



Possibilités d'utilisation de chaînes à molettes pour le havage des roches en carrières

Gebruiksmogelijkheden voor kettingen met kabelschijven voor het ondersnijden van stenen in steengroeven

J. BRYCH *, B. NEERDAEL* et M. PILATI **

RESUME

Au mois de mars 1974, MM. Brych et Došek ont déposé en Belgique un brevet d'invention « Outil pour les machines à découper les roches » (Brevet n° 811806), envisageant l'introduction d'outils rotatifs sur les chaînes de haveuse.

Suite à de nombreux essais effectués, d'une part au laboratoire de forage profonds, techniques exploratoires et mécanique des roches de la Faculté Polytechnique de Mons et, d'autre part, au Centre T.S.I.R.A. à Charleroi, ce dernier a pris en charge le développement du prototype de la chaîne à molettes. A l'heure actuelle, un certain nombre de problèmes technologiques restent à résoudre avant de pouvoir envisager l'industrialisation de ce procédé.

* Respectivement Professeur et Chercheur à la Faculté Polytechnique de Mons, rue du Joncquois, 53, B-7000 Mons.

** Assistant, responsable technique du Centre T.S.I.R.A., boulevard Rouillier, 1, B-6000 Charleroi.

SAMENVATTING

Tijdens de maand maart 1974 hebben de heren Brych en Došek in België een uitvindingsoctrooi neergelegd « Werktuig voor machines voor het doorsnijden van gesteenten » (Octrooi nr. 811806), waarmee wordt beoogd, ronddraaiende werktuigen op de kettingen van ondersnijmachines aan te brengen.

Als gevolg van tal van proefnemingen die enerzijds in het laboratorium voor diepe boringen, exploratietechnieken en gesteentemechanica van de « Faculté Polytechnique de Mons » en anderzijds in het TSIRA-Centrum te Charleroi werden uitgevoerd, werd laatstgenoemd centrum belast met de ontwikkeling van het prototype van de ketting met kabelschijven. Op dit ogenblik dienen nog een aantal technologische problemen opgelost te worden vooraleer aan de productie op industriële schaal van dit procédé kan gedacht worden.

* Respectievelijk Professor en Vorser aan de « Faculté Polytechnique de Mons », Rue du Joncquois 53, B-7000 Mons.

** Assistent, technisch verantwoordelijke van het TSIRA-Centrum, Boulevard Rouillier 1, B-6000 Charleroi.

ZUSAMMENFASSUNG

Im März 1974 haben die Herren Brych und Došek in Belgien ein Patent (Nr. 811806) angemeldet mit dem Titel « Werkzeug für die Gesteinschneidmaschinen », das die Einführung von Rotationswerkzeugen auf den Schrämmaschinenketten vorsieht.

Im Anschluß an zahlreiche Versuche, die einerseits im Laboratorium für Tiefbohrungen, Ausbeutungstechniken und Mechanik des Gesteins der Polytechnischen Fakultät von Bergen, und andererseits im T.S.I.R.A.-Zentrum in Charleroi durchgeführt wurden, hat dieses letztere Zentrum die Entwicklung des Prototyps der Molettenkette übernommen. Gegenwärtig ist noch eine gewisse Anzahl von technologischen Problemen zu lösen, bevor an eine Industrialisierung dieses Verfahrens gedacht werden kann.

L'idée d'introduire un outil rotatif sur une chaîne de haveuse en carrières fait son apparition au moment où un certain nombre de problèmes sont soulevés par les exploitants des carrières de roches très résistantes utilisant des haveuses, dont les chaînes sont équipées de pics classiques en carbure de tungstène.

A l'époque, le faible métrage réalisé entre deux affûtages de ces chaînes, la puissance nécessaire au découpage sans cesse croissante en fonction du temps et un prix de revient du mètre scié assez élevé étaient en effet des éléments suffisamment parlants pour que l'on doive chercher d'autres solutions pour le découpage des roches dures en carrières.

En utilisant les pics classiques en carbure de tungstène, la géométrie du tranchant se modifie très rapidement, dès les premiers contacts du pic avec la roche ; la dépouille s'use plus vite que l'avant de la dent, et la poussée nécessaire sur la chaîne doit nécessairement augmenter si la performance de découpage doit être maintenue constante.

L'ampérage dû à la rotation de la chaîne et à la translation de la machine augmente pour atteindre la limite de déclenchement des moteurs. Le processus de découpage s'arrête, la poussée nécessaire sur la chaîne dépasse la capacité de la haveuse, et l'on doit procéder au réaffûtage des pics.

Une amélioration importante du processus de découpage devait nécessairement apporter l'introduction sur le marché, des pics autoaffûtants, signalés par J. Brych dans les Annales des Mines de Belgique (février 1975) [1].

SUMMARY

In March 1974, Brych and Dosek lodged in Belgium a patent for « A tool for rock-cutting machines » (Patent N° 811806), which envisaged the use of rotating tools on cutter chains.

A large number of trials has been carried out by 1) the deep-drilling, exploration methods and rock mechanics laboratory of the Polytechnic Faculty of Mons and 2) by the T.S.I.R.A. Centre at Charleroi; the latter has now begun development of the prototype of a roller-bit chain. A number of technological problems still have to be solved before industrial production can be envisaged.

De idee om een ronddraaiende beitel aan te brengen op een ketting van een ondersnijmachine in steengroeven is opgedoken op het ogenblik dat een aantal problemen te berde werden gebracht door uitbaters van steengroeven met zeer harde gesteenten, waar ondersnijmachines worden gebruikt waarvan de kettingen uitgerust zijn met klassieke beitels uit wolframcarbide.

Op dat ogenblik waren de geringe lengte tussen twee scherpingen van deze kettingen, het vermogen dat nodig was voor het snijden dat steeds toenam naargelang van de tijd, en een vrij hoge kostprijs per gezaagde meter immers voldoende sprekende elementen om andere oplossingen te zoeken voor het snijden van harde gesteenten in steengroeven.

Door gebruik te maken van de klassieke beitels uit wolframcarbide wordt de geometrie van de snijkant snel gewijzigd vanaf de eerste contacten van de beitel met het gesteente ; de schuurtrommel verslijt veel vlugger dan de voorkant van de tand, en de nodige druk op de ketting dient noodzakelijkerwijze te worden opgevoerd wil men de snijprestaties op peil houden.

De stroomsterkte als gevolg van het ronddraaien van de ketting en de overbrenging van de machine neemt toe tot de grens waarbij de motor wordt uitgeschakeld. Het snijdingsproces valt stil, de nodige druk op de ketting overschrijdt de capaciteit van de snijmachine en de beitels dienen opnieuw te worden aangescherpt.

Een belangrijke verbetering van het snijdingsproces diende noodzakelijkerwijze te komen van het op de markt brengen van zelfscherpende beitels, waarvan J. Brych melding maakt in de Annalen der Mijnen van België (februari 1975) [1].

Il va sans dire qu'au départ, l'outil autoaffûtant suscitait un certain nombre de contestations, parce que l'introduction sur la chaîne, de pics apparemment désaffûtés déjà au départ de leur travail, n'était pas quelque chose de très courant dans le domaine du découpage de la pierre en carrières, bien que le principe du travail des outils autoaffûtants ait pu être démontré par quelques modestes expérimentations en carrières dont les résultats ont fait l'objet de publication (cf. J. Brych, Annales des Mines de Belgique, février 1975) [1].

Ce n'est que grâce à l'effort considérable de la société « General Electric » que des plaquettes très minces en matériaux très durs, brasées sur un support en carbure, ont pu être fabriquées et que l'industrialisation dans le domaine des pics autoaffûtants a véritablement commencé.

L'introduction industrielle des pics autoaffûtants sur les chaînes de haveuse est un progrès très important dans le domaine du sciage des roches. Mais en analysant le processus de découpage de ces derniers, on se rend vite compte que le frottement joue toujours un rôle très important et que de ce fait, surtout en ce qui concerne la catégorie des roches très résistantes, les problèmes de rentabilité liés à l'utilisation de ce type de chaîne peuvent de nouveau poser un certain nombre de problèmes et cela, malgré les performances très favorables enregistrées jusqu'à présent.

Grâce à la bienveillance et la grande compréhension de la direction des carrières Gauthier-Wincqz à Soignies, le petit granit a pu être étudié d'une manière très détaillée au point de vue de sa destructibilité par les outils de coupe, tant au laboratoire qu'in situ.

Nous profitons de cette occasion pour rappeler quelques données fondamentales concernant son comportement mécanique [2].

En interprétant l'essai de poinçonnage (fig. 1 et tabl. I) dont la moyenne générale a été déterminée sur base de 50 essais, on déduit les valeurs numériques des différents paramètres de poinçonnage.

Quant à sa résistance au cisaillement par poinçonnage et au volume de la roche détruite en fonction de la distance de la rainure, le petit granit a pu être caractérisé comme suit (fig. 2).

A titre de comparaison, une série d'essais de découpage du petit granit, sur un banc d'essais au laboratoire, a été effectuée, d'une part, sur les pics autoaffûtants (fig. 4) munis de plaquettes de 0,8 mm d'épaisseur et de 8 mm de côté (il s'agit des pics utilisés auparavant pour les essais in situ) et sur des pics classiques à angle de coupe positif et négatif, et, d'autre part, sur les outils autoaffûtants rotatifs (moulettes suivant le brevet de J. Brych et J. Došek [3]).

Het spreekt vanzelf dat het zelscherpende werktuig in het begin betwistingen uitlokte, aangezien het aanbrengen op de ketting van beitels die reeds op het ogenblik dat ze in werking treden blijkbaar ongeschierpt zijn, niet erg gebruikelijk was op het vlak van het snijden van stenen in steengroeven, hoewel het principe van de werking van zelscherpende werktuigen kan worden aangetoond door enkele eenvoudige proeven in steengroeven. De resultaten hiervan werden gepubliceerd (cfr J. Brych, Annalen der Mijnen van België, februari 1975) [1].

Dank zij het onderzoekswerk van de maatschappij « General Electric » konden er zeer dunne plaatjes uit zeer harde materialen, gelast op een onderstel uit metaalcarbide, worden vervaardigd. Van dan af is de echte toepassing op industriële schaal van zelscherpende beitels begonnen.

Het aanbrengen van zelscherpende beitels op de kettingen van ondersnijmachines, toegepast op industriële schaal, betekent een belangrijke vooruitgang op het vlak van het doorzagen van gesteenten. Bij het analyseren van het snijdingsproces van deze laatste geeft men zich evenwel vlug rekenschap dat de wrijving nog steeds een zeer belangrijke rol speelt, en dat er bij de categorie zeer harde gesteenten opnieuw een aantal problemen kunnen rijzen met betrekking tot de rentabiliteit van het gebruik van dit soort kettingen, zelfs ondanks de zeer gunstige resultaten die tot nu toe werden opgetekend.

Dank zij de welwillende medewerking en de begrijpende houding van de directie van de steengroeven Gauthier-Wincqz te Soignies kon de hardsteen zeer nauwkeurig worden bestudeerd op het vlak van de afbouw mogelijkheden met behulp van snijwerktuigen, zowel in het laboratorium als in situ.

Wij maken van de gelegenheid gebruik om te herinneren aan enkele fundamentele gegevens over het mechanische gedrag [2].

Uit de interpretatie van de indringingsproeven (fig. 1 en tabel I) waarvan het algemeen gemiddelde werd bepaald op grond van 50 proeven, worden cijferwaarden afgeleid van de verschillende indringingsparameters. Voor wat zijn breeksterkte bij indringing, en het gesteentevolume dat in functie van de afstand van de groef werd vernietigd betreft, kan de hardsteen als volgt worden gekenmerkt (fig. 2).

Ter vergelijking werd een reeks snijproeven op hardsteen uitgevoerd op een proefbank in het laboratorium. Deze proeven werden enerzijds uitgevoerd op zelscherpende beitels (fig. 4) met plaatjes met een dikte van 0,8 mm en met 8 mm zijde (de beitels werden vooraf bij de in situ-proeven gebruikt) en op klassieke beitels met positieve en negatieve snijhoek, en anderzijds werden ze uitgevoerd op zelscherpende draaiende werktuigen (kabelschijven volgens het octrooi van J. Brych en J. Došek [3]).

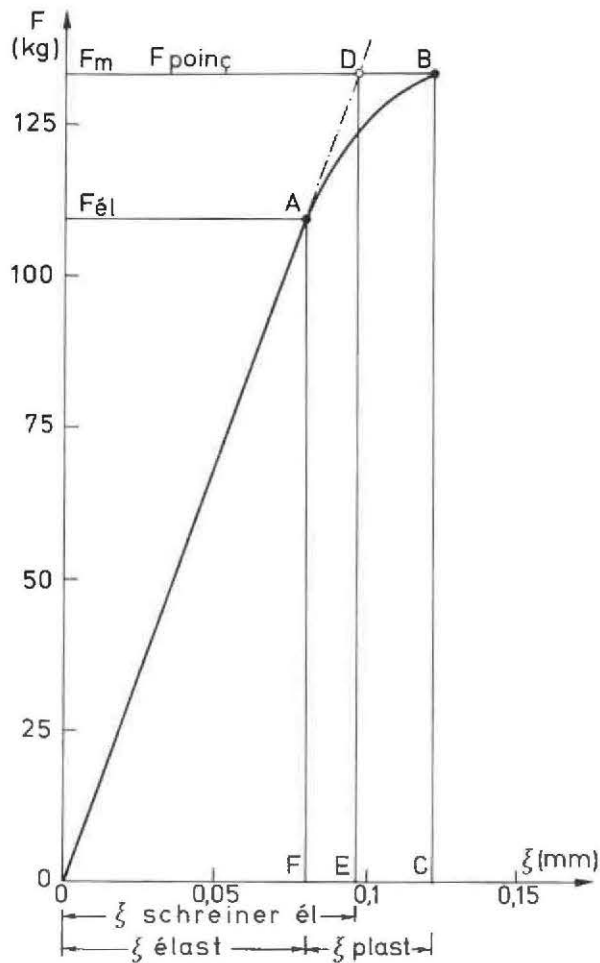


Fig. 1 — Petit granit de Soignies - résistance au poinçonnage (courbe moyenne)

Hardsteen van Soignies - indringingsweerstand (gemiddelde curve)
 VMCH = $571,41 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{s}$
 Poinçon = stempel ϕ 1,1 mm
 $\sigma_{\text{schr.}} = 139,93 \text{ kg/mm}^2$

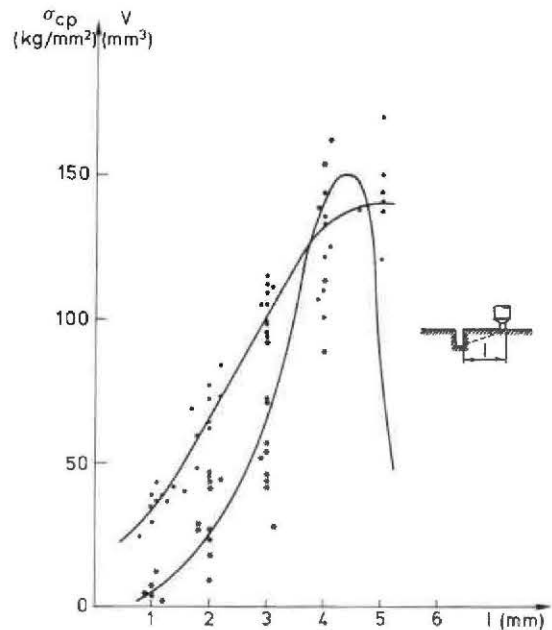


Fig. 2 — Petit granit de Soignies - résistance au cisaillement par poinçonnage

Hardsteen van Soignies - breekweerstand door indringing
 VMCH = $571,41 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{s}$
 Poinçon = stempel ϕ 1,1 mm

TABEAU I

Interprétation des essais de poinçonnage du petit granit (sur base de 50 essais)

Symbole	Désignation	Valeur
σ_p	Résistance au poinçonnage	139,93 kg/mm ²
σ_{e1}	Limite élastique	115,07 kg/mm ²
E_{s1}	Module d'élasticité	133.800 kg/cm ²
T_{e1}	Travail élastique	0,005272 kgm
T_{TD}	Travail total de destruction	0,008863 kgm
T_{spec}	Travail spécifique de contact	0,0105 kgm/mm ²
T_{vD}	Travail volumétrique de destruction	0,018062 kgm/mm ³
C_{p1}	Coefficient de plasticité	1,890
$\sigma_{\text{Red}} (*)$	Résistance réduite au poinçonnage $\sigma_{\text{Red}} = \sigma_p \sqrt{C_{p1}}$	182,4 kg/mm ²

(*) Des essais précédents basés sur un plus petit nombre d'échantillons avaient donné pour

σ_{Red} la valeur de 215 kg/mm² [1].

TABEL I

Interpretatie van de indringingsproeven bij hardsteen (op grond van 50 proeven)

Symbool	Betekenis	Waarde
σ_p	Indringingsweerstand	139,93 kg/mm ²
σ_{e1}	Elasticiteitsgrens	115,07 kg/mm ²
E_{s1}	Elasticiteitsmodulus	133.800 kg/cm ²
T_{e1}	Elasticiteitswerk	0,005272 kgm
T_{TD}	Totaal destructiewerk	0,008863 kgm
T_{spec}	Specifiek contactwerk	0,0105 kgm/mm ²
T_{vD}	Volumetrisch destructiewerk	0,018062 kgm/mm ³
C_{p1}	Plasticiteitscoëfficiënt	1,890
$\sigma_{\text{Red}} (*)$	Verminderde indringingsweerstand $\sigma_{\text{Red}} = \sigma_p \sqrt{C_{p1}}$	182,4 kg/mm ²

(*) Voorafgaande proeven die steunden op een kleiner aantal monsters leverden voor

σ_{Red} de waarde van 215 kg/mm² op [1].

Le processus de découpage a été suivi et enregistré au moyen d'un enregistreur oscillographique UV-Visicorder de Honeywell. Sur base de 5 à 10 essais par outil, on a calculé pour chaque angle de coupe l'effort moyen et l'effort maximum (fig. 3).

Les figures 4bis, 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11, 11bis donnent l'évolution des efforts de coupe lors du découpage d'un bloc de petit granit au laboratoire (la longueur N des blocs découpés était de 20 cm, la vitesse de découpage de 0,25 m/s et la profondeur de passe de 0,216 mm).

Het snijproces werd met een oscillografisch registreertoestel UV-Visicorder van Honeywell gevolgd en geregistreerd. Op basis van 5 tot 10 proefnemingen per werktuig werd voor elke snijhoek de gemiddelde en de maximumbelasting berekend (fig. 3).

De figuren 4bis, 5, 6, 7, 8, 9, 10 en 11, 11bis geven de evolutie van de snijbelastingen bij het doorsnijden van een blok hardsteen in het laboratorium (de lengte N van de doorsneden blokken bedroeg 20 cm, de snijsnelheid bedroeg 0,25 m/s en de snijdiepte bedroeg 0,216 mm).

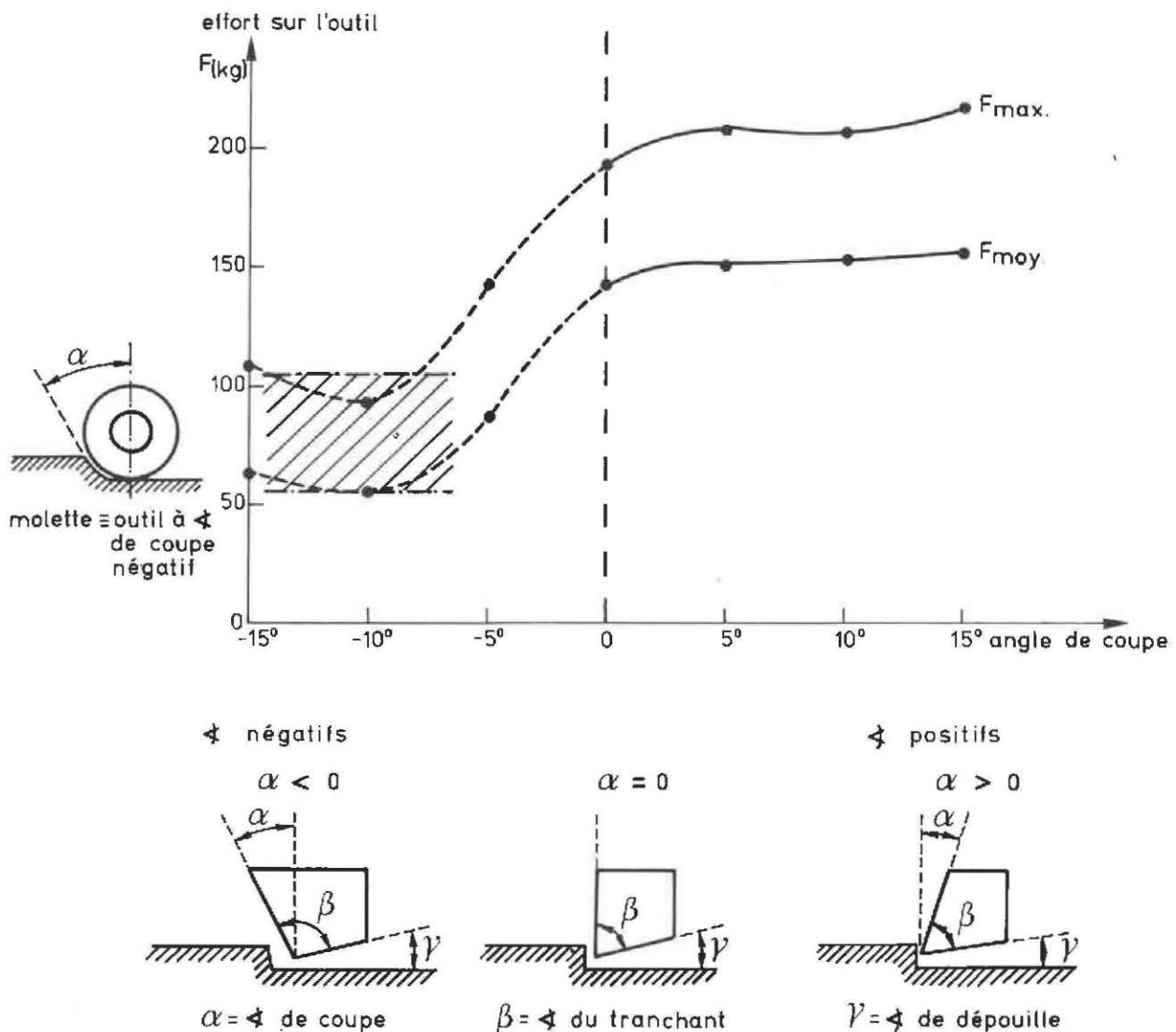


Fig. 3 — Petit granit de Soignies - efforts de coupe en fonction des angles de coupe

Hardsteen van Soignies - snijbelastingen in functie van de snijhoeken

Effort... = belasting op het werktuig

Molette... = kabelschijf - werktuig met negatieve snijhoek

$\alpha = \angle$ snijhoek — $\beta = \angle$ van de snijkant — $\gamma = \angle$ stelhoek

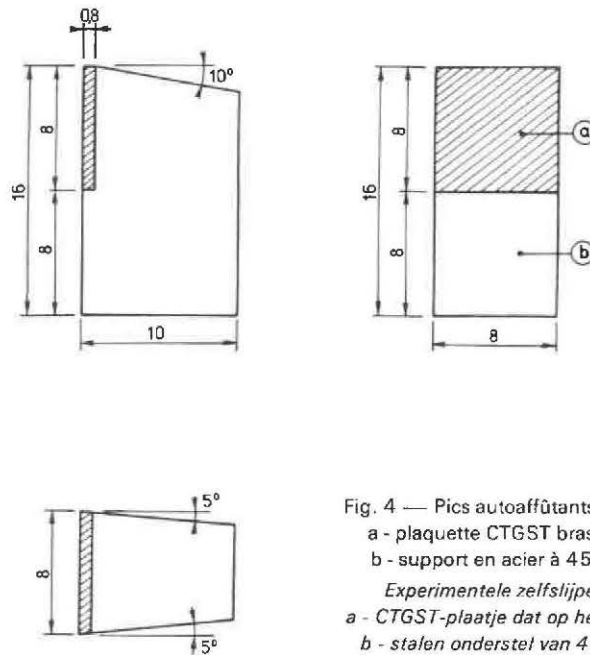


Fig. 4 — Pics autoaffûtants expérimentaux
 a - plaquette CTGST brasée sur l'acier
 b - support en acier à 45-50 kg/mm²
Experimentele zelfslipende beitels
 a - CTGST-plaatje dat op het staal gelast is
 b - stalen onderstel van 45-50 kg/mm²

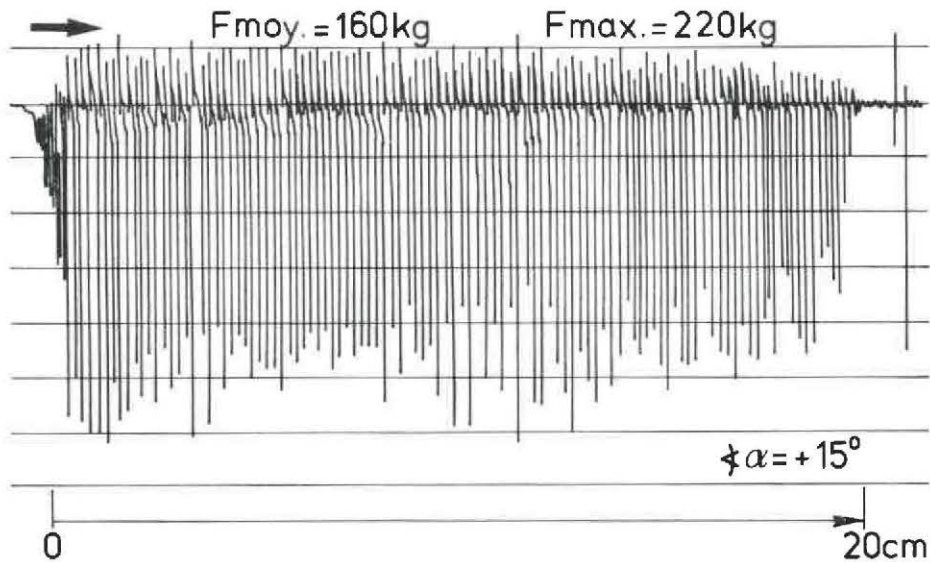


Fig. 4bis — Petit granit de Soignies - efforts de coupe par outils dont l'angle est de + 15°
Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met + 15°

Pour chaque outil testé, on obtient un profil bien caractéristique représentant la répartition de l'effort sur l'outil, tout au long de la roche découpée. Les enregistrements suivants illustrent les phénomènes de découpage pour une vitesse de déroulement du papier de 2 cm/s (avec un effort de 33,50 kg/cm en ordonnée).

On y remarque que, pour les angles de coupe nuls (fig. 7) (130 à 170 cycles), l'effort est plus ou moins uniformément réparti. Dans le cas des angles positifs (fig. 4bis, 5, 6) (80 à 100 cycles), on constate une certaine homogénéité des efforts.

Voor elk werktuig dat beproefd wordt verkrijgt men een apart profiel waarop de belasting van het werktuig over de hele lengte van het doorsneden gesteente wordt weergegeven. De volgende opnamen illustreren de doorsnijdingsverschijnselen bij een rolsnelheid van het papier die 2 cm/s bedraagt (met een belasting van 33,50 kg/cm in de ordinat).

Er kan in opgemerkt worden dat de belasting min of meer gelijkvormig verdeeld is wanneer de snijhoeken gelijk zijn aan nul (fig. 7) (130 tot 170 cyclussen). Wanneer de snijhoeken positief zijn (fig. 4bis, 5, 6) (80 tot 100 cyclussen) kan een zekere gelijkmatigheid van de belastingen vastgesteld worden.

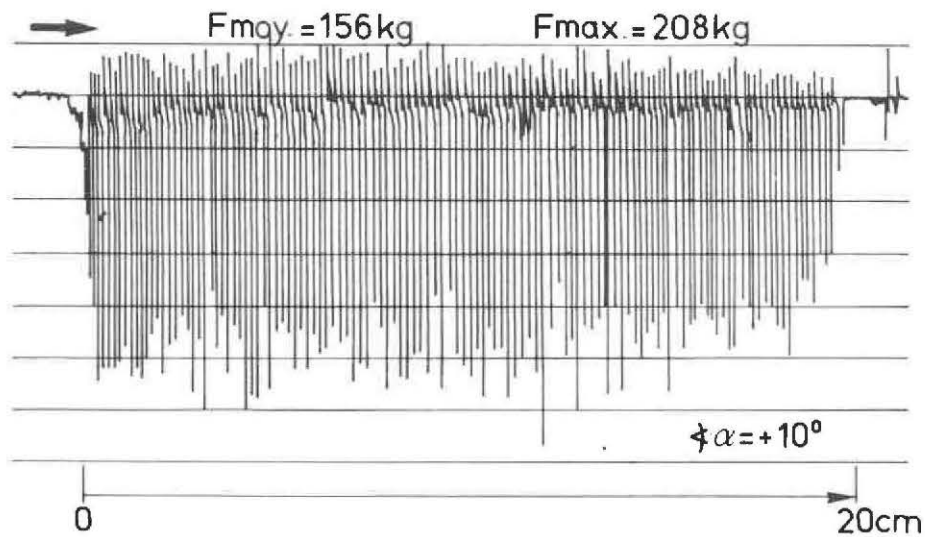


Fig. 5 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de $+ 10^\circ$
Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met $+ 10^\circ$

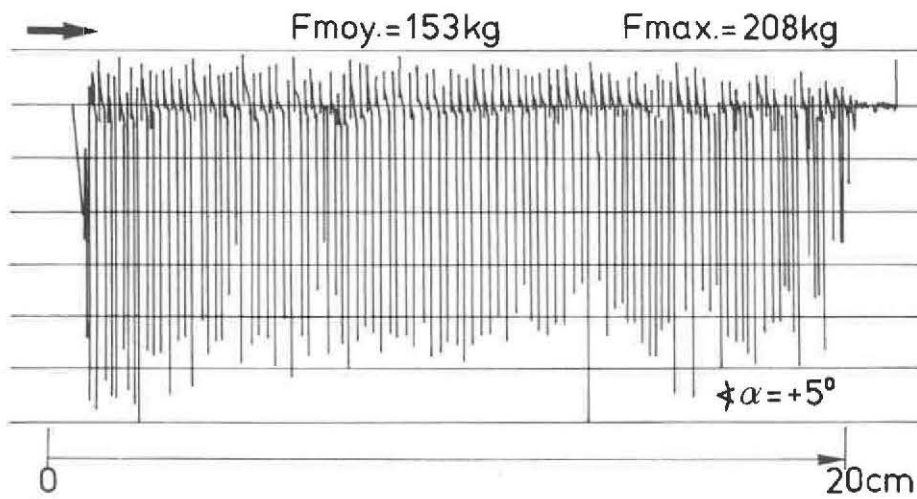


Fig. 6 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de $+ 5^\circ$
Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met $+ 5^\circ$

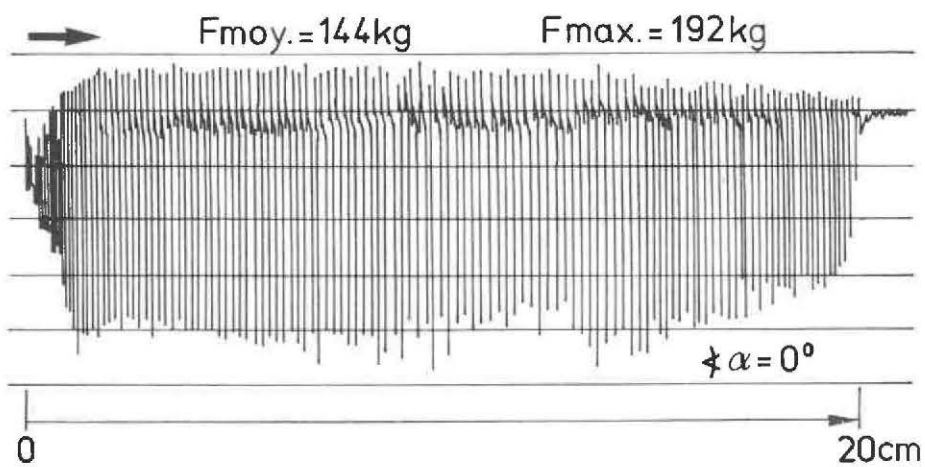


Fig. 7 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de 0°
Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met 0°

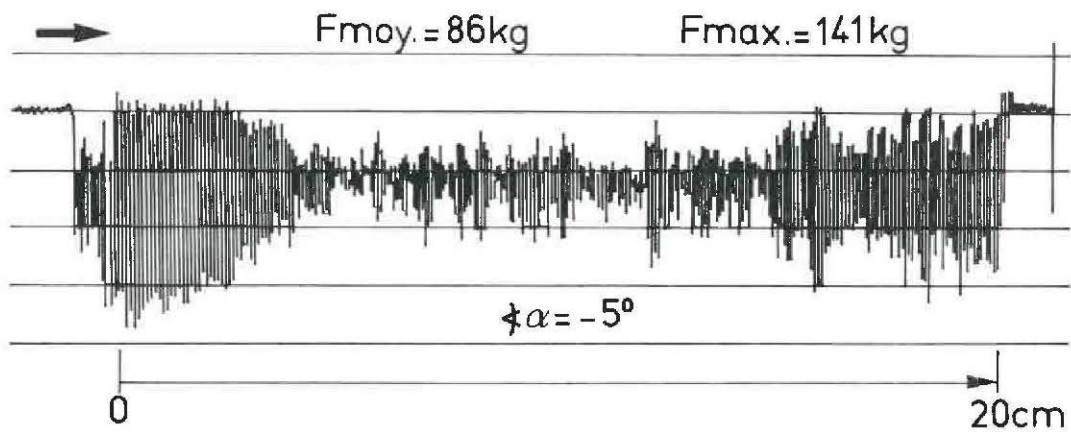


Fig. 8 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de -5°
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met -5°

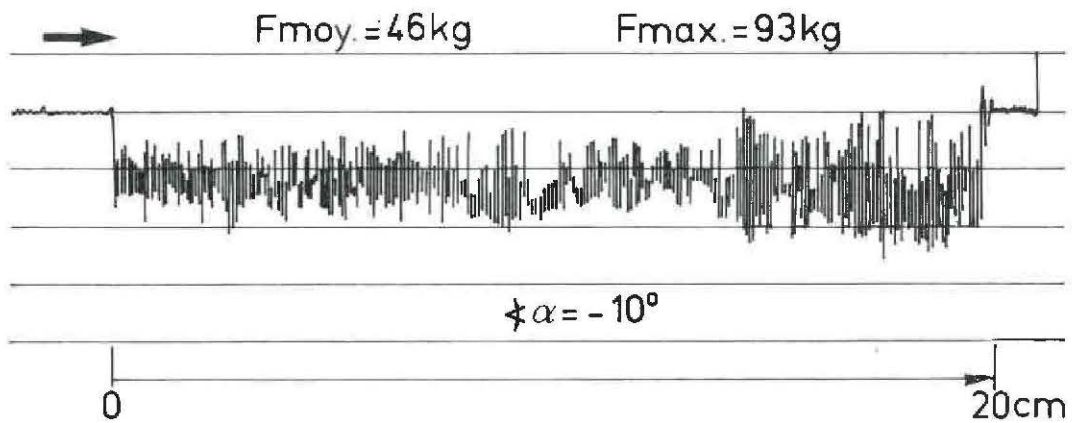


Fig. 9 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de -10°
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met -10°

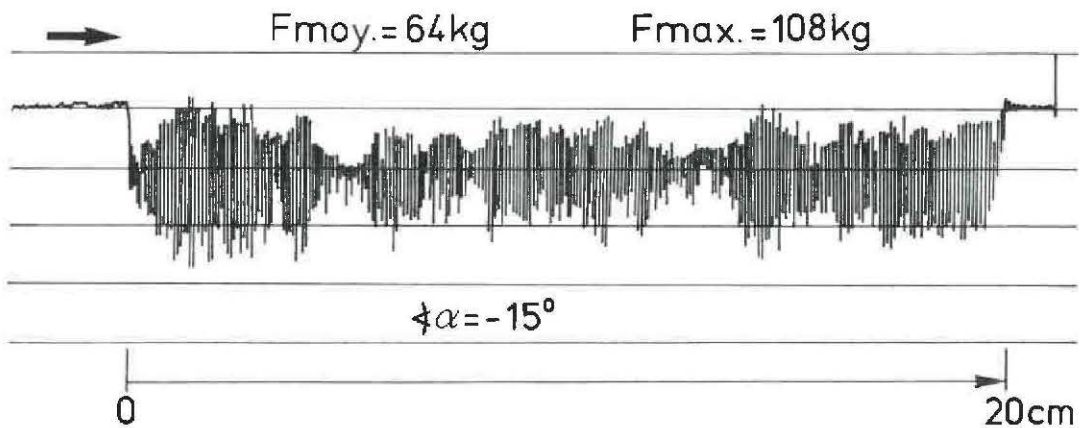


Fig. 10 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outils dont l'angle est de -15°
 Hardsteen van Soignies - snijbelastingen voor werktuigen waarvan de hoek verandert met -15°

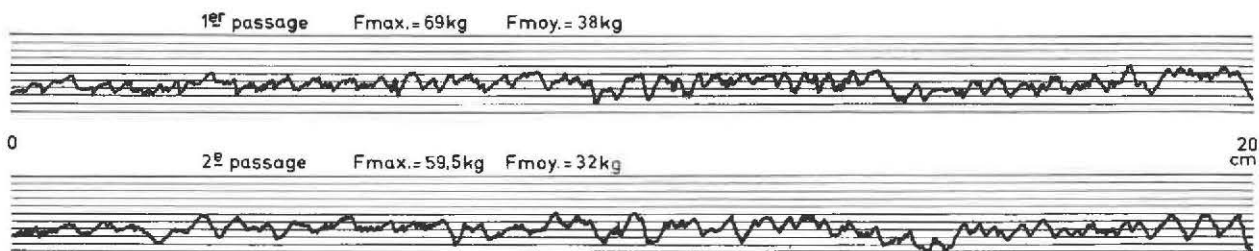


Fig. 11 — Petit granit de Soignies - les efforts de coupe par outil à molettes
Hardsteen van Soignies - snijbelastingen door werktuig met kabelschijven

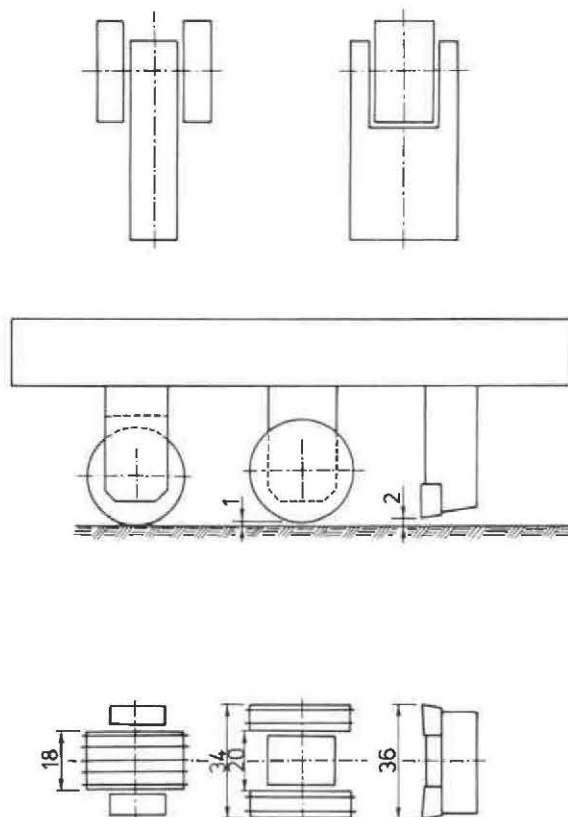


Fig. 11 bis — Les outils à molettes n° 1 et n° 2 testés sur banc d'essais au laboratoire
Werktuigen met kabelschijven nr. 1 en nr. 2, beproefd op proefbank in het laboratorium

Dans le cas des angles négatifs (fig. 8, 9, 10) (300 oscillations environ), on constate une irrégularité des efforts tout au long de la roche découpée (surtout pour les angles de -5° et -15°).

Quant aux outils à molettes (fig. 11), ils se comportent d'une façon analogue aux outils à angle de coupe négatif, ce qui confirme, dans ce cas précis, la valeur de l'effort de coupe qui a été mesurée lors d'expérimentations en laboratoire de forages, techniques exploratoires profondes et mécanique des roches de la Faculté Polytechnique de Mons.

Bij negatieve hoeken (fig. 8, 9, 10) (ongeveer 300 trillingen) wordt een zekere regelmaat van de belastingen over de hele lengte van het doorsneden gesteente vastgesteld (vooral voor de hoeken van -5° en -15°).

De werktuigen met kabelschijven (fig. 11) van hun kant vertonen een gelijkaardig gedrag als dat van de werktuigen met negatieve snijhoek. Hierdoor wordt in dit geval de waarde van de snijbelasting bevestigd, die gemeten werd tijdens proeven in het laboratorium voor boringen, exploratietechnieken op grote diepte en gesteentemechanica van de « Faculté Polytechnique de Mons ».

A la figure 2, nous avons montré, pour le petit granit de Soignies, la variation de la résistance au cisaillement par poinçonnage, en fonction de l'éloignement du poinçon par rapport au bord de la rainure.

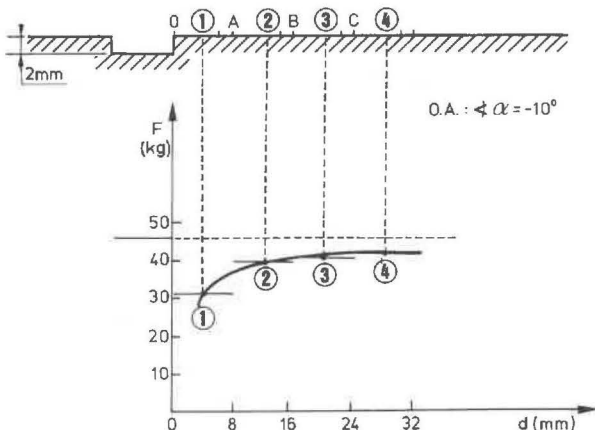
Pour démontrer la liaison entre ce test relativement simple de laboratoire et le processus de découpage, on a choisi l'outil autoaffûtant (plaquette 0,8-8 mm) à angle de coupe négatif (-10°). Une rainure de base de 2 mm de profondeur a été préalablement exécutée. On a mesuré l'effort nécessaire au découpage d'une passe de 0,216 en surface, successivement au bord de la rainure et à des distances égales à 1, 2 et 3 fois la largeur de l'outil. Ces essais effectués un assez grand nombre de fois ont permis le calcul d'une moyenne valable.

On obtient le graphique de la figure 12 où l'on retrouve une courbe analogue au cisaillement par poinçonnage (de la figure 2), ce qui peut être considéré comme vérification expérimentale dans ce domaine.

Nous basant sur les considérations théoriques et les résultats expérimentaux qui viennent d'être exposés, nous pensons que la chaîne à molettes doit trouver une place dans la gamme d'outils de havage, à condition de pouvoir résoudre encore quelques problèmes d'ordre technologique liés à l'industrialisation de ce procédé.

Le Centre T.S.I.R.A. a pris en charge la transposition semi-industrielle d'une chaîne prototype munie d'outils rotatifs, suivant le brevet de J. Brych et J. Došek (fig. 13-14).

Le programme de transposition a été subdivisé en plusieurs phases. Après avoir étudié dans une première phase (fig. 11 bis) la géométrie, la résistance et la disposition des poinçons, et dans une deuxième phase, la confirmation in situ de l'efficacité du processus de destruction du petit granit de Soignies, le Centre T.S.I.R.A. a entrepris dans les phases III et IV l'étude d'une première chaîne expérimentale industrielle.



In figuur 2 hebben we de wijziging van de breeksterkte bij indringing in functie van de afstand van de stempel tot de rand van de groef gegeven voor de hardsteen van Soignies.

Ten einde het verband tussen deze relatief eenvoudige laboratoriumproef en het versnijdingsproces aan te tonen werd het zelfscherpend werktuig (plaatje 0,8-8 mm) met negatieve snijhoek (-10°) gekozen. Er werd vooraf een basisgroef met een diepte van 2 mm gemaakt. De kracht die nodig is voor het doorsnijden van een diepte van 0,216 vanaf het oppervlak werd achtereenvolgens gemeten op de rand van de groef en op afstanden die 1, 2 en 3 keer de breedte van het gereedschap bedroegen. Deze proeven werden vrij dikwijls uitgevoerd, en ze maakten de berekening van een goed gemiddelde mogelijk.

Wij krijgen de grafiek van figuur 12 waarin we een curve vinden met een verloop dat gelijkaardig is met de snijding door indringing (van figuur 2) hetgeen als een proefondervindelijke controle op dit vlak kan beschouwd worden.

Uitgaande van de theoretische beschouwingen en van de proefondervindelijke resultaten waarover hier een uiteenzetting werd gegeven menen we dat de ketting met kabelschijven zeker haar plaats verdient in de reeks ondersnijwerktuigen. Hiervoor moeten evenwel nog enkele technologische problemen in verband met de toepassing op industriële schaal van dit procédé opgelost worden.

Het Centrum TSIRA heeft de verwezenlijking op semi-industriële schaal van een prototype van een ketting met draaiende werktuigen volgens het octrooi van J. Brych en J. Došek (fig. 13-14) op zich genomen.

Het programma hiervoor werd in verschillende fasen verdeeld. In een eerste fase (fig. 11 bis) bestudeerde het Centrum TSIRA de geometrie, de weerstand en de plaatsing van de stempels, en in een tweede fase werd de doeltreffendheid van het proces van de vernietiging van de hardsteen van Soignies in situ nagegaan. In de fasen III en IV werd dan de studie van een eerste experimentele ketting op industriële schaal uitgevoerd.

Fig. 12 — Petit granit de Soignies - variations de l'effort de coupe en fonction de la distance de la saignée de 2 mm de profondeur effectuée par l'outil n° 1

Hardsteen van Soignies - schommelingen van de snijbelasting in functie van de afstand tot de insnijding van 2 mm diepte die door werktuig nr. 1 werd uitgevoerd

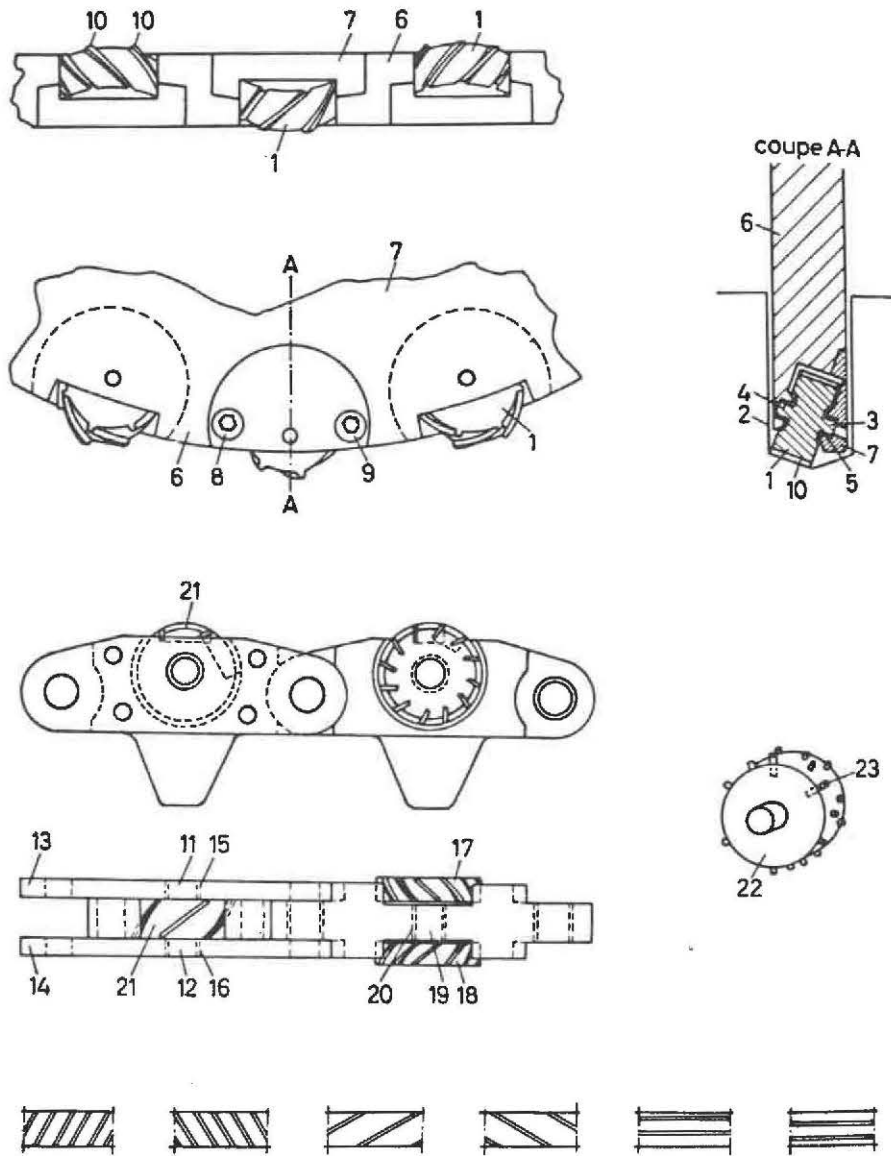


Fig. 13 et 14 — Chaîne à molettes - différentes variantes de construction (d'après Brych et Došek)
 Ketting met kabelschijven - verschillende bouwvarianten (volgens Brych en Došek)

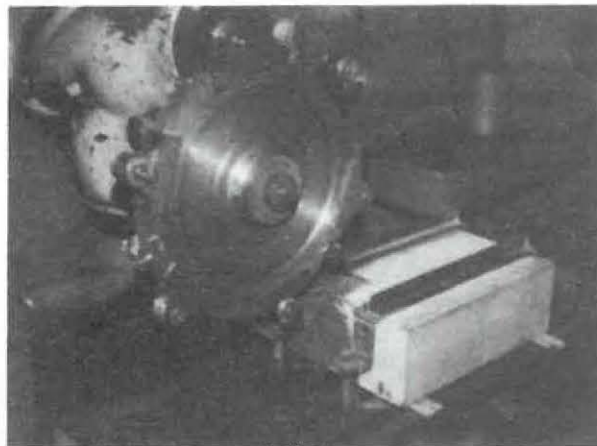


Fig. 15 — Disque muni des molettes monté sur une fraiseuse
 Schijf met kabelschijven gemonteerd op een freesmachine

Les résultats des phases I et II étant pleinement encourageants, il a été décidé en troisième phase de réaliser un disque muni de molettes, afin de résoudre le problème d'usure des axes des molettes observée en phase II (fig. 15).

Le problème était, en effet, de trouver un coussinet capable de résister aux pressions s'exerçant sur l'axe de la molette, et pouvant travailler sans lubrification in situ (eau + poussière de roche).

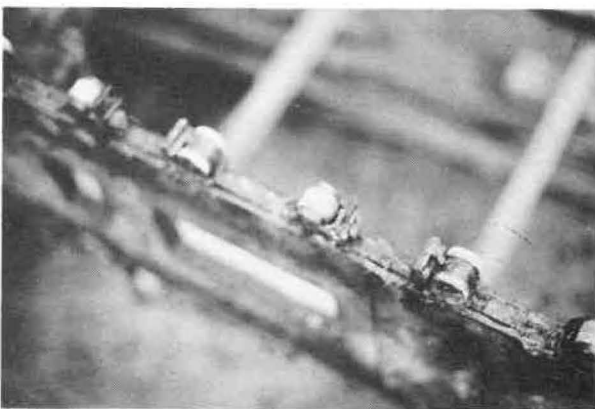
Le disque a été monté sur une fraiseuse et le découpage de blocs de petit granit ou de marbre avait le caractère d'un travail de coupe continu.

Actuellement, ce dispositif expérimental nous a permis d'estimer la longueur de vie des paliers, des molettes et du dispositif de raclage de la saignée. On constate que la durée de vie des coussinets est de 40 heures (ce qui représente une semaine de travail). Les molettes, les poinçons et le système de raclage résistent actuellement à plus de 150 heures de travail, sans être complètement détériorés.

Parallèlement à ces travaux expérimentaux aux laboratoires du Centre T.S.I.R.A., viennent de commencer dans une quatrième phase, les essais en carrières de la chaîne expérimentale (fig. 16 et 17). Qu'il nous soit permis de rendre publiquement hommage à la direction des carrières Gauthier-Wincqz à Soignies, et plus particulièrement à MM. Abraham, Gauthier et Tacquet qui, de par leur disponibilité et leur esprit d'avant-garde, nous ont permis d'entreprendre ces essais in situ.

Le but de ces premiers essais n'est pas d'établir une performance, mais seulement de démontrer la fiabilité du procédé et la bonne tenue mécanique in situ de l'ensemble.

Actuellement, le métrage réalisé en carrière est au total de l'ordre de 10 m² (2 essais de reprise de saignées existantes, 1 essai avec pénétration), avec une vitesse de rotation de la chaîne de $\pm 1,5$ m/s.



Aangezien de fasen 1 en 2 erg hoopgevend waren werd beslist, in de derde fase een schijf met kabelschijven te verwezenlijken, teneinde het probleem van de slijtage van de kabelschijfassen, dat in de 2de fase werd waargenomen, op te lossen (fig. 15).

Het was namelijk moeilijk om een lager te vinden die bestand is tegen de druk op de as van de kabelschijf, en die zonder smering in situ kan werken (water + gesteentestof).

De schijf werd op een freesmachine gemonteerd, en het doorsnijden van hardsteen of marmer verliep als een doorlopend snijwerk.

Door dit experimentele toestel konden we de levensduur van de lagers, van de kabelschijven en van het schraaptoestel voor de insnijding schatten. De levensduur van de lagers bedraagt 40 uren (hetgeen overeenkomt met een werkweek). De kabelschijven, de stempels en het schraapsysteem gaan op dit ogenblik meer dan 150 werkuren mee, zonder volledig versleten te zijn.

Parallel met deze proefondervindelijke werkzaamheden in de laboratoria van het Centrum TSIRA werd zopas in een vierde fase begonnen met het uittesten van de experimentele ketting in groeven (fig. 16 en 17). We wensen de directie van de groeven Gauthier-Wincqz te Soignies, meer bepaald de heren Abraham, Gauthier en Tacquet, te danken omdat ze deze in situ-proefneming door hun welwillende medewerking en hun dynamisme hebben mogelijk gemaakt.

Deze eerste proefnemingen hebben niet de bedoeling een prestatie te verrichten ; ze moeten enkel de betrouwbaarheid van het procédé en de goede mechanische werking in situ aantonen.

Op dit ogenblik worden in de groeve alles tezamen ongeveer 10 m² verwerkt (twee proeven waar reeds bestaande insnijdingen werden gebruikt, 1 proef met indringing), met een draaisnelheid van de ketting die $\pm 1,5$ m/s bedraagt.



Fig. 16 et 17 — Premiers essais en carrières de la chaîne à molettes expérimentale

Eerste proefnemingen in groeven met de experimentele ketting met kabelschijven

Nous attirons l'attention sur le fait qu'un très faible ampérage a été enregistré pendant le travail de la chaîne. Ce dernier reste *constant* pendant toute la durée de l'essai (ampérage à vide ± 20 A — ampérage en pleine charge ± 25 A, haveuse Perrier installée aux carrières Gauthier-Wincqz à Soignies).

La vitesse de sciage de 2 à 2,5 m²/h n'est pas limitative, elle n'est fonction que des possibilités d'utilisation de la machine.

En effet, elle est directement liée au nombre de passages des molettes sur la roche, c'est-à-dire à la vitesse de rotation de la chaîne.

Pour atteindre des rendements de sciage supérieurs, il suffit d'augmenter la vitesse de rotation de la chaîne ; on estime que, pour atteindre des vitesses de sciage de 4 à 5 m²/h, la chaîne devrait tourner à une vitesse de 3 m/s.

Il est à remarquer que le procédé de découpage par chaîne à molettes est très différent du découpage classique, quant à la conduite de la machine. Les réactions entre roches et outils, tant en direction qu'en intensité, sont telles que toute augmentation de la poussée au-delà de la nécessité de poinçonnage peut être néfaste et que c'est sur la vitesse de rotation de la chaîne qu'il faut agir.

Plusieurs problèmes technologiques, liés à l'industrialisation de cette chaîne, restent encore à résoudre ; nous espérons que d'ici quelques mois, tous ces problèmes seront surmontés et que nous pourrions alors commencer les essais de performances.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. BRYCH. Les outils autoaffûtants au service de havage des roches dures. Annales des Mines de Belgique, n° 2, 1975.
- [2] B. NEERDAEL. Contribution à l'étude de la destructibilité des roches dures telles que les calcaires crinoïdiques de Soignies. Faculté Polytechnique de Mons — Travail de fin d'études, juin 1975.
- [3] J. BRYCH et J. DOŠEK. Outil pour les machines à découper les roches (brevet d'invention n° 811806 du 28.03.1974).

We vestigen de aandacht op het feit dat tijdens het werken van de ketting een zeer geringe stroomsterkte werd genoteerd. Deze stroomsterkte blijft gedurende de hele proefneming *constant* (stroomsterkte onbelast ± 20 A — stroomsterkte bij volle belasting ± 25 A, ondersnijmachine Perrier, geplaatst in de groeven Gauthier-Wincqz te Soignies). De zaagsnelheid van 2 tot 2,5 m²/u. is niet beperkend ; ze wordt enkel bedongen door de gebruiksmogelijkheden van de machine.

Ze staat immers rechtstreeks in verband met het aantal doortochten van de kabelschijven op het gesteente of, met andere woorden, met de draaisnelheid van de ketting.

Om hogere zaagrendementen te verkrijgen moet enkel de draaisnelheid van de ketting verhoogd worden ; volgens de ramingen moet de ketting tegen een snelheid van 3 m/s draaien om zaagsnelheden van 4 tot 5 m²/u. te bereiken.

Er dient opgemerkt dat het snijprocédé van de ketting met kabelschijven wat de bediening van de machine betreft sterk verschilt van de klassieke snijmethode. De reacties tussen het gesteente en het werktuig zijn zowel in richting als in intensiteit van die aard, dat elke drukverhoging boven de noodzakelijke indringingsdruk erg nadelig kan zijn, en dat op de draaisnelheid van de ketting moet ingegrepen worden.

Er moeten nog veel technologische problemen opgelost worden die met de toepassing op industriële schaal van deze ketting verband houden ; we hopen dat deze problemen over enkele maanden zullen opgelost zijn, en dat we dan met de prestatieproeven kunnen beginnen.

BIBLIOGRAFIE

- [1] J. BRYCH : Zelfslijpende werktuigen voor het ondersnijden van harde gesteenten. Annalen der Mijnen van België, nr. 2, 1975.
- [2] B. NEERDAEL : Bijdrage tot de studie van de afbreekbaarheid van harde gesteenten als de crinoïdenkalksteen van Soignies. Faculté Polytechnique de Mons - Eindverhandeling, juni 1975.
- [3] J. BRYCH en J. DOŠEK : Werktuig voor machines voor het doorsnijden van gesteenten. (Uitvindingsoctrooi nr. 811806 van 28.03.1974).