

Evolution des tirs en masse dans une carrière de calcaire

Georges COUNET *

RESUME

Les problèmes de sécurité posés par le tir en masse sont nombreux. Il importe de les étudier et de les dominer dans toute la mesure du possible, en tenant compte des circonstances locales.

Ces problèmes ont trait aux ratés de mines, aux projections, aux vibrations, aux pieds de tir et aux mises à feu intempestives.

En agissant progressivement sur la méthode de chargement et le schéma de raccordement, il est possible d'agir favorablement sur la sécurité tout en améliorant le prix de revient.

ZUSAMMENFASSUNG

Beim Massenschießen ergeben sich zahlreiche Sicherheitsprobleme. Es ist wichtig, diese Probleme zu untersuchen und unter Berücksichtigung der örtlichen Umstände soweit wie möglich zu beherrschen.

Die Probleme betreffen die Blindgänger, die Sprengstücke, die Vibrationen, die Schießfüße und die unbeabsichtigten Zündungen.

Durch Verbesserung der Lademethode und des Anschlußschemas ist es möglich, die Sicherheit günstig zu beeinflussen, wobei zugleich der Selbstkostenpreis gesenkt wird.

Evolutie van de schietmethodes in een kalksteengroeve

SAMENVATTING

Met het massaspringwerk zijn veel veiligheidsproblemen gemoeid.

Deze moeten bestudeerd worden, en ze moeten in de mate van het mogelijke overwonnen worden. Hierbij moet rekening gehouden worden met de plaatselijke omstandigheden.

De problemen houden verband met achterblijvers, met wegsparingen, met trillingen, met de onderkant van de afvuring en met ontijdige ontstekingen.

Door geleidelijke verbeteringen aan de laadmethode en het aansluitingsschema kan de veiligheid in gunstige zin evolueren, en kan tegelijkertijd de kostprijs vermindert worden.

SUMMARY

The safety problems arising from mass shotfiring operations are numerous. They need to be studied and mastered as far as possible, with due allowance for the local conditions.

The problems are: misfires, ejected material, vibrations, trap bottoms left and premature ignitions.

Making gradual changes in the charging method and in the firing patterns leads to improved safety at less cost.

* Ingénieur, Chef du Service Carrière, Solvay et Cie S.A., B-6090 Couillet.

L'homme s'attaquant à la nature rencontre souvent un milieu hétérogène, imparfaitement connu.

Il en est ainsi dans les industries extractives, notamment en roche calcaire.

Cette connaissance limitée d'un milieu variable d'une exploitation à l'autre et même d'une zone à l'autre d'une même exploitation, pose des problèmes techniques et de sécurité parfois difficiles à maîtriser.

C'est le cas des opérations de minage en carrière à ciel ouvert.

Les tirs de mines constituent toujours une opération délicate, présentant des dangers qu'il importe de dominer.

Le but de cet exposé est de montrer comment, dans le cas particulier de la carrière Solvay à Couillet, le problème a été progressivement cerné au cours des douze dernières années.

QUELS SONT LES PROBLEMES POSES PAR LES TIRS DE MINES ?

Nous en voyons de cinq types :

— *Les ratés de mines :*

Outre les risques de projections qui peuvent accompagner un raté de mine, l'enlèvement de l'explosif non sauté après minage, puis l'extraction du calcaire souvent très mal dégagé, posent des problèmes de prix de revient et surtout de sécurité.

— *Les projections :*

Celles-ci sont souvent la conséquence d'une surcharge locale dans une cavité non repérée, d'une faille ou d'une coupe de terre mal connues.

Elles sont particulièrement dangereuses lorsqu'elles dépassent les limites de la carrière.

Ces projections peuvent, par voie de conséquence, augmenter les coûts d'exploitation, compte tenu des précautions onéreuses et compliquées qu'elles pourraient imposer.

— *Les vibrations :*

Elles dépendent essentiellement de la charge instantanée, de la valeur et de la régularité des retards utilisés, du site et de la distance séparant le tir des habitations voisines.

Elles posent des problèmes d'environnement avec conséquences sur le prix de revient.

— *Les pieds de tir :*

Ils dépendent souvent du pendage des bancs rocheux (élément sur lequel il est rare que l'on ait une

Wanneer de mens de strijd met de natuur aanbindt krijgt hij vaak te maken met een heterogene omgeving waarvan hij niet alle aspecten kent.

Dit is het geval voor de extractiebedrijven, onder meer bij kalkhoudend gesteente.

Deze beperkte kennis van een omgeving die in elke ontginning, en zelfs in de verschillende zones van eenzelfde ontginning, andere kenmerken vertoont is de oorzaak van technische problemen en veiligheidsproblemen die vaak moeilijk in de hand te houden zijn.

Dat is ook het geval voor de operaties van het schieten in een openluchtgroeve.

Het ontsteken van mijnen is altijd een delicate operatie die gevaren inhoudt, en die gevaren moeten verminderd worden.

Deze uiteenzetting heeft tot doel aan te tonen hoe dit probleem de laatste twaalf jaar werd aangepakt in de groeve Solvay te Couillet.

WELKE PROBLEMEN STELT HET ONTSTEKEN VAN MIJNEN ?

Wij zien vijf soorten problemen :

— *De achterblijvers :*

Behalve de gevaren van wegsparingen die bij een achterblijver kunnen voorkomen, zijn er nog problemen van de kostprijs, en vooral voor de veiligheid door het wegnemen van de niet gesprongen springstof na het schieten, en ook bij het ontginnen van de kalksteen die vaak slecht losgekomen is.

— *De wegsparingen :*

Deze zijn dikwijls het gevolg van een plaatselijke overlading in een onbekende holte, van een onbekende verschuiving of van een onvoldoende bekend grondprofiel.

Ze zijn bijzonder gevaarlijk wanneer ze buiten de groeve terechtkomen.

Deze wegsparingen kunnen bijgevolg de ontginningskosten verhogen omdat er dure en ingewikkelde maatregelen tegen moeten getroffen worden.

— *De trillingen :*

Ze zijn vooral afhankelijk van de momentbelasting, van de waarde en de regelmaat van de gebruikte naïjngen, van het terrein en van de afstand tussen het schieten en de nabijgelegen woningen.

Ze zijn de oorzaak van milieuproblemen, en dat heeft gevolgen voor de kostprijs.

— *De onderkant van de afvuringen :*

Ze zijn vaak afhankelijk van de helling van de gesteentelagen (aan dit element kan zelden iets veranderd worden), van de zorg waarmee de onderkant van

action), du soin que l'on met à dégager le pied du front avant minage et de la méthode de tir.

Ils imposent parfois le forage de mines horizontales, dans un milieu perturbé, avec des risques de projections particulièrement dangereuses lors du tir.

— *Les mises à feu intempestives :*

Elles peuvent se produire par temps d'orage ou à la suite de formation de charges électrostatiques.

La connexion des détonateurs électriques juste avant la mise à feu peut conjurer ce danger.

CAS DE LA CARRIÈRE DE COUILLET

Le gisement de la carrière de Couillet appartient au Viséen, étage supérieur du Dinantien ou calcaire carbonifère. Il est d'une complication relative au point de vue tectonique ; il fait partie d'un massif plissé en forme de chaise.

Sa nature rend les opérations de forage et de minage assez difficiles.

Comment minait-on en 1967 ?

La figure 1 donne le schéma de chargement d'une mine verticale de 20 m et d'une mine horizontale d'environ 6 m, tirées simultanément.

La figure 2 donne le schéma de raccordement des mines verticales et horizontales.

Ce système de minage comportait les inconvénients suivants :

1 Chargement compliqué

Utilisation d'une machine Blu-Rox, injectant dans les mines le AN/FO granulé par le canal d'un tube plastique antistatique.

Ce tube, assez rigide par temps froid, devait être remonté avant descente de chaque cartouche intermédiaire initiatrice.

La précision de chargement du vrac AN/FO demandait beaucoup de soin et laissait cependant à désirer.

2 Risque de coupure du cordeau dans les mines

— par cisaillement dû à un dégagement gazeux dans une fissure coupant deux mines voisines.

— par défaut dans le cordeau (interruption de charge).

3 Risque de coupure du cordeau « mère », au cours du tir

— par projection de cailloux.

het front voor het schieten wordt vrijgemaakt en van de methode van het schieten.

Soms moeten horizontale mijnen geboord worden in een gestoorde omgeving. Dit kan uiterst gevaarlijke wegspattingen tijdens het schieten tot gevolg hebben.

— *Ontijdige ontstekingen :*

Deze kunnen zich tijdens een onweer of ingevolge de vorming van elektrostatische ladingen voordoen.

Dit gevaar kan afgewend worden door de elektrische ontstekers net voor het afvuren te verbinden.

DE GROEVE VAN COUILLET

De afzetting van de groeve van Couillet behoort tot het Viseaan, de bovenste etage van het Dinantiaan of koolhoudende kalksteen. Tektonisch gezien is ze vrij ingewikkeld ; ze maakt deel uit van een stoelvormig geplooid massief.

Door haar aard zijn de boor- en schietoperaties erg moeilijk.

Hoe gebeurde het schieten in 1967 ?

Figuur 1 geeft het ladingsschema van een verticale mijn van 20 m en een horizontale mijn van ongeveer 6 m die gelijktijdig ontstoken worden.

Figuur 2 geeft het aansluitingsschema van de verticale en horizontale mijnen.

Dit schietsysteem hield volgende nadelen in :

1 Ingewikkelde lading

Gebruik van een Blu-Rox-machine voor de inspuiting van gekorrelde AN/FO door het kanaal van een antistatische plastiëkbuis.

Deze buis, die bij koud weer erg stijf is, moest voor het neerlaten van elke tussenliggende huls die een ontsteker bevat opnieuw naar boven gehaald worden.

De laadprecisie van het losse AN/FO vergde veel zorgvuldigheid, en liet toch nog te wensen over.

2 Risico van een onderbreking van de slagkoord in de mijnen

— door afsnijding ingevolge een gasontwikkeling in een spleet, waardoor twee dicht bij elkaar gelegen mijnen onderbroken worden.

— door een gebrek in de slagkoord (onderbreking van de lading).

3 Risico van een onderbreking van de « hoofdslagkoord » tijdens het schieten

— door wegspattende stenen

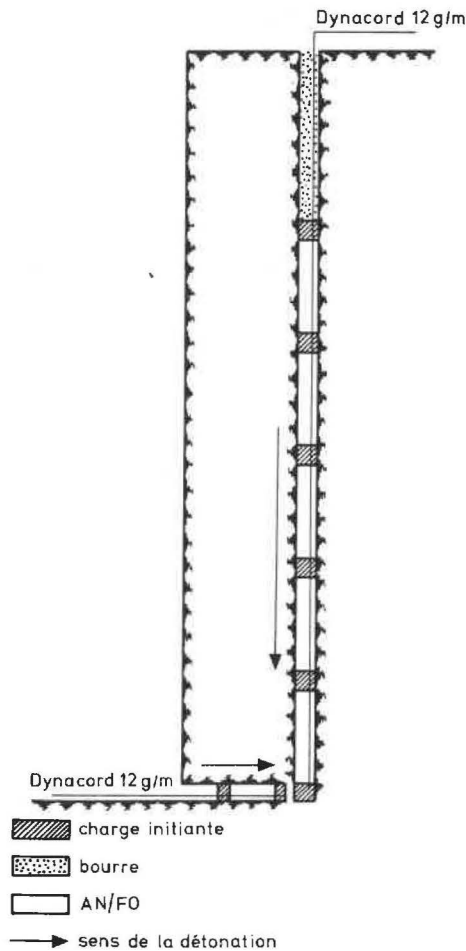


Fig. 1 — Mines verticales et horizontales
 Vertikale en horizontale mijnen
 Charge initiatrice : ontsteking inleidende lading
 Sens de détonation : ontstekingsrichting
 Bourre : opvulsel

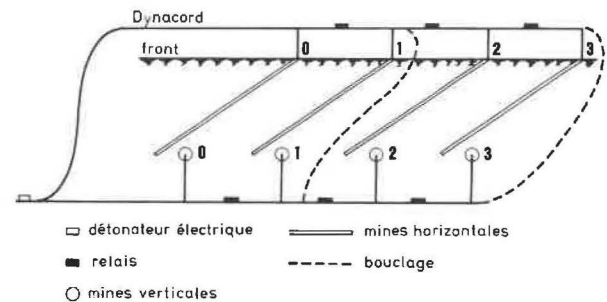


Fig. 2 — Schéma de raccordement
 Verbindingschema
 Détonateur électrique : elektrische ontsteker
 Relais : relais
 Bouclage : lusverbinding
 Mines horizontales : horizontale mijnen
 Mines verticales : vertikale mijnen

- par arrachement mécanique du cordeau entre deux retards.
- par mauvais sertissage d'un relais.
- par défaut dans le cordeau.
- par suite de cumul d'irrégularités dans les retards (relais).

- 4 Risque de vibrations non maîtrisées par suite d'irrégularités dans les retards.
- 5 Risque de vibrations trop importantes suite à la charge instantanée relativement élevée (100 kg).
- 6 Utilisation des mines horizontales
 - dangereuses à forer, au pied d'un front de 20 m difficile à peigner. La main-d'œuvre qualifiée à un travail de peignage était déjà difficile à trouver à l'époque. Elle est presque introuvable actuellement.
 - coûteuses à forer : la vitesse de forage est lente et les déplacements de la foreuse sont multipliés.
 - difficiles à charger.
- 7 Sens de la détonation orienté du haut vers le bas pour la mine verticale et de l'extérieur vers l'intérieur pour la mine horizontale.

- door het mechanische losrukken van de slagkoord tussen twee naijlingen
- door de slechte vattng van een relais
- door een gebrek in de slagkoord
- ingevolge een opeenstapeling van onregelmatigheden in de naijlingen (relais).

- 4 Risico van trillingen die niet kunnen beheerst worden ingevolge onregelmatigheden in de naijlingen.
- 5 Risico van te sterke trillingen ingevolge de vrij hoge momentbelasting (100 kg).
- 6 Gebruik van horizontale mijnen
 - Het boorwerk is gevaarlijk aan de onderkant van een front van 20 m dat moeilijk kan afgestoken worden. Reeds in die tijd was het moeilijk om bekwame arbeidskrachten te vinden voor afsteekwerk. Ook op dit ogenblik zijn ze moeilijk te vinden.
 - Het boorwerk is duur : het vordert slechts langzaam, en de boormachine moet dikwijls verplaatst worden.
 - Moeilijk te laden.
- 7 Richting van de ontploffing van boven naar beneden gericht voor de vertikale mijn en van buiten naar binnen voor de horizontale mijn.

Améliorations apportées de 1967 à 1971

- 1967 **3** Bouclage des cordons « mères », à l'extrémité du tir (fig. 2)
sans les supprimer d'une façon absolue, limite les conséquences de la coupure d'un des cordons.
- 4** Bouclages intermédiaires des cordons « mères » (fig. 2)
limite l'effet des cumuls d'irrégularités des retards, en enflammant périodiquement les cordons « mères » au même temps $t + x$.
- 1969 **2** Introduction de deux cordons Dynacord dans chaque mine
l'un d'eux est un cordon de sécurité destiné à suppléer à toute défaillance de l'autre. Ceci élimine pratiquement les coupures de cordons par défaut dans la continuité de leur charge
réduit le risque de coupure par cisaillement.
- 1** Introduction de trois cordons Dynacord dans chaque mine
ces trois cordons sont capables d'initier le AN/FO sans le secours des charges intermédiaires initiantes, qui furent supprimées.
Ceci simplifie le chargement des mines et améliore encore le point **2**.
- 1971 **1** Remplacement des trois cordons Dynacord (36 g/m) par un cordon Supercord (40 g/m)
ceci simplifie les opérations de chargement et de raccordement.

Comment minait-on en 1975 ?

Les mines horizontales étaient jusque là considérées à juste titre comme favorables à l'élimination des pieds de tir, dangereux à extraire.

Mais les difficultés de peignage du front augmentant d'année en année par suite du manque de main-d'œuvre qualifiée, le forage des mines horizontales s'avère de plus en plus dangereux.

La combinaison du cordon Microcord (1,5 g/m) et d'un explosif brisant granulé (Triamite) permet de

Verbeteringen die van 1967 tot 1971 werden aangebracht

- 1967 **3** Aansluiting van de « hoofdslagkorden » in de vorm van een lus op het uiteinde van de afvuring (fig. 2)
beperkt de gevolgen van de onderbreking van een van de slagkorden, evenwel zonder ze volledig uit te schakelen.
- 4** Tussenliggende lusverbindingen van de « hoofdslagkorden » (fig. 2)
beperkt de invloed van de opeenstapeling van onregelmatigheden in de naijlingen door de « hoofdslagkorden » met tussenpozen te ontsteken met dezelfde tijd $t + x$.
- 1969 **2** Aanbrengen van twee Dynacord-slagkorden in elke mijn
een ervan dient als veiligheidsslagkoord die als vervanging moet dienen bij een hapering van de andere. Hierdoor kunnen de onderbrekingen van de slagkoord door een gebrek in de continuïteit van hun lading praktisch uitgesloten worden. Vermindert het risico van onderbreking door afsnijding.
- 1** Aanbrengen van drie Dynacord-slagkorden in elke mijn
deze drie slagkorden kunnen het AN/FO ontsteken zonder hulp van de tussenliggende ladingen die een ontsteker bevatten ; die werden dan ook weggelaten.
Hierdoor wordt het laden van de mijnen vergemakkelijkt en het is nog een verbetering t.o.v. punt **2**.
- 1971 **1** Vervanging van de drie Dynacord-slagkorden (36 g/m) door een Supercord-slagkoord (40 g/m)
hierdoor worden de ladings- en verbindingsoperaties vergemakkelijkt.

Hoe gebeurde het schieten in 1975 ?

De horizontale mijnen werden tot dan toe met recht als gunstig voor het verwijderen van de onderkant van de afvuring beschouwd. De ontginning hiervoor is gevaarlijk.

Maar aangezien de moeilijkheden voor het afsteken van het front ieder jaar groter werden door het gebrek aan bekwame arbeidskrachten blijkt het boren van horizontale mijnen steeds gevaarlijker te worden.

Door de combinatie van een Microcord-slagkoord (1,5 g/m) en een gekorrelde brisante springstof (Triamiet) kan een nieuwe schietmethode ontwikkeld

concevoir une nouvelle méthode de tir et d'éviter les mines horizontales (fig. 3).

La charge de la mine verticale est divisée en deux, le jeu des retards permettant de faire sauter la demi-charge inférieure avant la demi-charge supérieure.

La Triamite est déversée dans le fourneau en alternance avec le AN/FO.

Ce système apporte les améliorations suivantes :

- 6 Suppression des mines horizontales, ce qui améliore la sécurité des opérations de forage et de chargement, tout en diminuant leur coût.
Les conditions de réussite sont :
 - le dégagement convenable des pieds de mines avant tir ;
 - le tir de la partie inférieure de chaque mine (charge de pied) avant la partie supérieure (charge de tête).
- 1 Simplification du raccordement (fig. 4) et du chargement, en éliminant la machine Blu-Rox.

worden waarbij de horizontale mijnen niet meer nodig zijn (fig. 3).

De lading van de verticale mijn wordt in twee verdeeld, en door de vertragingen wordt het mogelijk de onderste halve lading vóór de bovenste halve lading te laten springen.

Het Triamiet en het AN/FO worden afwisselend in het schietgat gestort.

Dit systeem levert volgende verbeteringen op :

- 6 De horizontale mijnen zijn niet meer nodig. Hierdoor wordt de veiligheid van de boor- en ladingoperaties verhoogd, terwijl de kostprijs ervan vermindert.
Voor het welslagen moet aan volgende voorwaarden voldaan worden :
 - de onderkant van de mijnen moet voor het schieten behoorlijk vrijgemaakt worden ;
 - het schieten van het onderste gedeelte van iedere mijn (onderste lading) gebeurt voor het bovenste gedeelte (bovenste lading).
- 1 Vereenvoudiging van de verbinding (fig. 4) en van het laden, door uitschakelen van de machine Blu-Rox.

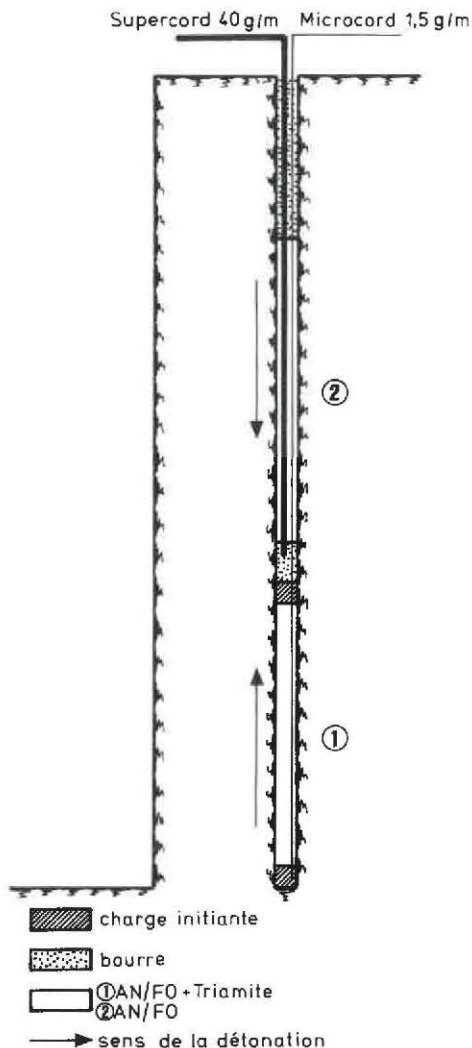


Fig. 3 — Mines verticales
Vertikale mijnen
Bourre : opvulsel
Sens de la détonation : ontstekingsrichting
Charge initiatie : ontsteking inleidende lading
Triamite : triamiet

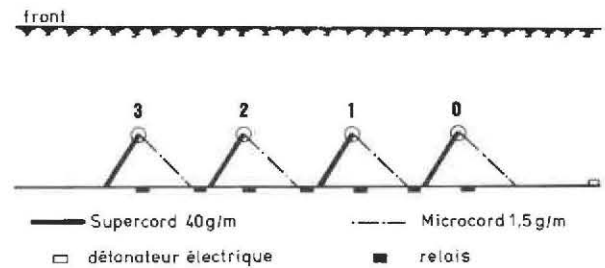


Fig. 4 — Schéma de raccordement
Verbindingschema
Détonateur électrique : elektrische ontsteker
Relais : relais

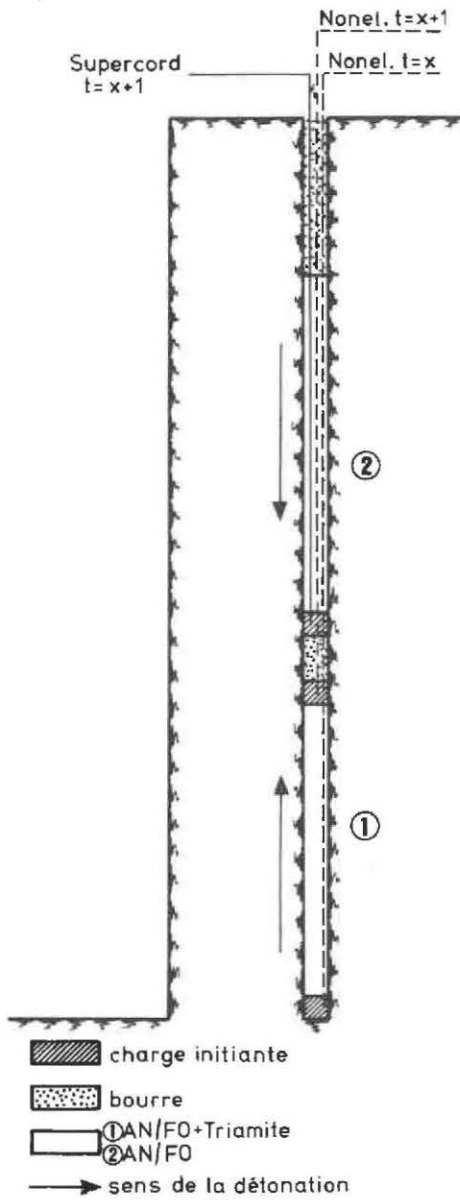
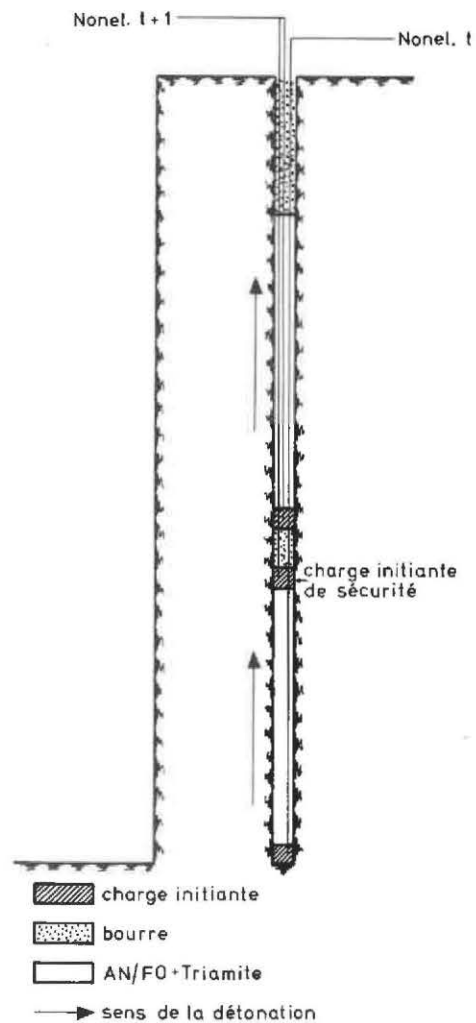


Fig. 6 — Mines verticales — Nonels
Vertikale mijnen — Nonels
Charge initiant de sécurité :
ontsteking inleidende veiligheidslading
Bourre : opvulsel
Sens de la détonation : ontstekingsrichting
Charge initiant : ontsteking inleidende lading
Triamite : triamiet

Fig. 5 — Mines verticales — Cordeau + Nonels
Vertikale mijnen — Slagkoord + Nonels
Bourre : opvulsel
Charge initiant : ontsteking inleidende lading
Triamite : triamiet
Sens de la détonation : ontstekingsrichting



- 5** Réduction de moitié de la charge instantanée, ramenée à ± 50 kg.
 - 7** Amélioration du sens de la détonation, orientation du bas vers le haut dans la partie inférieure de la mine.
- Subsistent encore les inconvénients ci-dessous :
- 2** Risque de coupure du cordeau dans les mines.
 - 3** Risque de coupure du cordeau mère.
 - 4** Risque de vibrations non maîtrisées, à la suite d'irrégularités dans les retards.

Evolution du minage à partir de 1977

L'apparition des Nonels, en 1976, amène à imaginer le schéma de tir représenté à la figure 5.

Le cordeau Nonel est constitué d'un tube plastique tapissé intérieurement d'une pellicule d'explosif et transmettant l'onde de choc à un détonateur placé dans la charge initiatrice. Ils sont fournis en longueurs de 4 m, 20 m et davantage.

Ses avantages sont :

- la parfaite régularité des retards ;
- la mise à feu simultanée de tous les détonateurs ;
- l'insensibilité aux charges d'électricité statique et aux orages.

La méthode « des Nonels » apporta les améliorations suivantes :

- 1** Nouvelle simplification, le raccordement des tubes Nonels se faisant sans difficulté et sans risque d'erreur, au moyen de petites pièces spéciales nommées « Connecting ».
- 2** Suppression du cordeau mère, éliminant tout risque de coupure et évitant de plus le bruit désagréable du cordeau détonant à l'air libre.
- 3** Suppression des cordeaux dans la mine, à l'exception du Supercord dans la charge « de tête ». Celui-ci cependant, plus robuste, présente beaucoup moins de prise au cisaillement et de risque de défaut par interruption de charge
- 4** La mise à feu simultanée de tous les détonateurs et la régularité des retards élimine le risque de vibrations non maîtrisées.

L'expérience de deux années, dans l'utilisation des Nonels, ne nous a permis d'assister à aucun raté de détonateur.

- 5** Vermindering van de momentbelasting met de helft, tot ± 50 kg.
- 7** Verbetering van de ontstekingsrichting, in het onderste gedeelte van de mijn oriëntatie van onder naar boven.

Er blijven nog de volgende nadelen :

- 2** Risico van onderbreking van de slagkoord in de mijnen.
- 3** Risico van onderbreking van de « hoofdslagkoord ».
- 4** Risico van niet in de hand te houden trillingen als gevolg van onregelmatige vertragingen.

Evolutie van het schieten vanaf 1977

Het uitbrengen van de Nonels in 1976 leidde tot het schietschema dat in figuur 5 wordt gegeven.

De Nonel-slagkoord bestaat uit een plasticbuis die binnenin met een springstoffilm bekleed is ; deze geeft de schokgolf door naar een ontsteker die aangebracht is in de lading die de ontsteking op gang brengt. Ze bestaan in lengten van 4 m, 20 m en meer.

De voordelen ervan zijn :

- de perfecte regelmaat van de vertragingen ;
- het gelijktijdig ontbranden van alle ontstekers ;
- de ongevoeligheid voor ladingen van statische elektriciteit en voor onweders.

De methode van de « Nonels » leverde volgende verbeteringen op :

- 1** Nieuwe vereenvoudiging, omdat de Nonelbuizen zonder moeilijkheden en zonder gevaar voor vergissingen met elkaar kunnen verbonden worden, door middel van kleine speciale onderdelen, die « Connecting » genoemd worden.
- 2** De « hoofdslagkoord » valt weg, waardoor elk gevaar voor onderbrekingen wegvalt, en waardoor bovendien het onaangenaam geluid van de slagkoord die in openlucht ontploft vermeden wordt.
- 3** Wegvallen van de slagkoorden in de mijnen, met uitzondering van de Supercord in de « koplading ». Deze laatste is echter sterker en is minder gevoelig voor afsnijding, en er is minder gevaar voor haperingen door een onderbreking van de lading.
- 4** De gelijktijdige ontsteking van alle ontstekers en de regelmaat van de vertragingen sluit het gevaar voor ongecontroleerde trillingen uit.

Ondanks een ervaring van twee jaar in het gebruik van de Nonels hebben we geen enkele ontstekingsstoring kunnen vaststellen.