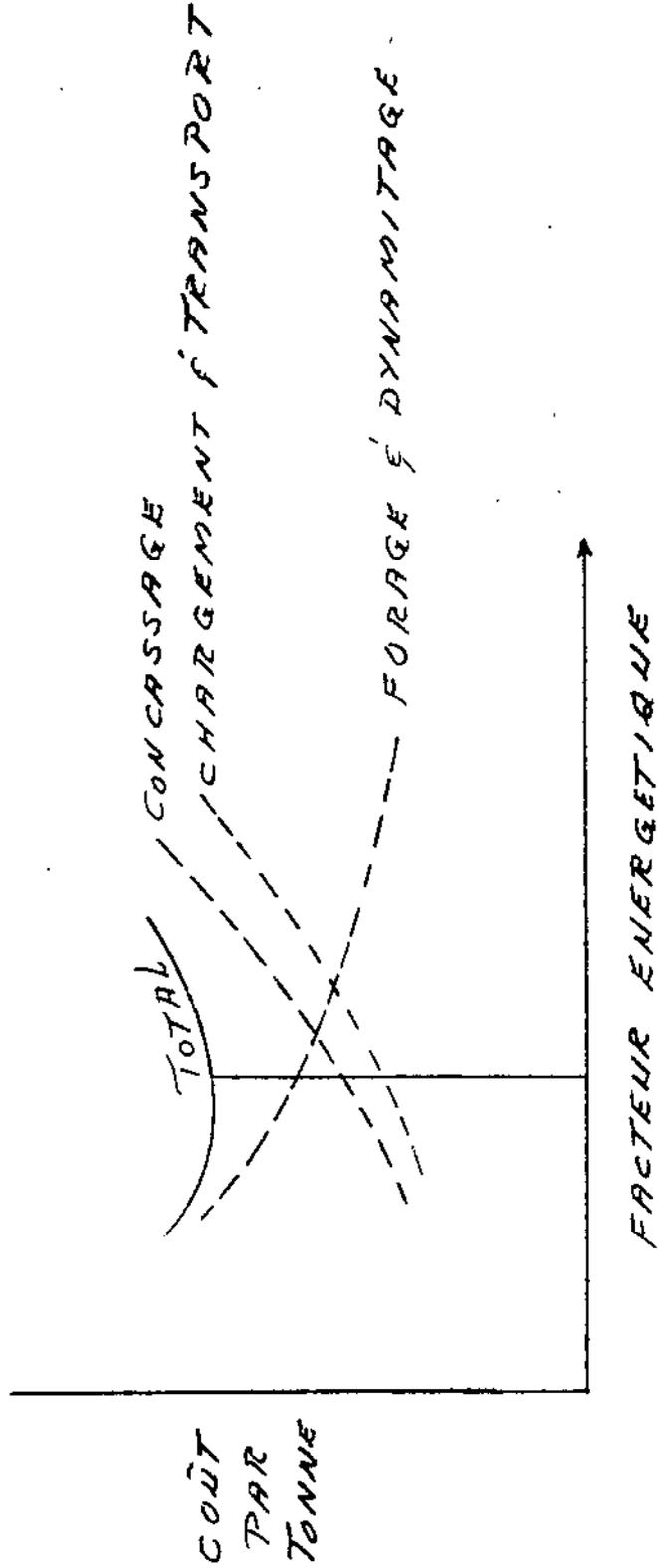
ARRANGEMENTS ACCEPTABLES DES TROUS

|  |            |             |           |
|--|------------|-------------|-----------|
| LAB CHRYSOTILE, INC.<br>THETFORD MINES, QC, CANADA |            |             |           |
| DATE:  | DESS. PAR: | DOSSIER NO. | FIGURE #3 |
| ECH.:  | APP. PAR:  |             |           |



EFFET D'UNE FACE TROP NETTOYÉE

|  |             |
|--|-------------|
| LAB CHRYSOTILE, INC.<br>THETFORD MINES, QC, CANADA |             |
| DATE:  | DOSSIER NO. |
| DESS. PAR:   | APP. PAR:   |
| ECH.:  | FIGURE #4   |



LAB CHRYSOTILE, INC.  
 THETFORD MINES, QC, CANADA

COURBE THEORIQUE

|       |            |             |
|-------|------------|-------------|
| DATE: | DESS. PAR: | DOSSIER NO. |
| ECH.: | APP. PAR:  | FIGURE 5    |

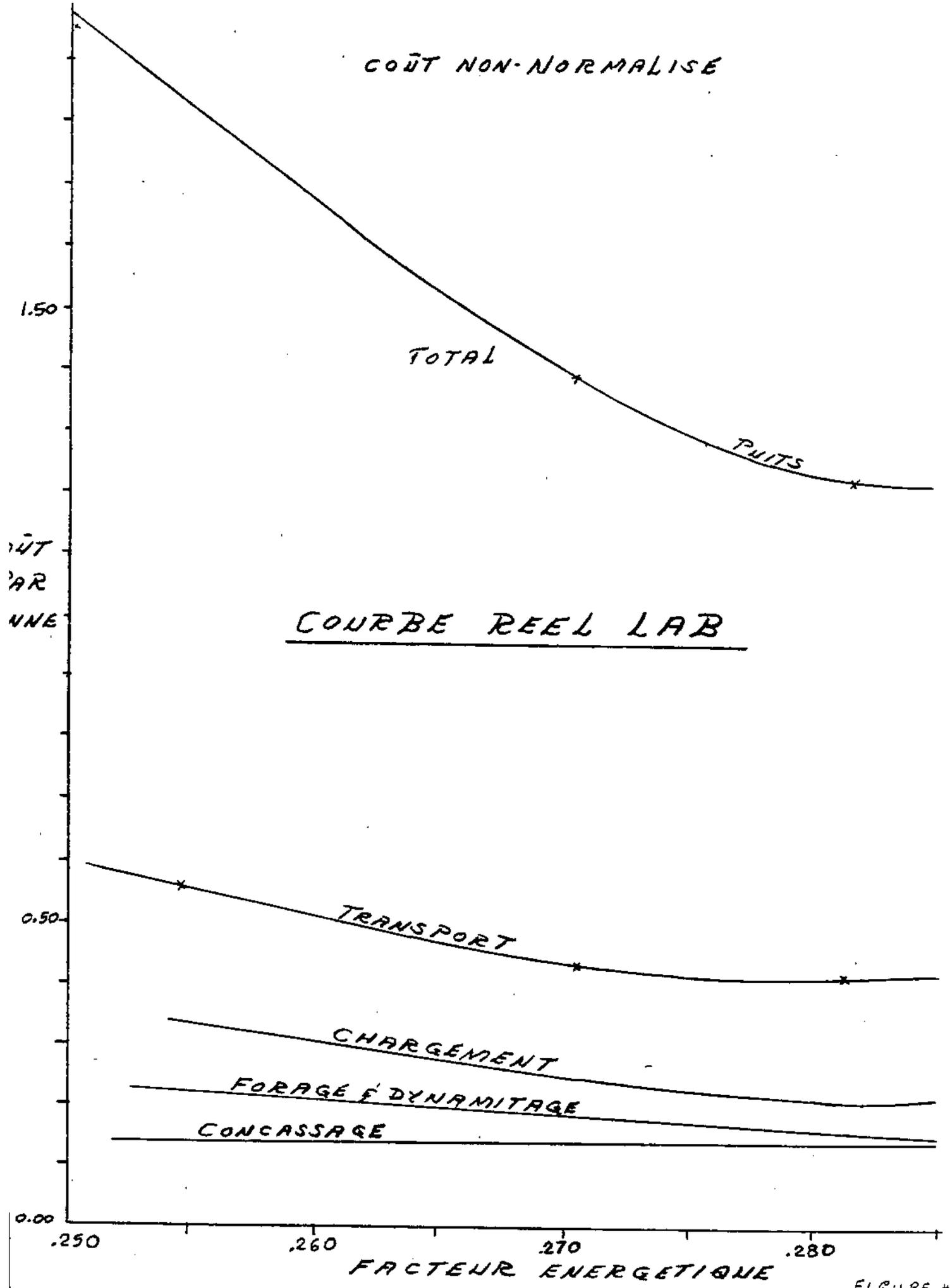


FIGURE #6