

3770



Publication de l'Institut National  
des Industries Extractives et de  
l'Administration des Mines

Publikatie van het Nationaal Instituut  
voor de Extractiebedrijven en het  
Bestuur van het Mijnwezen

**Edition - Abonnements  
Publicité**

**Uitgeverij - Abonnements  
Advertenties**

**Direction-Rédaction**  
Institut National  
des Industries Extractives  
3-4000 Liège, rue du Chéra, 200

**Directie-Redactie**  
Nationaal Instituut  
voor de Extractiebedrijven  
Tél. (041) 52 71 50

Les articles publiés dans cette revue  
n'engagent que la responsabilité de  
leurs auteurs et paraissent dans la  
langue choisie par ces derniers

De artikels gepubliceerd in dit tijdschrift  
verschijnen onder de verantwoordelijkheid  
van hun auteurs en in de door hen  
gekozen taal

Reproduction, adaptation et  
traduction autorisées en citant  
le titre de la Revue, la date et l'auteur

Reproductie, bewerking en vertaling  
toegelaten met aanhaling van het  
Tijdschrift, de datum en de auteur

Imprimerie Robert Louis  
B-1050 Bruxelles  
Rue Borrens, 35-43  
Tél. (02) 640 10 40

Drukkerij Robert Louis  
B-1050 Brussel  
Borrensstraat 35-43  
Tel. (02) 640 10 40

**SOMMAIRE**  
**Mars-Avril 1984**

**INHOUD**  
**Maart-April 1984**

en: Dynamische studie van een mijnliftinstallatieontwerp van een digitale sturing	95
man, J.M Petit: Recherche d'un vêtement refroidissant pour l'industrie	110
nière belge	122
Duyse: Revêtement des galeries circulaires	130
utés techniques, Technisch nieuws	
ue des accidents survenus au cours de 1982 dans les mines de houille et dans les	
tablissements surveillés par l'Administration des Mines	
k van de ongevallen in de kolenmijnen en in de andere inrichtingen onder het	131
van de Administratie van het Mijnwezen in 1982	
des mines de houille en activité en Belgique au 1er janvier 1984	156
n de steenkolenmijnen in België in bedrijf op 1 januari 1984	158
n of Coal Abstracts	170
view	171
cements	
0951	

# Dynamische studie van een mijnliftinstallatieontwerp van een digitale sturing

Jos BOUWEN\*

## RESUME

La régulation d'une machine d'extraction doit satisfaire à des exigences particulièrement sévères (sécurité absolue, précision et stabilité élevées, adaptation souple à différents régimes de fonctionnement, etc ...).

On s'efforce généralement de réaliser au mieux ces objectifs au moyen de dispositifs "analogiques".

L'utilisation d'une régulation "digitale" (basée sur un microprocesseur) offre cependant des possibilités beaucoup plus vastes en ce qui concerne l'application de consignes de réglage complexes, l'adaptation à des programmes d'extraction différenciés, et l'intégration dans le système des dispositifs de sécurité, de surveillance et d'enregistrement.

Pour concevoir ou "synthétiser" un régulateur qui satisfasse à toutes les exigences d'une exploitation sûre et économique, une connaissance complète du système est indispensable. Il faudra en particulier effectuer une étude approfondie de stabilité sur un modèle mathématique de ce système (représenté par une "fonction de transfert"), et il faudra vérifier si les réactions aux perturbations, quelles qu'elles soient, rétablissent suffisamment vite un régime en équilibre.

Une régulation digitale ne réagit cependant pas à des grandeurs continues, mais à une série de mesures ou d'impulsions discrètes. Pour toute sûreté, on vérifiera que cette "discrétisation" n'introduit pas d'instabilité supplémentaire, en effectuant des simulations du processus grâce à des techniques mathématiques appropriées ("transformation Z").

L'étude de stabilité et les simulations permettent alors de tirer les conclusions nécessaires concernant les possibilités d'emploi du régulateur envisagé. Ceci est illustré par un exemple concret.

## SAMENVATTING

De regeling van een ophaalmachine moet aan strenge eisen voldoen (absolute veiligheid, grote nauwkeurigheid en stabiliteit, soepele aanpassing aan verschillende bedrijfsregimes, enz ...).

Dit wordt gebruikelijk op een "analoge" wijze benaderd.

Het gebruik van een digitaal regelsysteem, b.m.v. een microcomputer, biedt echter veel ruimere mogelijkheden betreffende de toepassing van complexe regelvoorschriften, de aanpassing aan verschillende ophaalprogramma's, en het verwerken van veiligheids-, toezichts- en registratieopdrachten in een geïntegreerd systeem.

Om een regelaar te ontwerpen of te synthetiseren, die aan alle vereisten van een veilige en economische procesuitbating voldoet, is een diepgaande kennis van het systeem noodzakelijk. Men zal in het bijzonder op een wiskundig equivalent van dat systeem (door een "transferfunctie" voorgesteld) een diepgaand stabiliteitsonderzoek uitvoeren, en nagaan of de reactie op alle mogelijke stoororzaken snel genoeg tot een evenwichtstoestand leidt.

Een digitale sturing reageert echter niet op continu grootheden, maar op een aantal discrete waarnemingen of impulsen. Om na te gaan of dit geen bijkomende onstabiliteit kan veroorzaken zullen, voor alle zekerheid, met aangepaste wiskundige technieken (Z-transformatie) processimulaties uitgevoerd worden.

Uit het stabiliteitsonderzoek en uit de processimulaties kan men dan de gepaste besluiten trekken betreffende de toepasbaarheid van de gekozen regelaar. Dit wordt aan de hand van een concreet voorbeeld uitgewerkt.

\* Jos Bouwen Ir., MCT, Afd. Ir. elektromechanische dienst Bovengrond, zetel Eisdén, N.V.K.S. zetel Eisdén, Zetellaan, B-3630 Maasmechelen



## ZUSAMMENFASSUNG

Die Regelung einer Fördermaschine muss besonders harte Anforderungen erfüllen (absolute Sicherheit, grosse Genauigkeit und Stabilität, flexible Anpassung an verschiedene Betriebszustände, usw. ...).

Im allgemeinen wird versucht, diese Ziele mit Hilfe von "analogen" Vorrichtungen so gut wie möglich zu verwirklichen.

Die Verwendung einer "digitalen" Regelung (auf der Basis eines Mikroprozessors) bietet jedoch wesentlich mehr Möglichkeiten hinsichtlich der Anwendung von komplexen Regelungsverfahren, der Anpassung an differenzierte Förderprogramme, und der Integration in das System der Sicherheits-, Überwachungs- und Aufzeichnungseinrichtungen.

Um einen Regler zu entwerfen oder zu "synthetisieren", der alle Anforderungen für einen sicheren und wirtschaftlichen Betrieb erfüllt, ist eine vollständige Kenntnis der Anlage unerlässlich. Insbesondere muss eine gründliche Stabilitätsuntersuchung bei einem mathematischen Modell dieser Anlage (durch eine "Übertragungsfunktion" dargestellt) durchgeführt werden, und es muss überprüft werden, ob die Reaktionen auf irgendwelche Störungen, genügend schnell wieder einen Beharrungszustand herstellen.

Eine digitale Regelung reagiert jedoch nicht auf kontinuierliche Grössen, sondern auf eine Reihe von diskreten Messwerten oder Impulsen. Um völlige Sicherheit zu erhalten, wird überprüft, ob dieser Übergang auf diskrete Werte keine zusätzliche Instabilität mit sich bringt. Dazu wird der Prozess mit Hilfe von geeigneten mathematischen Verfahren ("Z-Transformation") simuliert.

Die Stabilitätsuntersuchung und die Simulation gestatten dann die erforderlichen Schlussfolgerungen hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeiten des vorgesehenen Reglers zu ziehen. Dies wird mittels eines konkreten Beispiels veranschaulicht.

## INHOUDSTAFEL

### 1. INLEIDING

1.1. Beschrijving van de bestudeerde mijnliftinstallatie

1.2. Snelheid-tijddiagram

1.3. Functies waaraan de nieuwe besturing moet voldoen

### 2. OPSTELLEN VAN HET BLOKSCHEMA VAN DE MIJNLIFTINSTALLATIE

2.1. Principeschema van een Ward-Leonardgroep

2.2. Dynamische vergelijkingen

2.3. Blokschema

### 3. DYNAMISCH ONDERZOEK VAN HET PROCES

3.1. Transferta-functie van het proces

## SUMMARY

The regulation of a mining hoist has to meet particularly severe standards (absolute security, high precision and stability, easy adapting to different operating conditions, etc ...).

It is generally attempted to reach these goals as best as possible by using "analogical" devices.

Yet the use of a "digital" regulation (micro-processor based) offers better possibilities as to the application of complex regulating instructions, the adapting to differentiated extraction programmes, and the integration of the security, control and registration tasks into one system.

To conceive or "synthetize" a regulator meeting all requirements of a reliable and economic winning, complete knowledge of the system is absolutely necessary. In particular, a thorough study of the stability on a mathematical model of the system (represented by a "transfer function") is necessary, and it is indispensable to check if the reactions to disturbances of any type re-establish quickly enough steady operating conditions.

Digital regulation does not react, though, to continuous variables, but to a series of discreet measurements or impulses. For security's sake, it will be checked if this "discreting" does not introduce supplementary instability. This check is done through process simulations by adequate mathematical techniques ("Z transformation").

The stability study and the simulations then allow for the drawing of the necessary conclusions on the application possibilities of the regulator under consideration. This is illustrated by a practical example.

3.2. Stabieliteitsonderzoek van het proces  $G(p)$  met  $C(p) = 0$

3.3. Invoering van een uitwendige terugkoppeling

3.4. Invloed van de regelaar

### 4. KANONIEKE SIMULATIE VAN DE MIJNLIFT-INSTALLATIE

4.1. Z-transformatie

4.2. Simulatieresultaten van het proces zonder regelaar, maar met uitwendige terugkoppeling

4.3. Gesloten proces met een regelaar

### 5. BESLUIT

### BIBLIOGRAFIE

BIJLAGE 1 : Technische gegevens van mijnliftinstallatie IV te Eindhoven



## 1. INLEIDING

### 1.1. BESCHRIJVING VAN DE BESTUDEERDE MIJN-LIFTINSTALLATIE

De mijnliftinstallatie IV van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen, zetel Eisdon, is van het Koepe-type en bedient twee ophaalkooien met elk vier verdiepingen (fig. 1). Per verdieping kan een mijnwagen met een nuttige lading van twee tot drie ton vervoerd worden. De ophaaldiepte bedraagt 780 meter. De Ward-Leonardgroep bestaat uit een synchrone motor die twee gelijkstroomgeneratoren aandrijft. Het vermogen van de S.M. is nominaal 2.576 kW bij een spanning van 10 kV en een nominale stroom van 173 A. De gelijkstroomgeneratoren zijn van het Shunt-type met compound-correctie. Het vermogen is nominaal 1.600 kW bij 600 VDC. De bekrachtigingsspanning is regelbaar tussen 0 en 200 VDC. Het Koepewiel wordt door twee gelijkstroommotoren aangedreven. Deze motoren zijn eveneens van het Shunt-type. Het maximale toerental bedraagt 53  $\text{r/min}$  bij een spanning van 600 VDC. Het nominaal vermogen bedraagt 1.470 kW. Het maximale vermogen is 2.425 kW. De constante vreembekrachtiging der motoren bedraagt 75 A bij 220 VDC.

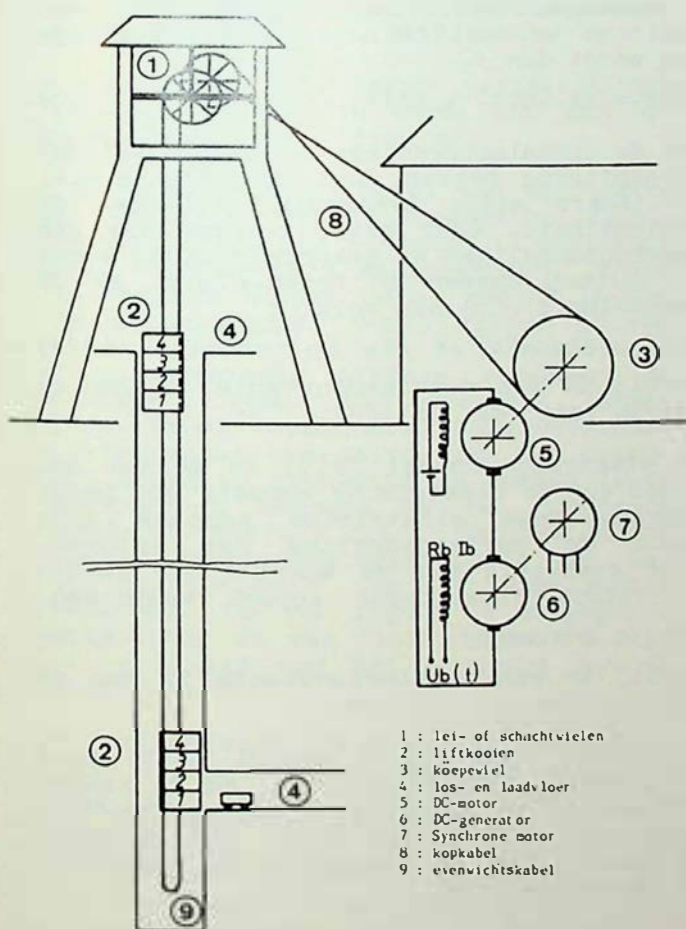


Fig. 1 : Schematische voorstelling van ophaalinstallatie IV

### 1.2. SNELHEID-TIJD DIAGRAM

Het werkingsprincipe van een Ward-Leonardschakeling is als volgt. Door de bekrachtiging van de gelijkstroomgeneratoren te wijzigen, bekomt men aan de uitgang van deze machines een veranderlijke gelijkspanning. Deze variabele gelijkspanning zal een veranderlijk toerental van de gelijkstroommotoren veroorzaken indien deze motoren een constante vreembekrachtiging bezitten. Alzo is men in de mogelijkheid

het toerental van een grootvermogenmachine te wijzigen door in te grijpen in een elektrische laagvermogenketen.

De besturing van een mijnlift moet zodanig geschieden dat de optimale snelheden zo snel en zo energievriendelijk mogelijk bereikt worden. Door allerhande fysische beperkingen, door verscheidene veiligheidsvoorschriften en door de aard van de te vervoeren lading, zijn de toegelaten versnellingen en snelheden aan limieten onderhevig. Zo bedraagt bij kolentransport de maximale snelheid voor de hier bestudeerde mijnliftinstallatie, 18 m/s en de maximale versnelling 1  $\text{m/s}^2$ . Bij personenvervoer daalt de snelheid tot 12 m/s en de versnelling tot 0.7  $\text{m/s}^2$ .

Aan de hand van al deze beperkingen kan men voor iedere te transporteren last een geïdealiseerd snelheid-tijd-diagram ontwerpen. D.w.z. een diagram dat in functie van de reistijd aangeeft op welke wijze de snelheid dient toe- of af te nemen of hoelang deze moet constant blijven. Figuur 2 toont een geïdealiseerd snelheid-tijd-diagram voor kolentransport. Zoals gezegd vindt men de drie fasen terug nl. de versnellings-, de vertragingssfase en de fase van constante snelheid.

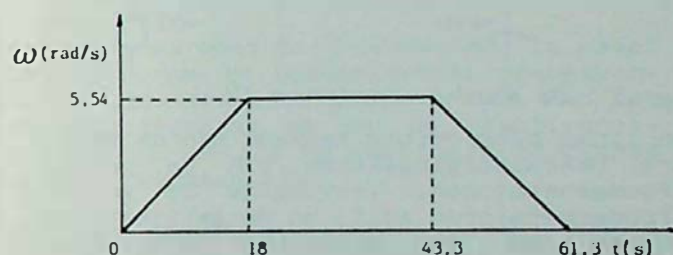


Fig. 2 : Hoeksnelheidsverloop bij kolenextractie

Een optimaal snelheidsverloop betekent een minimale extractietijd, hetgeen een stijgend rendement van de mijnliftinstallatie tot gevolg heeft. Via de sturing van de Ward-Leonardgroep, tracht men de geïdealiseerde snelheid-tijd diagrammen zo getrouw mogelijk te benaderen.

### 1.3. FUNCTIES WAARAAN DE NIEUWE BESTURING MOET VOLDOEN

De nieuwe besturing, waarvan de basisbeginselen uit deze studie volgen, dient te voldoen aan volgende functies :

- regeling van de snelheid-versnelling van de motoren zodat het geïdealiseerd snelheid-tijd diagram zo goed mogelijk benaderd wordt;
- bewaking van de machine zodat de extreme waarden voor de snelheid, de versnelling en de motorstroom niet overschreden worden;
- detectie van foutieve handelingen van de mens via een signaalregistratie (beslissingsboomstructuur);
- het juist plaatsen van de verschillende kooiverdiepingen ten opzichte van de bovengrondse losvloer;
- reageren op noodsituaties;
- controle der vergrendelingen;
- het detecteren van fouten in de sturing zelf en in de in- en uitgangspereferie;
- handbediening toelaten;



. het genereren van statistieken en post-rapporten.

## 2. OPSTELLEN VAN HET BLOKSCHEMA VAN DE MIJNLIFTINSTALLATIE

### 2.1. PRINCIPESCHEMA VAN EEN WARD-LEONARD-GROEP

Figuur 3 toont schematisch een Ward-Leonard-groep

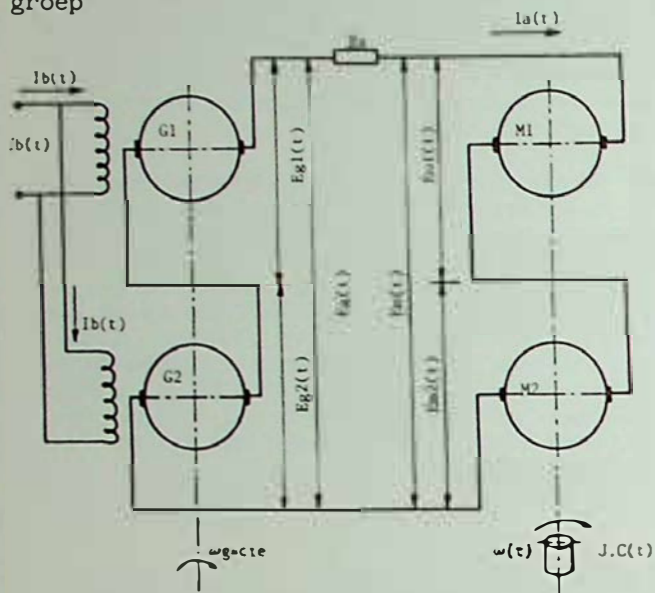


Fig. 3 : De Ward-Leonardgroep IV

Van links naar rechts herkent men de regelbare bekrachtigingsketen van de gelijkstroomgeneratoren, vervolgens de gelijkstroomgeneratoren zelf, en de gelijkstroommotoren met hun belasting (schematisch voorgesteld door het traagheidsmoment  $J$  en het uitwendig koppel  $C(t)$ ).

### 2.2. DYNAMISCHE VERGELIJKINGEN

Uit de elektrische ketens enerzijds (bekrachtigingsketen v.d. generatoren en de keten van de generatoren met de motoren) en uit de mechanische keten anderzijds (elektrisch koppel - tegenwerkend koppel - traagheidsmoment) kan men de dynamische vergelijkingen afleiden. Dynamische vergelijkingen zijn vergelijkingen die het gedrag van de beschouwde keten in functie van de tijd beschrijven.

Zoals uit figuur 3 blijkt, zijn de bekrachtigingsspoelen van de generatoren in parallel geschakeld. De bekrachtigingsspanning  $U_b(t)$  is dan ook over beide, identiek beschouwde bekrachtigingsspoelen terug te vinden. Zodoende geldt voor iedere spoel :

$$U_b(t) = R_b \cdot I_b(t) + L_b \frac{dI_b(t)}{dt} \quad (2.1)$$

waarbij

$U_b(t)$  de bekrachtigingsspanning is van de dynamo's

$R_b$  de weerstand van de bekrachtigingsketen

$L_b$  de inductantie van de bekrachtigingsketen

$I_b(t)$  de bekrachtigingsstroom der dynamo's.

Daar iedere generator met een constante snelheid aangedreven wordt, zal de spanning door een generator opgewekt ( $E_{g1}(t)$  en  $E_{g2}(t)$ ), evenredig zijn met de bekrachtigingsstroom.

Zo kan men zeggen dat :

$$E_{g1}(t) = K_{g1} \cdot I_b(t)$$

$$E_{g2}(t) = K_{g2} \cdot I_b(t)$$

waarbij  $K_{g1}$  en  $K_{g2}$  generatorconstanten zijn.

De totale opgewekte e.m.k. wordt dan :

$$E_g(t) = E_{g1}(t) + E_{g2}(t)$$

Doordat de generatoren  $G_1$  en  $G_2$  gelijk zijn, zijn ook de evenredigheidsconstanten  $K_{g1}$  en  $K_{g2}$  dezelfde. De totale opgewekte e.m.k. wordt dan :

$$E_g(t) = 2K_g \cdot I_b(t) \quad (2.2)$$

Voor de elektrische keten van de generatoren en de motoren geldt :

$$E_g(t) = R_a \cdot I_a(t) + L_a \frac{dI_a(t)}{dt} + E_m(t)$$

waarbij :

$R_a$  de totale weerstand is van de dynamomotorketen

$L_a$  de totale inductantie van de ankerketen

$E_m(t)$  de tegen-e.m.k. van de gelijkstroommotoren.

De ankerinductantie  $L_a$  mag t.o.v.  $R_a$  verwaarloosd worden. De voorgaande vergelijking wordt dan :

$$E_g(t) = R_a \cdot I_a(t) + E_m(t) \quad (2.3)$$

Daar de ophaalmotoren een constante vreemd-bekrachtiging hebben, zal de tegen-e.m.k. van iedere motor evenredig zijn met de draaisnelheid. Daar beide motoren via een gemeenschappelijke as gekoppeld zijn, wordt het verband tussen de tegen-e.m.k. en de hoeksnelheid  $\omega(t)$  als volgt :

$$E_m(t) = 2K_m \cdot \omega(t) \quad (2.4)$$

waarbij  $K_m$  een machineconstante is van de motoren (zie ref. Gillon).

Het elektrisch koppel  $C_e(t)$  is gelijk aan de som van de elektrische koppels van beide motoren. Deze elektrische koppels zijn wegens de serieschakeling der motoren, beide evenredig met de ankerstroom  $I_a(t)$ . Het totale elektrische koppel wordt dan :

$$C_e(t) = 2K_n \cdot I_a(t) \quad (2.5)$$

waarbij  $K_n$  een machineconstante is van de motoren (zie ref. Gillon).

Het totale elektrische koppel  $C_e(t)$  moet het uitwendig lastkoppel  $C(t)$  en de traagheid van de in beweging te brengen massa's overwinnen. Het koppel  $C_j(t)$  dat ontstaat als gevolg van de traagheid is evenredig met de versnelling.

$$C_j(t) = J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt}$$

en

$$C_e(t) = C(t) + C_j(t) = C(t) + J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} \quad (2.6)$$

De hierbovenvermelde vergelijkingen zijn gedeeltelijk differentiaalvergelijkingen. Om het oplossen van deze differentiaalvergelijkingen te vereenvoudigen, gebruikt men de Laplace-transformatie. Deze transformatie zorgt ervoor dat de differentiaalvergelijkingen omgevormd worden (getransformeerd worden) tot vergelijkingen die



gewoon algebraïsch kunnen behandeld worden.

De Laplacetransformatie is volledig bepaald door volgende definitie :

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-pt} dt$$

waarbij  $p$  de Laplace-operator genoemd wordt. De functie  $f(t)$  in het tijdsdomein is getransformeerd naar een functie in het  $p$ -domein. Door toepassing van de Laplacetransformatie (zie ref. Berwaerts) kunnen de vergelijkingen (2.1) tot (2.6) omgevormd worden tot :

$$U_b(p) = (R_b + pL_b) \cdot I_b(p) \quad (2.7)$$

$$E_g(p) = 2 \cdot K_g \cdot I_b(p) \quad (2.8)$$

$$E_g(p) = R_a \cdot I_a(p) + E_m(p) \quad (2.9)$$

$$E_m(p) = 2 \cdot K_m \cdot \omega(p) \quad (2.10)$$

$$C_e(p) = 2 \cdot K_n \cdot I_a(p) \quad (2.11)$$

$$C_e(p) = C(p) + J \cdot p \cdot \omega(p) \quad (2.12)$$

### 2.3. BLOKSCHEMA

Het dynamisch gedrag van de mijnliftinstallatie is volledig bepaald door de vergelijkingen (2.7) t.e.m. (2.12).

Door combinatie van deze vergelijkingen in een meer geschikte vorm, kan men het blokschema opstellen (fig. 4).

Door de bekrachtiging  $U_b(p)$  van de generatoren ontstaat een klemspanning  $E_g(p)$ . Deze e.m.k. wordt bij vertrek uit stilstand volledig door de term  $R_a$  opgenomen. Indien het elektrisch koppel  $C_e(p)$  groter is dan het belastingskoppel  $C(p)$ , treedt er een positieve verandering van de hoeksnelheid  $\omega(p)$  op. Evenredig hiermee verandert de tegen-e.m.k., zodat het verschil tussen  $E_g(p)$  en  $E_m(p)$  vermindert. Deze vermindering veroorzaakt een daling van het motorkoppel. Zodra er evenwicht is tussen last- en motorkoppel bekomen we een constante hoeksnelheid. Hieruit blijkt dat met iedere aangelegde bekrachtigingsspanning een bepaalde hoeksnelheid van de kabelschijf overeenstemt. De op figuur 4 aangegeven terugkoppeling is een "intrinsieke" terugkoppeling, eigen aan het principe van de gelijkstroombmotor.

In de remfase vermindert men de bekrachtiging van de generatoren waardoor de klemspanning  $E_g(p)$  daalt. Zodra de klemspanning kleiner is dan de tegen-e.m.k., zal de ankerstroom van richting veranderen en bekomt met een generatorremming. De lift zal nu vertragen onder invloed van het lastkoppel (stijgende last) en het tegenwerkend elektrisch koppel van de motor. Men spreekt in dit geval van recuperatie- of tegenstroomremming.

Zoals uit figuur 4 blijkt, zal dank zij de intrinsieke terugkoppeling die eigen is aan de gelijkstroombmotor, de snelheid van de machine spontaan geregeld worden. Er zal dus zoals hoger gezegd met iedere bekrachtigingsspanning een bepaalde snelheid in evenwichtstoestand overeenstemmen, maar deze snelheid zal omwille van allerlei verliezen in de machines (o.a. Joule verliezen) kleiner zijn dan de gewenste. Het proces vertoont alzo een standfout. Door de aard van de installatie zal ook veel te traag op eventuele storingen gereageerd worden en zal dus een exacte besturing van de machine uitgesloten zijn. Daarenboven verwacht men van een proces dat het stabiel en snel naar een nieuwe evenwichtstoestand evolueert. Om dit bij de mijnliftinstallatie te realiseren dient een regelaar in het circuit ingeschakeld te worden. Om de vorm van deze regelaar te bepalen, dringt een dynamisch onderzoek van het proces en van een mogelijke regelkring zich op.

Figuur 4 is eenduidig bepaald als alle constanten gekend zijn. Deze constanten kunnen berekend of uit de constructiegegevens van de mijnliftinstallatie afgeleid worden.

### 3. DYNAMISCH ONDERZOEK VAN HET PROCES

Om een proces goed te doorgronden is naast een kennis van de beschrijvende procesvergelijkingen, een zeer goede kennis van het stabiliteitsgedrag en van de reactiesnelheid van het proces op eventuele storingen absoluut noodzakelijk.

Daar deze storingen allerlei vormen kunnen aannemen (d.w.z. tijdfuncties met verschillende amplitudes en frequenties), is een frequentieanalyse van het proces noodzakelijk. Deze analyse wordt ook stabiliteitsonderzoek genoemd.

In dit hoofdstuk wordt dan ook speciale aandacht geschonken aan het stabiliteitsonderzoek van het proces. Zulk onderzoek kan op verschillende manieren uitgevoerd worden, zoals b.m.v. het Nyquist-diagram, het Bode-diagram, het Black-Nichols-diagram enz. Hier zal het stabiliteitsonderzoek gebeuren aan de hand van het Black-Nichols diagram. Het Black-Nichols diagram (fig.9) is een diagram waar in een rechthoekig assenstelsel de fasehoek (in absis) en de amplitude (in dB in ordinaat) worden uitgezet van het uitgangssignaal in functie van de procesingang (het verband tussen de procesuitgang en de -ingang noemt men de transfertfunctie).

De bekomen curve kan geijkt worden in functie van de pulsatie (d.w.z. cirkelfrequentie of frequentie op een factor  $2\pi na$ ). Uit de positie van de bekomen kurven kan men dan de stabiliteit van het gesloten proces beoordelen.

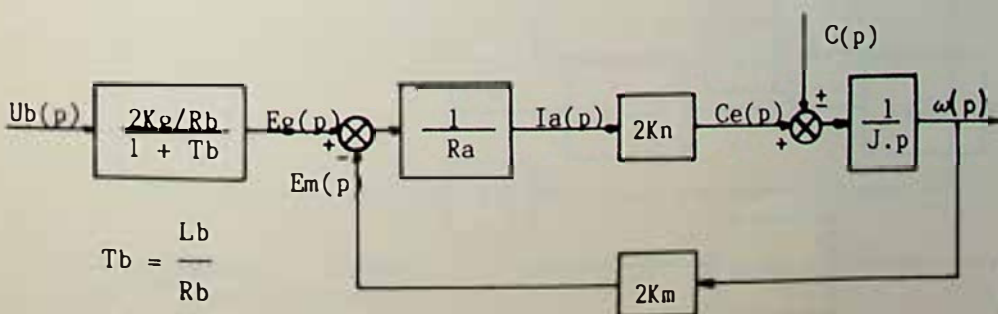


Fig. 4 : Blokschema van de mijnliftinstallatie IV



Beschouwen we als voorbeeld kurve I van figuur 9.

Indien een storing een pulsatie heeft van 1 rad/s, dan zal de uitgang van het proces daarop reageren met amplitude gelijk aan - 33,3 dB en een faseverschuiving t.o.v. het stoorsignaal van - 90,4 graden.

Om stabiliteit te verwezenlijken dient de karakteristiek van de regelkring voldoende ver verwijderd te blijven van het punt (0 dB, - 180 graden). Er weze opgemerkt dat men, om het Black-Nichols diagram te mogen toepassen, een eenheidsterugkoppeling in het blokschema dient te voorzien. Uit dit blokschema kan men dan de nodige formules voor de amplitude en de faseverschuiving afleiden.

### 3.1. TRANSFERTFUNCTIE VAN HET PROCES

Onder transfertfunctie van een proces verstaat men een wiskundige uitdrukking die het verband aangeeft tussen de uitgang van het proces en een ingang. Indien een proces meerdere ingangssignalen bezit, dan kan men voor ieder van deze ingangen een transfertfunctie definiëren, waarbij men de andere ingangen constant onderstelt. Een transfertfunctie duidt dus aan hoe de uitgang van het proces verandert indien het ingangssignaal een bepaalde wijziging ondergaat.

De symbolen van fig. 5 worden gedefiniëerd door :

$$G_1(p) = \frac{2 \cdot K_g / R_b}{1 + p T_b} \quad \text{met } T_b = L_b / R_b \quad (3.1)$$

T<sub>b</sub> is een tijdsconstante

$$G_2(p) = \frac{2 \cdot K_n}{R_a} \quad (3.2)$$

$$G_3(p) = \frac{1}{J \cdot p} \quad (3.3)$$

$$G_4(p) = 2 \cdot K_m \quad (3.4)$$

Uit het hoger getekende blokschema kan men volgende transfertfuncties afleiden : (met C(p) = 0).

#### a) Rechtstreekse transfertfunctie

$$R.T.F(p) = G_1(p) \cdot G_2(p) \cdot G_3(p) \quad (3.5)$$

d.w.z. het verband tussen uitgang (hoeksnelheid van de motoras) en de ingang (bekrachtigingsspanning), zonder de intrinsieke terugkoppeling.

#### b) Open transfertfunctie

$$O.T.F.(p) = G_1(p) \cdot G_2(p) \cdot G_3(p) \cdot G_4(p) \quad (3.6)$$

d.w.z. het verband tussen uitgang en ingang zonder de verbinding van de punten A en B (fig. 5).

#### c) Gesloten transfertfunctie

$$G(p) = G_1(p) \frac{G_2(p) \cdot G_3(p)}{1 + G_2(p) \cdot G_3(p) \cdot G_4(p)} \quad (3.7)$$

d.w.z. de punten A en B verbonden dus inclusief de intrinsieke terugkoppeling.

### 3.2. STABILITEITSONDERZOEK VAN HET PROCES G(p) met C(p) = 0

Om het Black-Nicholsdiagram te kunnen toepassen moet de regelkring (in dit geval het proces alleen of dus de mijnliftinstallatie zonder regelaar) een eenheidsterugkoppeling bevatten. Men wenst namelijk het gedrag van het gesloten proces te onderkennen. Het Black-Nicholsdiagram voor de O.T.F(p) wordt opgesteld in het rechtshoekig assenstelsel. Indien men een eenheidsterugkoppeling aanbrengt, dan wordt de O.T.F(p) gelijk aan de R.T.F(p) (zie definities onder 3.1). Men kan alsoo tot figuur 6.

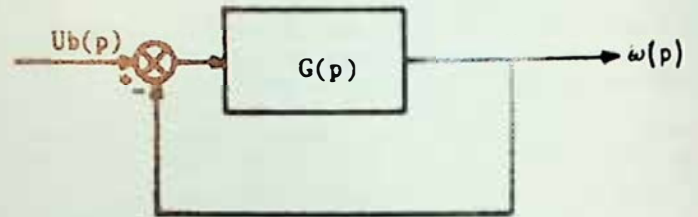


Fig. 6 : Proces met eenheidsterugkoppeling

De O.T.F(p) = G(p) of :

$$O.T.F(p) = \frac{G_1(p) \cdot G_2(p) \cdot G_3(p)}{1 + G_2(p) \cdot G_3(p) \cdot G_4(p)} \quad (3.8)$$

Indien men voor G<sub>1</sub>(p), G<sub>2</sub>(p), G<sub>3</sub>(p) en G<sub>4</sub>(p) de gevonden formules (zie 3.1) invult, bekomt men voor de O.T.F(p) de volgende vorm :

$$O.T.F(p) = G(p) = \frac{K_g}{K_m \cdot R_b (1 + p \cdot T_b) \cdot (1 + \frac{R_a \cdot J \cdot p}{4 \cdot K_n \cdot K_m})} \quad (3.9)$$

Met de gekende of berekende machineconstanten, komen we tot :

$$G(p) = \frac{0,05173}{(1 + 1,87p) \cdot (1 + 0,55958p)} \quad (3.10)$$

Indien we in deze vergelijking de Laplace-operator p vervangen door jω (d.i. door de complexe operator), dan bekomen we een complexe vergelijking in functie van de pulsatie ω of we kunnen dan uit deze verge-

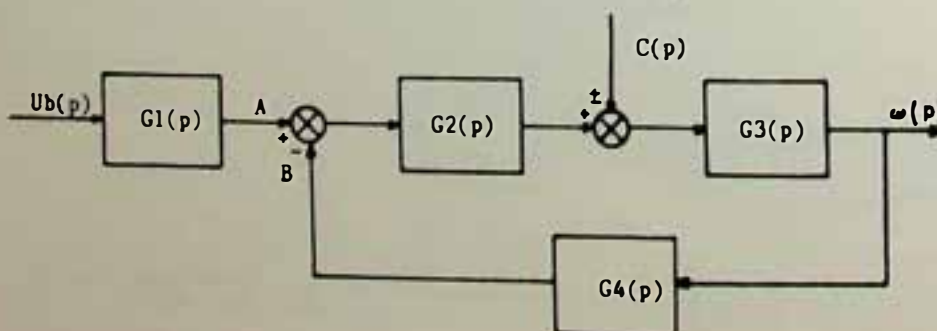


Fig. 5 : Vereenvoudigd blokschema van de mijnliftinstallatie IV

lijking de modulus  $M$  (in dB) en een fasehoek  $\varphi$  bepalen.

$$M = 20 \cdot \text{Log}$$

$$\left( \frac{0,05173}{\sqrt{1 + (1,87\omega)^2} \cdot \sqrt{1 + (0,55958\omega)^2}} \right) \quad (3.11)$$

en

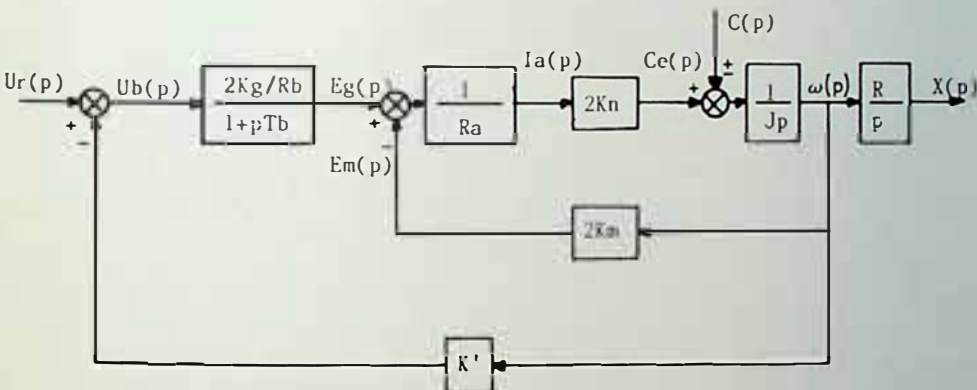
$$\varphi = -\text{bgtg}(1,87\omega) - \text{bgtg}(0,55958\omega) \quad (3.12)$$

De resultaten van de berekeningen in functie van de pulsatie  $\omega$  zijn in figuur 9 (kurve I) uitgezet.

Hieruit kan men besluiten dat het proces zonder regelaar een zeer stabiel proces is (de karakteristiek is ver verwijderd van het punt (0 dB, -180°)), maar zeer traag reageert op een eventuele storing (de karakteristiek ligt ver onder de 0 dB lijn). Het reageert aldus te traag om een exacte uitbating toe te laten en om nauwkeurige verplaatsingen uit te voeren.

### 3.3. INVOERING VAN EEN UITWENDIGE TERUGKOPPELING

Figuur 7a toont het proces voorzien van een uitwendige terugkoppeling  $K'$ , groter dan 1. Of m.a.w. men laat de uitgang van het proces (de hoeksnelheid van de as) inspelen op de bekrachtiging van de generatoren. Tevens hebben we in deze figuur de omzetting van de hoeksnelheid naar de verplaatsing in rekening gebracht.



$R$  = straal koepewiel  
 $X(p)$  = lineaire verplaatsing  
 $U_r(p)$  = ref. spanning

Op dezelfde wijze, zoals onder 3.2., kan men via de transfertfuncties, aangepast voor een terugkoppeling groter dan 1, het Black-Nicholsdiagram opstellen. In de formule 3.10 verschijnt ten gevolge van de uitwendige terugkoppeling een faktor  $K'$ . Uit kurve II op figuur 9 blijkt dat het proces stabiel blijft, maar sneller reageert op een storing. Uit de aard van de wiskundige uitdrukking blijkt dat de kurve II identisch is met de kurve I, maar dat zij over  $20 \text{ Log}(K')$  t.o.v. deze laatste verschoven is.

### 3.4. INVLOED VAN DE REGELAAR

Figuur 7b toont het blokschema voor het proces voorzien van een regelaar (voorgesteld door  $G_x(p)$ ).

I.p.v. de terugkoppelingsconstante  $K'$  voortdurend aan de bedrijfsomstandigheden aan te passen, voegt het inbrengen van de regelaar een bijkomende tijdsfunctie aan de regelkring toe, waardoor het gedrag van het totale proces verbeterd wordt. De vorm die deze regelaar moet aannemen wordt bepaald door de regeltechnische eisen die men aan het procesgedrag stelt. In de inleiding stelden we dat o.a. de snelheid van de mijnlift zo getrouw mogelijk het ideale snelheid-tijddiagram zou volgen.

Om hieraan te voldoen moet de uitgang van het proces een standfout en een snelheidsfout gelijk aan 0 vertonen. Daarenboven stellen we dat, om latere verfijningen aan het snelheid-tijddiagram te kunnen aanbrenge, de mogelijke versnellingsfout beneden

Fig. 7a : Blokschema van de ophaalinstallatie IV met snelheidsterugkoppeling (uitwendig)

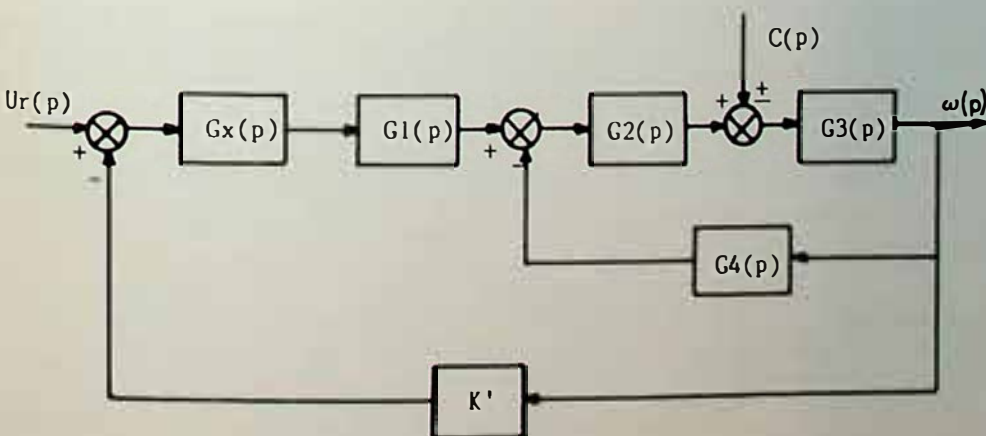


Fig. 7b : Blokschema van de gesloten regelkring inclusief uitwendige snelheidsterugkoppeling en regelaar



een bepaalde limietwaarde zou blijven. De standfout wordt gedefiniëerd als de afwijking die de procesuitgang zou blijven vertonen, indien aan de ingang een stapvormige wijziging wordt aangelegd. Men spreekt op dezelfde manier van een snelheidsfout, indien de procesuitgang blijvend afwijkt t.o.v. een lineair veranderend ingangssignaal. Een versnellingsfout bestaat indien de procesuitgang t.o.v. een kwadratisch-veranderend ingangssignaal blijft afwijken.

Aan ieder van de hoger gestelde eisen kan men op verschillende wijzen voldoen. Belangrijk is dat aan alle vereisten gelijktijdig beantwoord wordt en dat onder alle omstandigheden (d.w.z. voor gelijk welk stooringsignaal) voldoende stabiliteit in het proces bewaard wordt.

Figuur 8a toont de opbouw van de volledige regelkring. Om het Black-Nicholsdiagram te mogen toepassen, dient het blokschema omgevormd te worden tot datgene van figuur 8b.

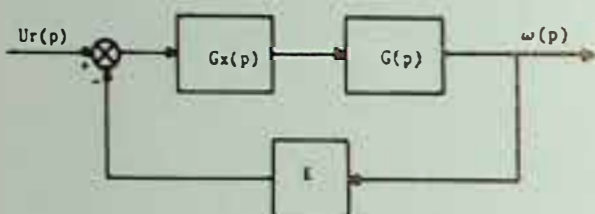


Fig. 8a : Opbouw van de volledige regelkring

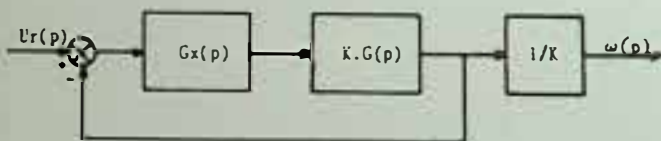


Fig. 8b : Opbouw van de volledige regelkring, aangepast aan het Black-Nicholsdiagram

De rechtstreekse gewenste transfertfunctie van de regelkring kan men algemeen voorstellen door :

$$G(p) = \frac{K_r \cdot K_p \cdot (1+a \cdot p) \cdot (1+b \cdot p) \cdot (1+c \cdot p)}{p^2 \cdot (1+1,87 \cdot p) \cdot (1+0,55958 \cdot p)} \quad (3.13)$$

waarbij

$K_r$  = versterking van de regelaar  
 $K_p$  = procesconstante (= 1,707)

Hierin kiezen we een regelaar van de vorm :

$$G_x(p) = \frac{K_r \cdot (1+a \cdot p) \cdot (1+b \cdot p) \cdot (1+c \cdot p)}{p^2} \quad (3.14)$$

Dank zij de dubbele integrator in de noemer ( $p^2$ ), zal de stand- en snelheidsfout gelijk zijn aan nul.

Men zal nu trachten de constanten a, b, c te bepalen, zodat aan de andere vereisten voldaan wordt (stabiliteit, reactiesnelheid, beperking van de versnellingsfout).

Een combinatie van regelparameters dat aan alle gestelde eisen voldoet is :  $K_r = 1$ ,  $a = 1$ ,  $b = 1$ ,  $c = 1$ .

Figuur 9 (kurve III) toont de resultaten in het Black-Nicholsdiagram voor deze parameterwaarden van de regelaar. Hieruit blijkt dat voldoende stabiliteit gewaarborgd wordt voor alle stoorsignalen.

#### 4. KANONIEKE SIMULATIE VAN DE MIJNLIFT-INSTALLATIE

De regelaar die in vorig hoofdstuk (zie 3.1) in de regelkring ingevoerd werd, kan op verschillende manieren gerealiseerd worden. De realisatie via digitale weg geniet vanuit onze voorkeur om verscheidene redenen (o.a. eenvoudige aanpasbaarheid aan nieuwe uitbatingsvoorwaarden, inbouw- en intelligente enz.). Deze digitale realisatie heeft echter ook een aantal implicaties. Vooreerst dienen alle ingangssignalen gedigitaliseerd te worden. Dit digitaliseren kan echter een nijkomende oorzaak zijn tot onstabiel gedrag van het proces. Vandaar dat naast het hierboven besproken stabiliteitsonderzoek een onderzoek naar het dynamisch gedrag van het proces ten gevolge van het aanleggen van verschillende ingangssignalen zeer belangrijk is. Dit onderzoek kan gebeuren aan de hand van simulaties. Via het beschouwen van wiskundige vergelijkingen kan men zich een idee vormen van het dynamisch procesgedrag.

Allereerst kan men het proces omschrijven b.m.v. differentiaalvergelijkingen in functie van de tijd. Deze vergelijkingen worden zoals hoger gesteld, omgevormd tot klassieke wiskundige vormen via de Laplacetransformatie. Deze methode is zeer omslachtig daar voor ieder tijdstip en dus voor iedere waarde der veranderlijken (o.a. ingangssignaal) de hele berekeningen dienen overgedaan te worden (het is n.l. mogelijk dat een ingangssignaal van vorm verandert waardoor de Laplace-getransformeerde zelf gewijzigd wordt). D.m.v. de Z-transformatie is het nu mogelijk, om vertrekkend van de Laplace-vergelijkingen (dus eigenlijk van de differentiaalvergelijkingen van het proces), een vergelijking op te stellen. Deze vergelijking kan dan op haar beurt in een eenvoudig simulatieschema vertaald worden (zie verder).

##### 4.1. Z-TRANSFORMATIE

In figuur 10 is schematisch de werking van het digitaliseren en van de houd-keten weergegeven (een houd-keten is eigenlijk een geheuelement).

Digitaliseren van de ingangswaarden is bij digitale regelsystemen noodzakelijk, daar deze systemen slechts om x-tijdseenheden ingangsinformatie kunnen verwerken. Het berekenen van de uitgangswaarde van een regelaar (of m.a.w. het doorlopen van een regelalgorithme) vergt n.l. een bepaalde uitvoeringstijd. Tijdens deze uitvoering dienen alle veranderlijken constant te blijven. Dit periodisch opnemen van ingangsinformatie noemt men "bemonsteren" en kan fysisch voorgesteld worden door een schakelaar. Om de T-tijdseenheden sluit men de schakelaar S. Deze waarde T noemt men de bemonsteringsperiode. Informatie wordt gedurende de korte gesloten toestand van de schakelaar doorgelaten. Na de schakelaar plaatst men een houd-keten, het besturingssysteem tussen twee bemonsteringstijdstippen niet zonder infor-



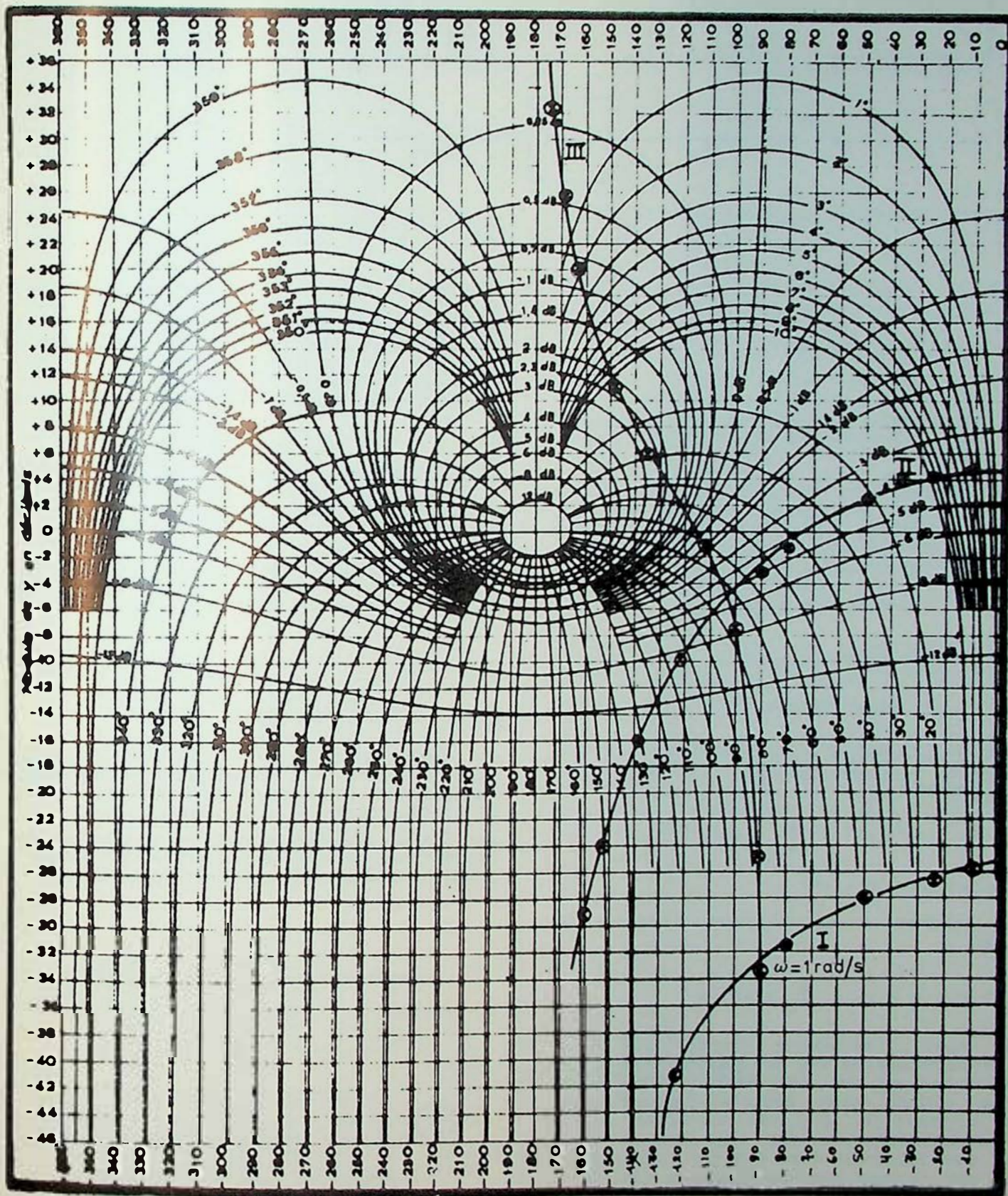


Fig. 9 : Resultaten in het Black-Nicholsdiagram :

- Kurve I : De mijnliftinstallatie zonder uitwendige terugkoppeling en zonder regelaar
- Kurve II : De mijnliftinstallatie zonder regelaar, maar met uitwendige terugkoppeling
- Kurve III : De mijnliftinstallatie met regelaar en uitwendige terugkoppeling  
( $Br = 1$ ,  $a = 1$ ,  $b = 1$ ,  $c = 1$ )



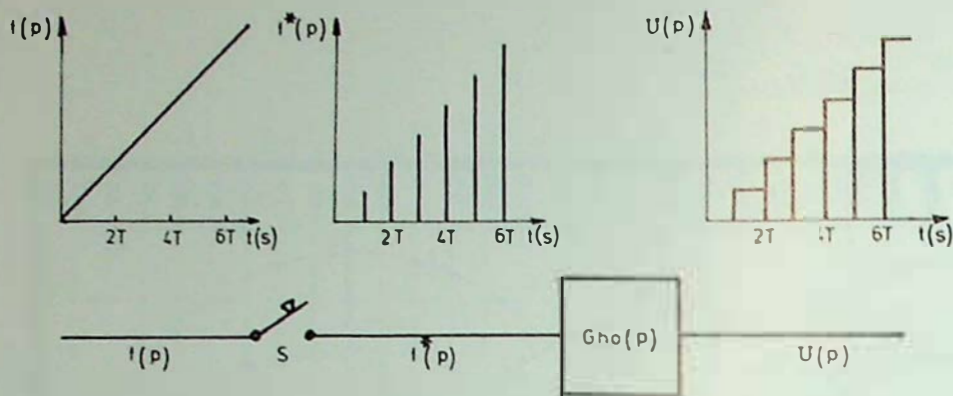


Fig. 10 : Het digitaliseren van een functie  $f(p)$

matie vallen (de ingangsveranderlijken moeten beschikbaar blijven). Zulk een houdketen kan in het tijdsdomein wiskundig voorgesteld worden door :

$$f'_k(t) = f(kT) \text{ voor } kT < t < (k+1) \cdot T$$

Om tot de definitie van een Z-getransformeerde te komen, beschouwen we een ideale bemonsteraar (d.w.z. een schakelaar die oneindig kort gesloten wordt en die vanaf het sluiten een perfect contact realiseert). De doorgelaten informatie bestaat dan uit zuivere pulsen, die door Dirac-impulsen kunnen voorgesteld worden. In dit geval kan de uitdrukking voor het bemonsterde signaal  $f'(t)$  (dus het signaal na de schakelaar S) geschreven worden als :

$$f'(t) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) \delta(t - kT) \quad (4.1)$$

met  $\delta(t)$  = Dirac-impuls

Door de Laplace-getransformeerde van bovenstaande uitdrukking (4.1) te berekenen, bekomen we :

$$F'(t) = L(f'(t)) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) e^{-pkT}$$

Stellen we :  $z = e^{pT}$

dan bekomen we als Z-getransformeerde van  $f'(t)$  :

$$Z(f'(t)) = F(z) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) \cdot z^{-k}$$

Uit deze uitdrukking blijkt dat de Z-getransformeerde van een functie een oneindig lange rij is. Voor vele standaardfuncties echter zijn gesloten uitdrukkingen in z mogelijk. Bij het opstellen van de Z-getransformeerde van een functie  $f(t)$ , zal men trachten deze functie te herleiden tot een product van die bedoelde functies.

Om dus een proces te kunnen simuleren d.m.v. een gepaste wiskundige vorm, dient de wiskundige voorstelling van het proces in het p-domein (vgl. 3.11), aangevuld met de wiskundige vorm voor een houdketen via de Z-transformatie omgerekend te worden. De wiskundige vorm voor een houdketen is in het p-domein als volgt :

$$Gho(p) = \frac{1 - e^{-pT}}{p} \quad \text{met } T = \text{bemonsteringsperiode}$$

Een continuefunctie  $f(t)$  die in het p-domein (via de Laplacetransformatie) kan voorgesteld worden door  $F(p)$ , wordt via de Z-transformatie omgerekend. Om de Z-getransformeerde van de functie  $F(p)$  te bepalen, vult men de functie  $F(p)$  aan met de Laplace-getransformeerde van de houdketen of dus :

$$F(z) = Z(Gho(p) \cdot F(p)) \quad (4.2)$$

Voor het digitale regelsysteem moet de oorspronkelijke functie  $f(t)$  gereconstrueerd worden aan de hand van de informatie op de ogenblikken  $T, 2T, \dots, kT$ .

De uiteindelijk bekomen uitdrukking in functie van de z-operator kan dan omgewerkt worden tot volgende algemene vorm :

$$F(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_m z^{-m}}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_n z^{-n}}$$

De vergelijking (4.2) noemt men de kanonieke vorm van het proces waarvan het simulatieschema in figuur 11 getoond wordt. De coëfficiënten  $a_0 \dots a_m$  en  $b_1 \dots b_n$  volgen uit de berekening van de z-getransformeerde van het proces (incl. houdketen), rekening houdend met de procesconstanten.

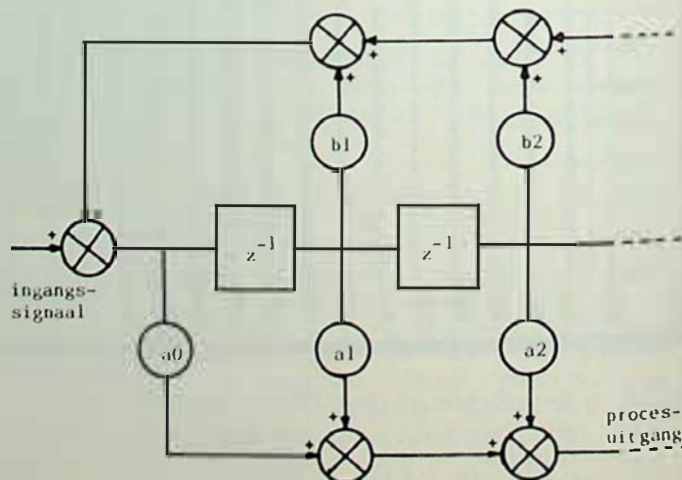


Fig. 11 : Simulatieschema van een proces

Zoals hoger besproken biedt de Z-transformatie ons de mogelijkheid een diepgaand onderzoek uit te voeren naar het procesgedrag op verschillende storingen. Als storingen gebruikt men meestal volgende ingangssignalen :

- \* een stap signaal
- \* een rampfunctie
- \* een parabolische functie
- \* een sinussignaal

In de hier getoonde simulatieresultaten, hebben we alleen de twee eerst genoemde signalen gebruikt. Bij wijze van controle werden ook proeven uitgevoerd met de andere ingangssignalen. In alle gevallen waren de resultaten zeer bevredigend.

Naargelang het antwoord van de regelkring op deze ingangssignalen kan men dan de kwaliteit bepalen van de totale regelkring en van de regelaar in bijzonder.

#### 4.2. SIMULATIERESULTATEN VAN HET PROCES ZONDER REGELAAR, MAAR MET UITWENDIGE TERUGKOPPELING (fig. 7a)

Daar er twee ingangssignalen zijn, namelijk de bekrachtigingsstroom en het stoorkoppel, kan men twee verschillende transfertfuncties in het p-domein beschouwen. Door in het blokschema (fig. 7a) beurtelings de beide ingangssignalen gelijk aan nul te stellen, bekomt men de gezochte transfertfuncties.

Daar beide ingangssignalen gelijktijdig kunnen veranderen, zal men bij de simulatie de uitgang in functie van deze beide ingangssignalen moeten beschouwen. Men dient aldus van de beide transfertfuncties de Z-getransformeerde te zoeken. De invloed van de transfertfuncties op de uitgang van het proces wordt door het blokschema van figuur 12 voorgesteld.

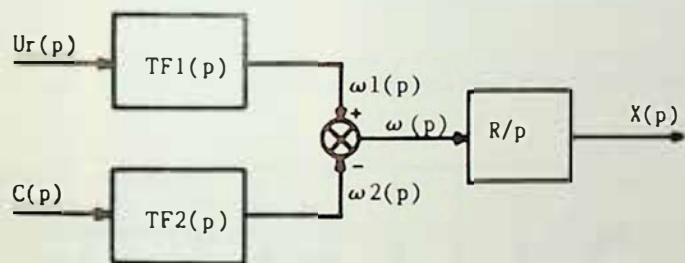


Fig. 12 : Vereenvoudigd blokschema van de ophaalinstallatie rekening houdend met beide ingangen

De omzetting naar het z-domein wordt door figuur 13 voorgesteld.

Na berekening van deze Z-getransformeerde functies bekomt men het simulatieschema volgens figuur 14.

Figuur 15 toont de simulatieresultaten van het proces met uitwendige snelheidsterugkoppeling, maar zonder regelaar, voor een stapvormige waardeverandering aan de ingang (dus bv. een spanning overeenkomstig met een bepaalde snelheid) en met  $C(t) = 0$ .

Uit figuur 15 blijkt dat het gesloten proces met uitwendige snelheidsterugkoppeling maar zonder regelaar een permanente standfout vertoont als reactie op een stapvormige ingangsspanning voor de bekrachtigingsketen van de gelijkstroomgeneratoren.

#### 4.3. GESLOTEN PROCES MET EEN REGELAAR

Het gesloten proces met regelaar en snelheidsterugkoppeling wordt door het blokschema van figuur 7b voorgesteld.

Ook hier kunnen weer twee transfertfuncties beschouwd worden die op hun beurt aanleiding zullen geven tot meerdere Z-getransformeerden. Deze functies kunnen op hun beurt dan weer door het kanoniek simulatieschema van figuur 16 voorgesteld worden.

In figuur 17 wordt de regelkringreactie getoond voor een stapvormige ingangsspanning voor de bekrachtigingsketen. Figuur 18 bewijst dat de hoeksnelheid van het Koeperwiel perfect het theoretische trekdiagram volgt indien men aan de bekrachtigingsketen van de gelijkstroomgeneratoren zulk een spanningsverloop aanlegt. Figuur 19 toont dat de ankerstroom van de motorketen nooit boven het toegestane maximum uitstijgt (4500 A).

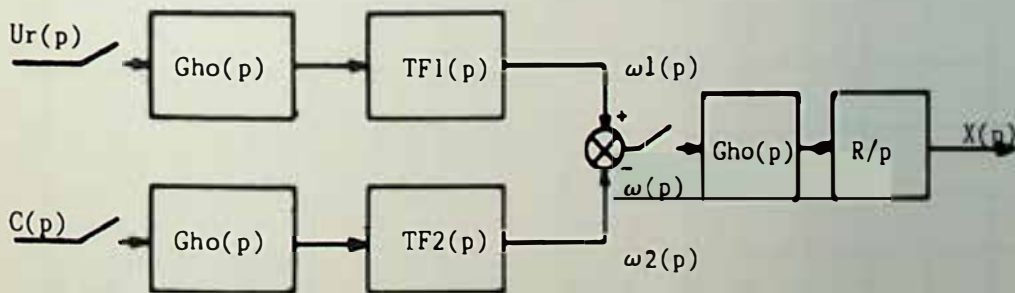


Fig. 13 : Blokschema van de ophaalinstallatie (invloed van de beide ingangen), rekening houdend met de bemonsteraars en de houd-ketens



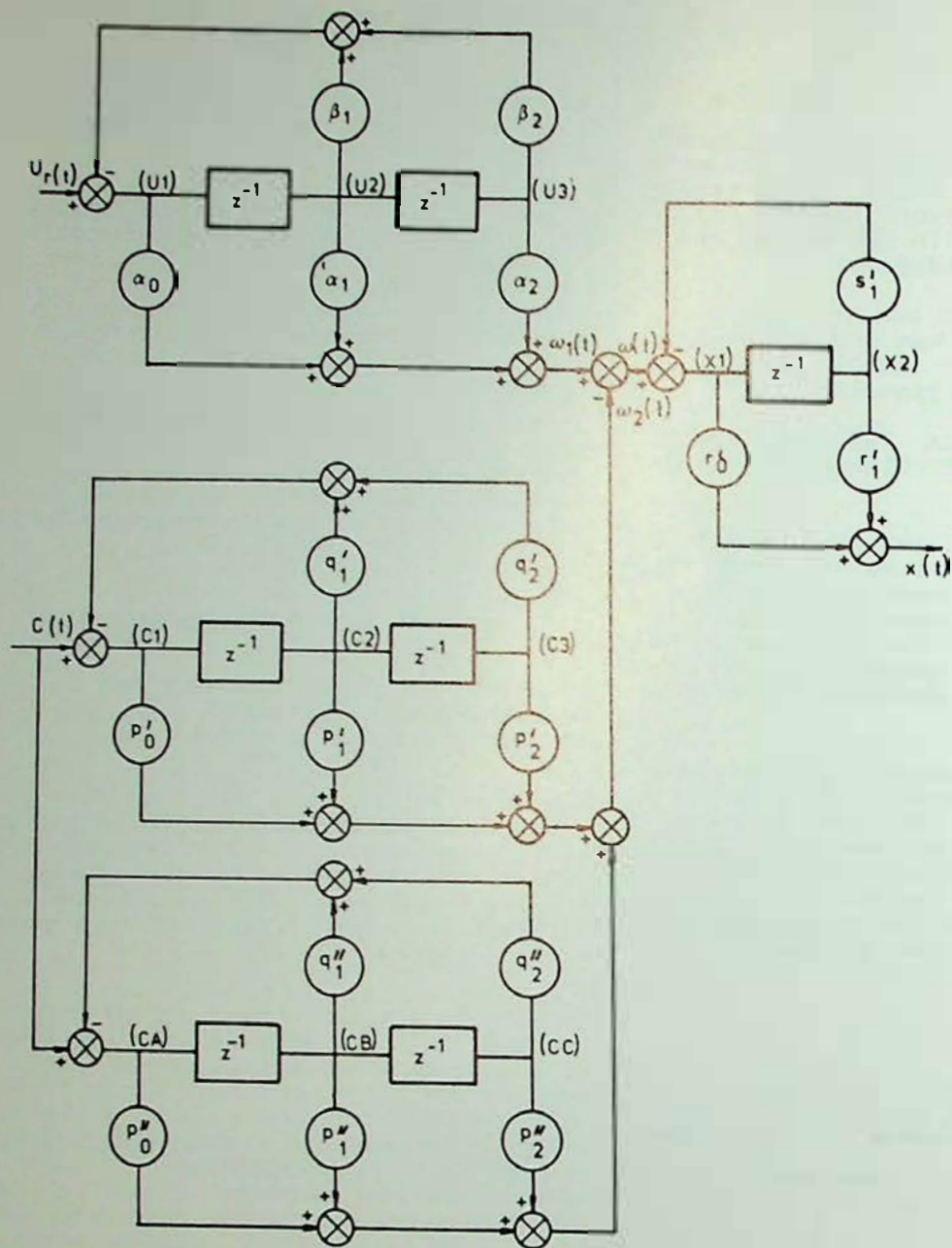


Fig. 14 : Simulatieschema van mijnliftinstallatie IV met snelheidsterugkoppeling, maar zonder regelaar

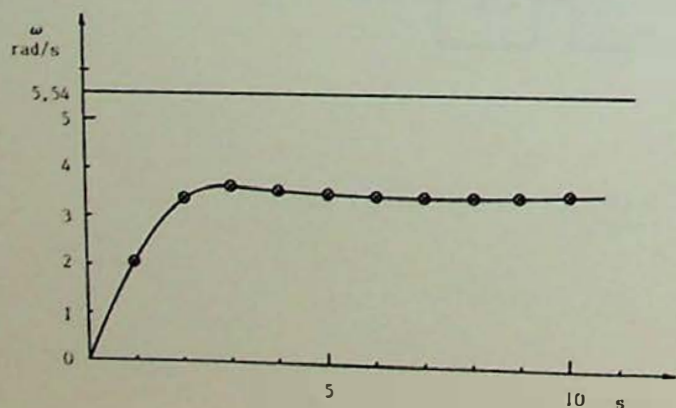


Fig. 15 : Stapantwoord v.d. mijnliftinstallatie met uitwendige snelheidsterugkoppeling maar zonder regelaar



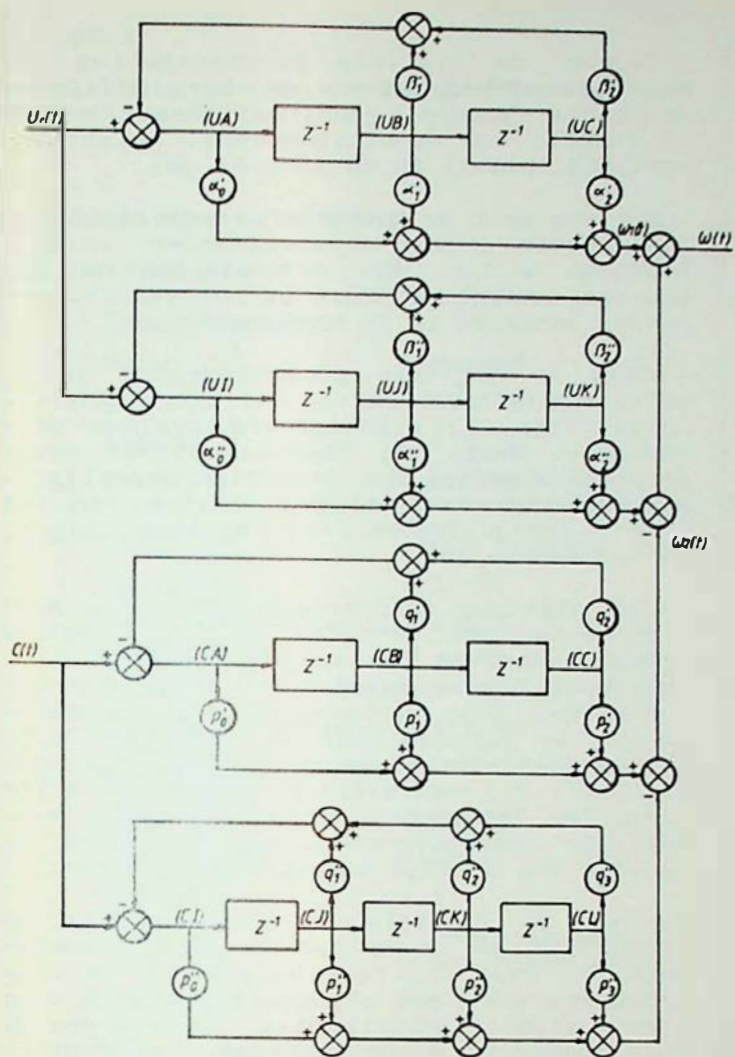


Fig. 16 : Simulatieschema van ophaalinstallatie IV met P.I.I.D.-regelaar en snelheidsterugkoppeling

## 5. BESLUIT

Deze studie toont aan dat de filosofie van de digitale regelprocessen ook op mijnliftinstallaties toepasselijk is, en dat men via deze technieken (stabiliteitsonderzoek en simulatie) een zeer degelijk inzicht in het dynamisch procesgedrag kan verwerven.

Uit de aldus bekomen objectieve gegevens kan men dan een zeer gefundeerde beslissing nemen i.v.m. de vorm van het regelalgoritme (dus van de regelaar), zodat aan alle gestelde eisen van het proces voldaan wordt.

Het spreekt voor zichzelf dat in vele gevallen de bekomen vorm van de regelaar ook analoog kan gerealiseerd worden. Omwille van volgende redenen is een digitale uitvoering van de regelaar(s) meer dan verantwoord :

- Een digitale regelaar kan zeer complexe opdrachten aan. De enige beperkingen zijn de uitvoeringstijd van het algoritme en de gewenste nauwkeurigheid.

- Een digitale regelaar kan zelf adapterend uitgevoerd worden. Het regelsysteem bezit in zulke gevallen voldoende (ingebouwde) intelligentie om zijn eigen uitvoeringsvorm aan te passen (parameterwijzigingen, toevoegen van regelacties enz.). M.a.w. de regelaar kan zich aan alle bedrijfsomstandigheden optimaal aanpassen. In het geval van een mijnliftinstallatie zou de regelaar zijn acties kunnen aanpassen aan o.a. belastingsregimes,

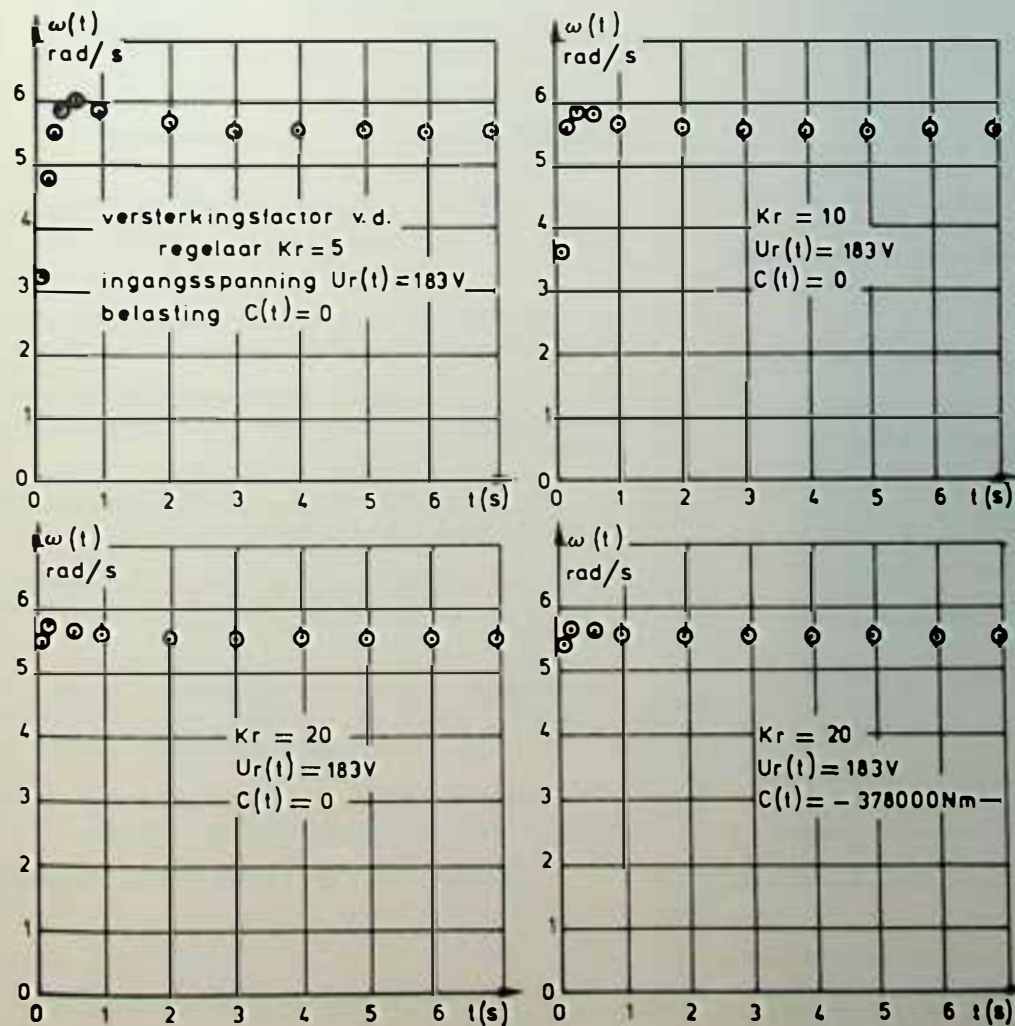


Fig. 17 : Simulatie ophaalmachine (P.I.I.D.-regelaar en snelheidsterugkoppeling): stapantwoord



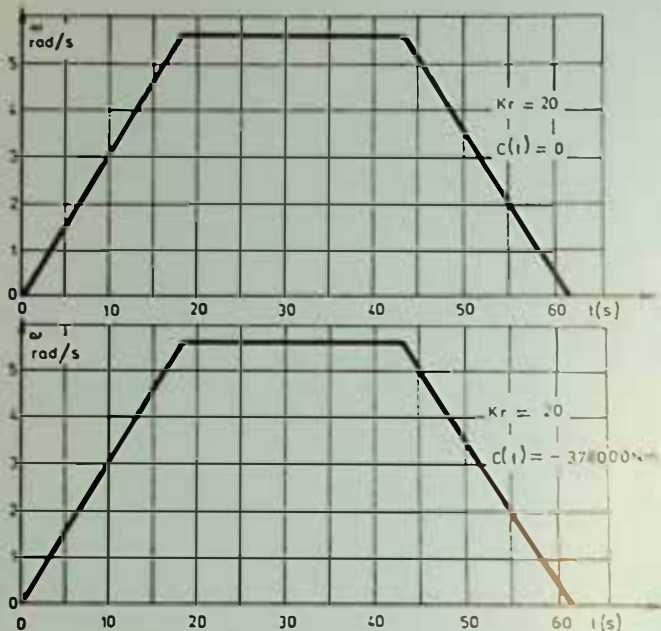


Fig. 18 : Procesantwoord v.d. mijnliftinstallatie, voorzien van de regelaar en uitwendige snelheids-terugkoppeling, op eeningangssignaal gelijk aan een spanning overeenkomstig het ideale snelheid-tijd-diagram

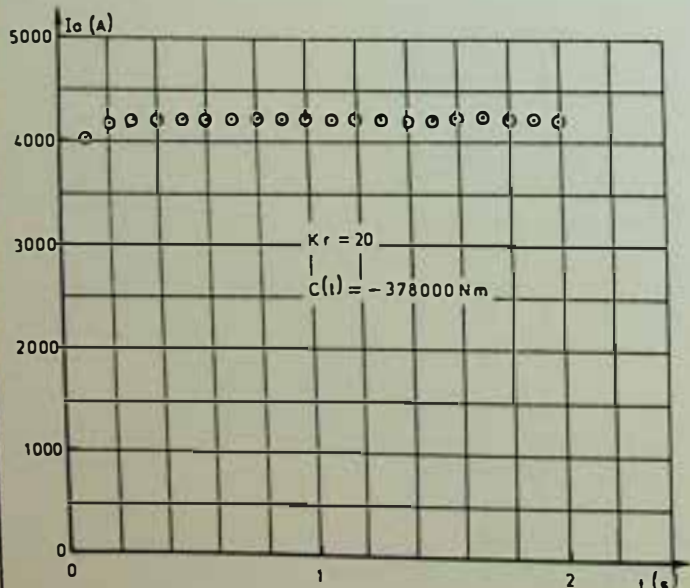
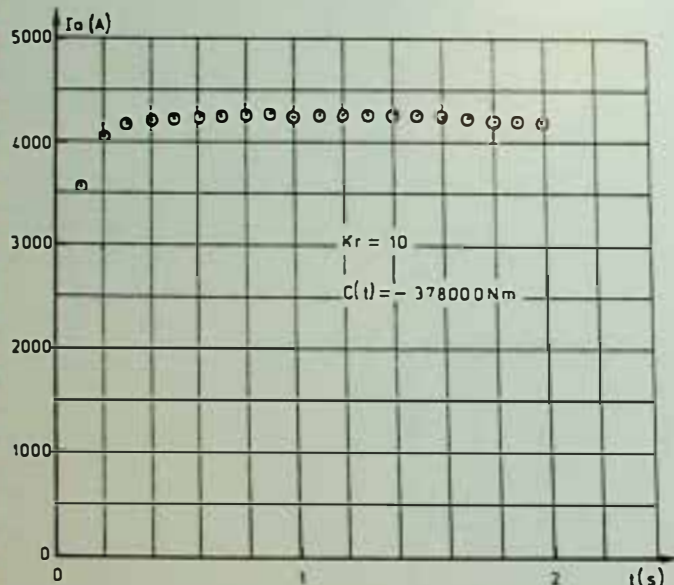


Fig. 19 : Motorankerstroom gedurende de processimulatie (incl. regelaar en uitwendige snelheids-terugkoppeling) met eeningangsspanning evenredig met het ideale snelheid-tijd-diagram

bepijking van de ankerstromen, vermogen-bepijking enz.

- D.m.v. de digitale procesregeling zou het hele afrengbeuren van de mijnliftinstallatie kunnen geoptimaliseerd worden in functie van machingegevens, belasting, snelheid, plaats in de schacht enz.

- Men zou zelf de beweging van de mijnliftinstallatie kunnen optimaliseren volgens bepaalde wetten. Bv. het verplaatsen bij minimaal energieverbruik of het verplaatsen zonder schokken in de kopkabel enz.

- Door de digitale procesregeling is de besturing en de bewaking van een mijnliftinstallatie als geïntegreerd systeem uitvoerbaar. Naast het regelalgoritme bevat de procesregeling ook de nodige beveiligingen en controles, de registratie van het hele extractiegebeuren, alarmmeldingen, zelf-diagnose enz.

- Een digitale procesregeling is ook niet onderhevig aan veroudering. Bij analoge systemen worden de regelparameters bv. voorgesteld door spanningen. Deze spanningen kunnen door veroudering van de componenten in functie van de tijd verlopen. Een automatische correctie is moeilijk uitvoerbaar. Bij een digitale regelaar is een parameter een getal, en behouders uitzonderlijke omstandigheden, zal dit getal in functie van de tijd ongewijzigd blijven.

Om met de digitale technieken vertrouwd te geraken en om de nodige bedrijfszekerheid van deze digitale bouwstenen te controleren, werd een signaalregistratie voor vier mijnliftinstallaties gerealiseerd. Deze registratie van het ganse extractiegebeuren is ongeveer 2 jaar in dienst, zonder dat enig defect vastgesteld werd. De verdere realisatie van deze digitale besturing kan nu aangevat worden.

## BIBLIOGRAFIE

1. Dr. Ir. V. BERWAERTS, Ir. R. BECKERS (K.I.H.L.). Automatisering deel II en deel V.
2. M. KOSTENKO, L. PIOTROVSKY, Mir Publishers. Electrical Machines.
3. Dr. Ir. E. GILLON, Standaard Uitgeverij. Elektrotechniek deel II : Elektrische Machines.
4. A. VON HARTMUD, Glückauf-Betriebsbücher Band 24. Schachtfördertechnik.
5. Energietechnik-Bergbau und Hüttenanlagen, Erlangen. Siemens Gleichstrom-Fördermaschinen.
6. REECKMANS - techn. Ingenieurs, Jrg. 11, maart-april 1963. Principes voor het berekenen van ophaalmachines systeem Koepe.
7. ALSTHOM-BELFORT, 1957. Calcul d'une machine d'extraction à poulie Koepe.
8. J. CUPPENS, C. de KEYSER (De Sikkell). Vermogenelektronica.
9. G.T. BRYAN, S.I. Unit Edition Hodder and Stoughton, London. Control Systems for Technicians.



## BIJLAGE 1

### Technische gegevens van Mijnliftinstallatie IV te Eisden

#### 1. Elektrische uitrusting

##### 1.1. Omvormergroep

###### 1.1.1. Synchronische motor

Merk	: Heemaf
Type	: DG 175-10
Aantal	: 1
Functie	: aandrijving gelijkstroomgeneratoren
Snelheid	: 600 tr/min
Voeding	: 10 kV
Nominale stroom	: 173 A
Continu vermogen	: 2.576 kW (over- belastbaar tot 5.120 kW)
Totale verliezen	: 127 kW

###### 1.1.2. Shunt dynamo

Merk	: Heemaf
Type	: GM 61
Aantal	: 1
Functie	: bekrachtiging synchronische motor
Snelheid	: 600 tr/min

###### 1.1.3. Gelijkstroomgenerator

Merk	: Heemaf
Type	: GM 153
Aantal	: 2
Functie	: opwekking anker- spanning gelijkstroommotoren
Snelheid	: 600 tr/min
Bekrachtiging	: vreembekrachtiging 0 - 200 VDC
Uitgangspanning	: 0 - 600 VDC

Correctie : compoundcorrectie

Nominaal vermogen : 1.600 kW (over-  
belastbaar tot 2.400 kW)

Totale verliezen : 97 kW

#### 1.2. Gelijkstroommotoren

Merk	: Smitt Slikkeveer
Type	: G 340/61
Aantal	: 2
Functie	: aandrijving Koepewiel
Snelheid	: 0 - 53 tr/min
Voeding	: 0 - 600 VDC
Nominale stroom	: 2.650 A
Maximale stroom	: 4.500 A
Nominaal vermogen	: 1.470 kW
Maximaal vermogen	: 2.425 kW
Bekrachtiging	: cte vreembekrachtiging 220 VDC, 75 A

#### 2. Mechanische uitrusting

##### 2.1. Gewichten

Gelijkstroommotor	: 20 t
Kabelwiel (Koepewiel)	: 36,25 t
Schachtwiel	: 5 t
Ophaalkooi incl. de aanhechtingen	: 6,25 t
Ophaalkabel (kopkabel)	: 16,4 kg/lm
Evenwichtskabel	: 17,1 kg/lm
Tarra mijnwagen	: 1,1 t
Nuttig gewicht per mijnwagen	: 2 à 3 t

##### 2.2. Traagheidsmomenten

Gelijkstroommotor- anker	: 140.000 kgm <sup>2</sup>
Koepewiel	: 500.000 kgm <sup>2</sup>
Schachtwiel	: 150.000 kgm <sup>2</sup>



## Recherche d'un vêtement refroidissant pour l'industrie charbonnière belge

Alphonse HAUSMAN\* et Jean-Marie PETIT\*\*

### RESUME

La rationalisation de la ventilation et même la climatisation n'apportent pas, en toutes circonstances, une solution dans des gisements où les contraintes climatiques sont importantes.

Un remède consiste à créer au voisinage même de l'individu le microclimat adéquat grâce à des éléments réfrigérants ou des vêtements spéciaux.

Pour une température effective inférieure à 35 °C et une vitesse de l'air faible (0,5 m/s), une amélioration importante peut être obtenue par un simple brassage de l'air.

Pour une température effective égale ou supérieure à 33 °C, il faut soit refroidir l'air soufflé sur l'individu, soit refroidir celui-ci au moyen d'un vêtement.

Les recherches ont montré :

- 1) que les parties du corps les plus intéressantes à refroidir sont la tête et le tronc;
- 2) que le refroidissement par le fréon 11 ou la glace carbonique est très efficace, mais peu ergonomique dans le cas qui nous préoccupe.

Une étude systématique du refroidissement individuel par des moyens plus simples et uniquement pendant les périodes de repos a été effectuée.

Ces moyens sont :

- 1) ventilation sur glace carbonique à 1,75 m/s;
- 2) port d'une veste ventilée à 100 litres/min;
- 3) port d'une veste-cagoule en tissu éponge imbibé d'eau à 15 °C.

Ils ont approximativement la même efficacité.

La veste-cagoule mouillée semble le moyen le plus pratique. De plus, elle est efficace aussi bien pendant les périodes de repos qu'utilisée de façon continue.

Les essais dans le chantier d'exercice confirment les résultats de laboratoire. Les expériences dans le fond n'ont pas été concluantes, mais

### SAMENVATTING

De rationalisering van de ventilatie en zelfs van de klimatisering bieden niet in alle omstandigheden een oplossing in giseringen met belangrijke klimaatbeperkingen.

Een oplossing bestaat in het scheppen, in de nabijheid van het individu, van een gepast microklimaat dank zijkoelelementen of speciale kledij.

Voor een effectieve temperatuur van minder dan 35 °C en een lage luchtsnelheid (0,5 m/s), kan een belangrijke verbetering bekomen worden door een eenvoudige doormenging van de lucht.

Voor een effectieve temperatuur van 33 °C of meer, moet ofwel de op het individu geblazen lucht afgekoeld worden, ofwel moet hijzelf afgekoeld worden door een kledingstuk.

De onderzoeken hebben aangetoond dat :

- 1) de voor afkoeling interessantste lichaamsdelen het hoofd en de romp zijn;
- 2) de afkoeling d.m.v. freon 11 of droog ijs zeer afdoende is, maar weinig ergonomisch in het geval dat ons bezighoudt.

Een systematische studie van de individuele afkoeling door eenvoudiger middelen, en uitsluitend tijdens de rustperiodes, werd uitgevoerd.

Deze middelen zijn :

- 1) ventilatie op droog ijs bij 1,75 m/s;
- 2) het dragen van een geventileerde jas bij 100 liter/min;
- 3) het dragen van een jas met kap in met water van 15 °C doordrongen sponsstof.

Ze hebben ongeveer dezelfde afdoenheid.

De natte kapjas lijkt het meest praktische middel. Bovendien is het efficiënt zowel tijdens de rustperiodes als bij permanent gebruik.

De werkplaatsproeven bevestigen de labo-resultaten. De proefnemingen in de ondergrond gaven geen uitsluitsel, maar ze werden niet uitgevoerd

\* Directeur Honoraire du Coördinatiecentrum Reddingswezen, avenue du Château 18A, B-4880 Spa

\*\* Dr. Méd., Professeur en Médecine et Hygiène Sociales de l'Université de Liège, Directeur Général de l'Institut Provincial Ernest Malvoz de la Province de Liège, quai du Barbou 4, B-4020 Liège



elles n'ont pas été faites dans des conditions de travail et de températures suffisamment semblables.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Rationalisierung der Ventilation, und selbst die Klimatisierung bringen bei Lagerstätten mit starken klimatischen Belastungen nicht in allen Situationen eine Lösung.

Eine Abhilfsmassnahme besteht darin, durch Kühlelementen oder Spezialkleidung in der unmittelbaren Umgebung des Individuums ein geeignetes Mikroklima zu erzeugen.

Bei einer effektiven Temperatur unter 35 °C und einer geringen Luftgeschwindigkeit (0,5 m/s) kann durch einfache Umwälzung der Luft eine wesentliche Verbesserung erreicht werden.

Bei einer effektiven Temperatur von 33 °C und darüber ist es erforderlich, entweder die auf das Individuum geblasene Luft zu kühlen, oder das Individuum mittels geeigneter Kleidung zu kühlen.

Die Untersuchungen haben gezeigt :

- 1) dass die am sinnvollsten zu kühlenden Teile des Körpers der Kopf und der Rumpf sind;
- 2) dass die Kühlung durch Freon 11 oder Trockeneis in dem Fall, der uns beschäftigt, sehr wirksam, aber nicht sehr ergonomisch ist.

Es wurde eine systematische Untersuchung über die individuelle Kühlung durch einfachere Mittel und nur während der Ruheperioden durchgeführt.

Diese Mittel sind :

- 1) Ventilation über Trockeneis mit 1,75 m/s;
- 2) Tragen einer mit 100 Litern/min ventilierten Jacke;
- 3) Tragen einer Kapuzenmützen-Jacke aus mit Wasser von 15 °C getränktem Frottee.

Sie haben ungefähr die gleiche Wirksamkeit.

Die nasse Kapuzenmützen-Jacke scheint das praktischste Mittel zu sein. Ausserdem ist sie sowohl während der Ruheperioden, als auch bei dauernder Verwendung wirksam.

Die Versuche an der Uebungs-Abbaustelle bestätigen die Laborergebnisse. Die Versuche untertage waren nicht überzeugend; sie wurden jedoch nicht unter genügend ähnlichen Arbeits- und Temperaturbedingungen durchgeführt.

in arbeidsomstandigheden en voldoende gelijkende temperaturen.

#### SUMMARY

Rationalisation of ventilation and even air-conditioning do not in all circumstances offer a solution in deposits where climatic constraints are important.

A remedy consists in the creation of an adequate microclimate in the immediate environment of the individual, by using refrigerating elements or special garments.

For an effective temperature under 35 °C and a low air speed (0.5 m/s), an important improvement can be obtained by simple air mixing.

For an effective temperature of 33 °C and more, the air which is blown on the individual has to be cooled, or the person himself has to be refreshed by means of clothing.

Research demonstrated :

- 1) that the most interesting parts of the body for cooling are the head and the trunk;
- 2) that the cooling through freon 11 or carbon dioxide snow is very efficient, but not very ergonomic in the case at hand.

A systematic study was carried out of the individual cooling by simpler means and only during rest periods.

These means are :

- 1) ventilation or carbon dioxide snow at 1.75 m/s;
- 2) the wearing of a ventilated jacket at 100 litres/min;
- 3) the wearing of a hooded jacket in sponge tissue imbibed with 15 °C water.

They have approximately the same efficiency.

The wet hooded jacket seems to be the most practical solution. However, it is efficient in both resting periods and continuous use.

The working place tests confirmed the laboratory results. The underground experiments were not conclusive, but they were not carried out in working conditions and in sufficiently similar temperatures.



## TABLE DES MATIERES

1. BUT DE LA RECHERCHE
2. RECHERCHE DES MOYENS DE REFROIDISSEMENT
  - 2.1. Evaluation des paramètres qui permettent la comparaison des divers modes de refroidissement
    - 2.1.1. Ambiance du lieu de travail
    - 2.1.2. Intensité du travail
    - 2.1.3. Charge physiologique d'un individu à un moment donné
  - 2.2. Moyens de refroidissement individuels expérimentés
    - 2.2.1. Ventilation individuelle avec air refroidi
    - 2.2.2. Vêtements refroidissants
3. CHOIX DES PARTIES DU CORPS A REFROIDIR
  - 3.1. Refroidissement de la tête
  - 3.2. Refroidissement du torse
  - 3.3. Refroidissement des jambes
4. RECHERCHE DU MOYEN DE REFROIDISSEMENT LE MIEUX ADAPTE AU TRAVAIL DE LA MINE ET EVALUATION DE SON EFFICACITE
  - 4.1. Plan du travail prévu pour la recherche
  - 4.2. Mesures effectuées
    - 4.2.1. Dans le fond
    - 4.2.2. En laboratoire
    - 4.2.3. En chantier d'exercice
  - 4.3. Résultats
    - 4.3.1. Evaluation d'un poste de travail au fond
    - 4.3.2. Choix du meilleur moyen de refroidissement
    - 4.3.3. Application de la veste-cagoule mouillée dans le chantier climatisé du Coördinatiecentrum Reddingswezen
    - 4.3.4. Application au fond de la mine
5. RESTE A FAIRE

### 1. BUT DE LA RECHERCHE

L'approfondissement des chantiers et la mise en oeuvre de quantités d'énergie de plus en plus importantes freinent l'exploitation d'importants gisements par suite des conditions climatiques.

La rationalisation de l'aéragé et la climatisation locale ne permettent pas d'assainir tous les postes de travail. Nous avons pensé que, pour certains travailleurs, plutôt que de réduire le temps de prestation de façon systématique, on pourrait améliorer les conditions de travail en leur imposant des temps de repos pendant lesquels ils seraient refroidis, soit même en les refroidissant pendant tout le temps

d'activité. Le moyen de refroidissement est nécessairement un moyen simple et individuel.

### 2. RECHERCHE DES MOYENS DE REFROIDISSEMENT

Nos recherches précédentes à propos du travail des sauveteurs à haute température et du vêtement anti-flamme pour sauveteurs nous ont amenés à étudier des moyens permettant de refroidir le microclimat qui entoure l'individu.

#### 2.1. EVALUATION DES PARAMETRES QUI PERMETTENT LA COMPARAISON DES DIVERS MODES DE REFROIDISSEMENT

Pour permettre de juger les résultats obtenus avec les divers modes de refroidissement, des moyens simples et pratiques devaient être mis en jeu afin d'autoriser un contrôle fréquent et quantifié :

- 1) l'ambiance du lieu de travail;
- 2) l'intensité du travail et sa durée;
- 3) la charge physiologique d'un individu à un moment donné.

##### 2.1.1. Ambiance du lieu de travail

Cette étude s'appliquant au travail dans les mines de charbon dont les parois sont foncées et rayonnent très peu, la chaleur rayonnante est négligée. La mesure d'ambiance est donc fournie par la température effective donnée par le diagramme de Yaglou établi pour des personnes travaillant le torse nu (fig. 1). Cette température effective est fonction de la température sèche, de la température humide et de la vitesse du courant d'air.

##### 2.1.2. Intensité du travail

Elle est définie par la consommation d'oxygène par minute. Cette intensité de travail qui est fixée aux environs de 1 litre O<sub>2</sub>/min dans une ambiance normale diminue nécessairement lorsque les conditions d'ambiance deviennent plus sévères.

La consommation d'oxygène est mesurée :

- . en laboratoire au moyen d'une bicyclette ergométrique ou sur tapis roulant;
- . dans le fond de la mine. Elle a été dans un premier temps déduite de la fréquence cardiaque obtenue par l'enregistrement en continu de l'ECG bipolaire précordial (cassettes "Halter Avionics", par la suite, on a utilisé l'"Oxycon").

##### 2.1.3. Charge physiologique d'un individu à un moment donné

Au Coördinatiecentrum Reddingswezen, nous entraînonns tous les sauveteurs de Campine au travail à haute température sous contrôle médical basé sur la température rectale et la fréquence cardiaque avant, pendant et après chaque exercice, sur la récupération de la fréquence cardiaque après 3 minutes de repos assis, sur la perte de poids en pour-cent du poids initial et parfois sur une cote d'appréciation personnelle de l'individu sur son état de fatigue. Toutes ces données recueillies sur



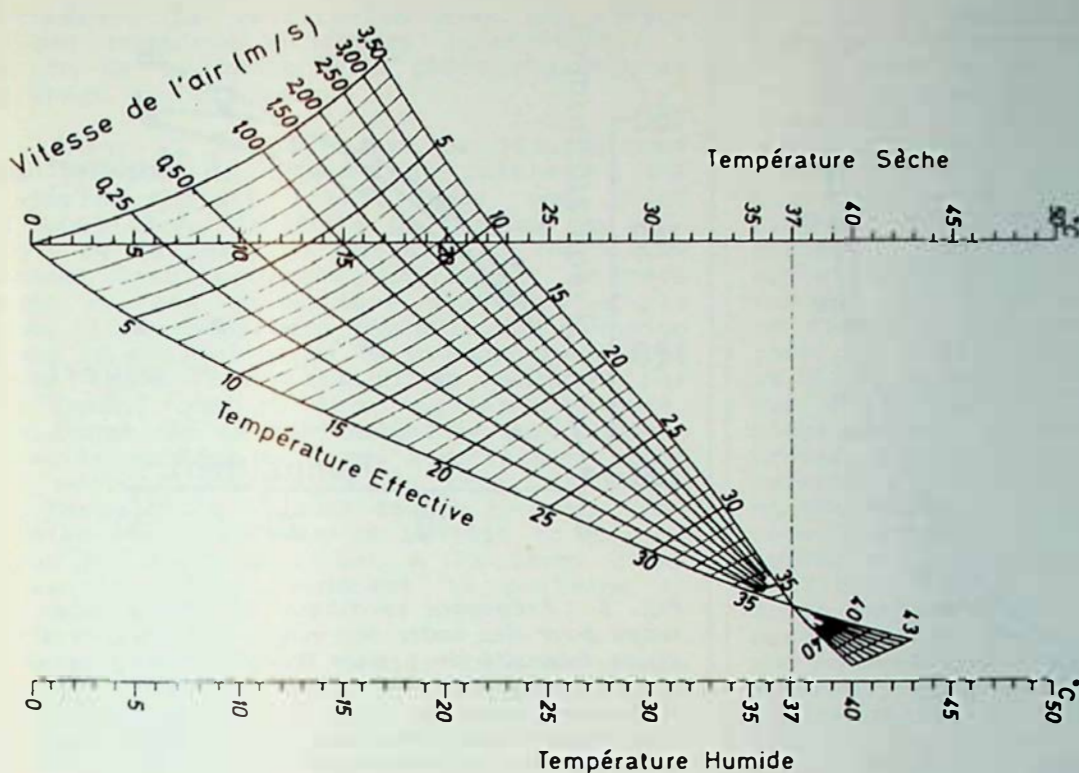


Fig. 1 : Détermination de la température effective suivant C.P. Yaglou pour des ouvriers travaillant torse nu

1.500 exercices par an pendant 13 ans, nous ont permis d'établir un indice de fatigue donnant l'état physiologique de l'individu à la fin de la prestation. Cet indice se calcule au moyen d'un diagramme (fig. 2). Il s'exprime en "Kempen" (KS).

Sa validité pour un travail autre que le travail de sauvetage, c'est-à-dire pour un travail d'un poste normal effectué au fond de la mine, a été vérifiée par de nombreuses mesures.

## 2.2. MOYENS DE REFROIDISSEMENT INDIVIDUELS

### 2.2.1. Ventilation individuelle avec air refroidi

Lorsque la température effective atteint 35 °C et plus, le brassage de l'air n'apporte plus d'amélioration et peut même être nocif en amenant des calories au corps au lieu d'en soustraire. Dans ces conditions, le brassage de l'air exige de refroidir l'air soufflé sur l'individu, par exemple en plaçant un bloc de glace carbonique à la sortie du ventilateur qui brasse l'air ambiant. Dans une ambiance de 41,5 °C sec et 33,5 °C humide avec une vitesse du courant d'air de 0,7 m/s,  $t_{eff} = 34,8$  °C, l'air soufflé sur l'individu après rafraîchissement sur le bloc de glace carbonique atteint une température de 35,0 °C sec et 32,0 °C humide et une vitesse de 2,5 m/s :  $t_{eff} = 30,5$  °C.

### 2.2.2. Vêtements refroidissants

Différents modes de refroidissement par vêtements ont été étudiés.

#### 2.2.2.1. Par conduction

La conduction consiste à appliquer sur le corps un élément maintenu à une température légèrement inférieure à celui-ci. Le vêtement à circulation d'eau est efficace, mais ne peut être retenu pour le travail de la mine parce qu'il est trop onéreux et surtout peu ergonomique. La glace à eau a été utilisée comme élément refroidissant.

Des essais ont été effectués au moyen d'un calorimètre de 30 cm x 50 cm x 4,5 cm. La glace appliquée directement sur le corps serait trop froide. On a intercalé entre la glace et le corps une mousse réticulée de 1 cm d'épaisseur contenant de l'eau à 20 °C. La quantité de chaleur (environ 300 kcal) produite en une heure par le porteur semble pouvoir être absorbée par 4 kg de glace et un tampon de 4 kg d'eau. Ce moyen paraît ergonomiquement peu appréciable.

#### 2.2.2.2. Par convection

La convection cherche à maintenir entre un vêtement et le corps un microclimat acceptable; le vêtement isolerait dans la mesure du possible le corps de la chaleur extérieure et recouvrirait l'élément qui créerait le microclimat désiré. L'isolation de l'élément refroidissant par rapport au corps doit être telle qu'il n'agit que lorsque la température du microclimat entre le vêtement et le tissu extérieur est égale ou légèrement supérieure à celle du corps et avec action aussi proportionnelle que possible à la quantité de chaleur reçue. On tente ainsi de maintenir dans des limites acceptables la température du microclimat. Lorsqu'on porte ce vêtement, la notion de température effective de l'ambiance est beaucoup moins importante. Importent surtout : a) la température sèche qui conditionne le flux de calories qui passe au travers de l'enveloppe extérieure; b) la température radiante. L'enveloppe extérieure doit donc être conçue en fonction de l'ambiance de travail de façon à isoler le mieux possible de la chaleur quelle que soit sa source. Pour atteindre ce but, un vêtement ample est préférable à un vêtement ajusté, parce qu'il se crée sous le vêtement ample une certaine ventilation qui permet une circulation de l'air, et ainsi un renouvellement du microclimat. Nous avons utilisé un costume d'une seule pièce constitué d'une double épaisseur de tissu en fibre de verre enserrant 1/2 cm de laine de verre. L'extérieur est recouvert d'aluminium. Son poids est de 15 kg. Il est très ample de façon à permettre le port sous ce vêtement de boîtes contenant du CO<sub>2</sub>.



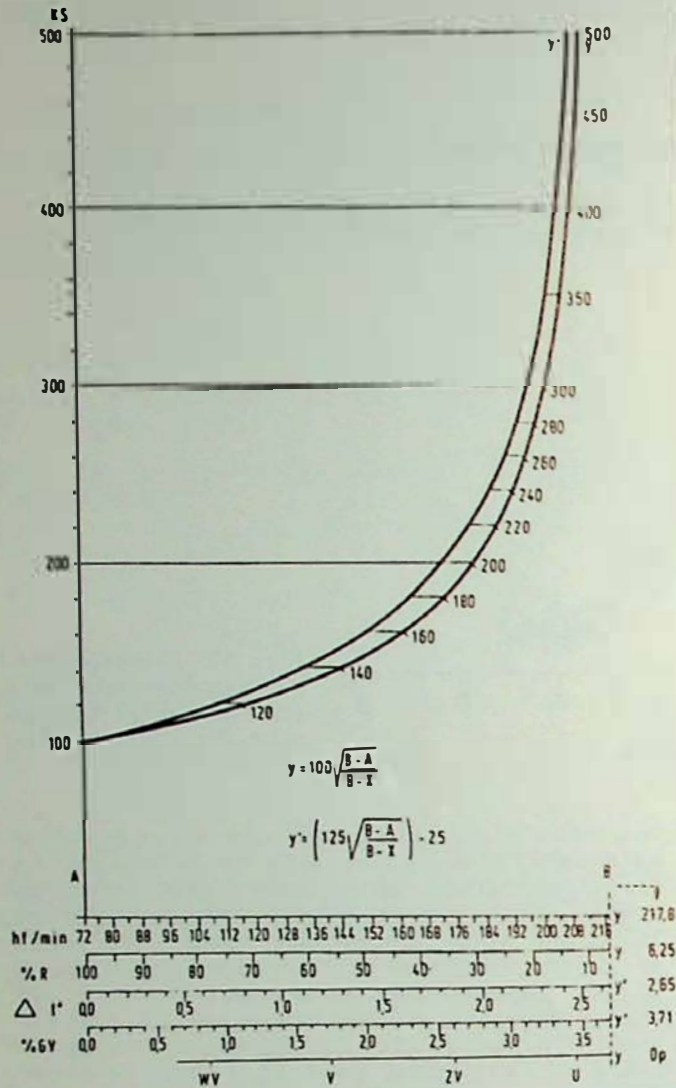


Fig. 2 : Nouvel indice de fatigue pour travaux de sauvetage

- hf/min : Fréquence cardiaque par minute
- % R : Récupération de la fréquence cardiaque après trois minutes de repos exprimée en pour-cent de l'augmentation
- $\Delta t^\circ$  : Augmentation de la température corporelle interne
- % GV : Perte de poids exprimée en pour-cent du poids initial
- WV : Peu fatigué
- V : Fatigué
- ZV : Très fatigué
- U : Épuisé
- Op : Abandon
- y : Fréquence cardiaque - % récupération après 3 min - opinion
- y' : Augmentation de la température interne - % perte de poids

Dans un premier temps, ce costume a été fermé au cou, aux poignets et aux chevilles. Dans un second temps, il a été porté ouvert au cou, aux poignets et aux chevilles et écarté du corps par des épaulettes. La figure 3 donne les résultats obtenus dans ces deux circonstances pour une ambiance à température normale, soit 23 °C sec et 16 °C humide.

Une autre expérience a été faite à une température plus élevée et avec cagoule refroidie au fréon dans le cas du port d'un costume ouvert. La figure 4 reproduit les résultats obtenus dans une ambiance de 32 °C sec et 28 °C humide avec une vitesse de vent égale à 0,5 m/s. De nombreuses tentatives ont été faites en vue de déterminer l'élément refroidissant pour ce type de

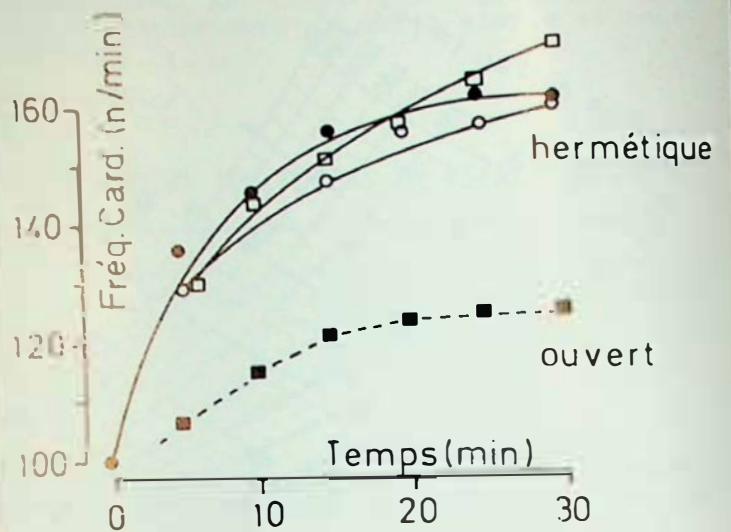


Fig. 3 : Fréquence cardiaque en fonction du temps pour des individus effectuant un exercice d'une intensité de 1 litre O<sub>2</sub>/min dans une ambiance ts = 23 °C, th = 16 °C en portant soit un costume de laine de verre hermétique fermé au cou, poignets et chevilles, soit le même costume ouvert à ces différentes extrémités.

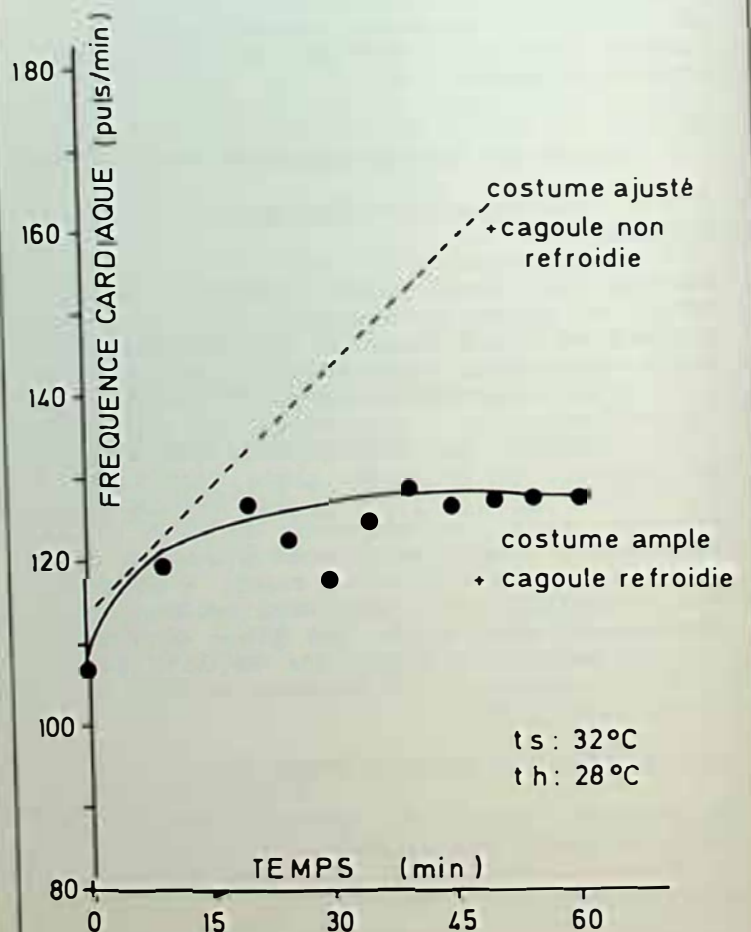


Fig. 4 : Fréquence cardiaque en fonction du temps chez des individus effectuant un exercice de marche à 3 km/h à pente de 10 % dans une ambiance ts = 32 °C, th = 28 °C, V = 0,5 m/s et portant soit un costume ajusté avec cagoule non refroidie, soit un costume ample avec cagoule refroidie au fréon



vêtement. La ventilation avec gaz carbonique comporte plusieurs inconvénients : poids de la bonbonne à débit réglable et givrage du détendeur.

Le fréon 11 (C Cl<sub>3</sub>F) est un liquide dont la tension de vapeur est faible et qui vaporise à l'air libre avant son point d'ébullition, de sorte que, placé au contact de la peau, il entraîne un refroidissement trop important. En plaçant le fréon dans un sac en matière plastique souple muni d'une ouverture réglable, la pression dans le sac, et ainsi la vitesse d'évaporation (donc l'absorption de calories par le fréon), ont pu être réglées à volonté. La forme de ce sac permet un bon contact avec la surface du corps à refroidir : pour le refroidissement de la tête, le sac a la forme d'une cagoule double épousant complètement la surface de la tête et du cou; pour le tronc, le sac a la forme d'une chasuble double couvrant la poitrine et le dos.

L'avantage du fréon réside dans sa grande maniabilité et l'excellent refroidissement qu'il permet (fig. 5). Le stockage et le transport sont possibles dans des récipients ordinaires convenablement hermétiques. Sa manipulation ne présente pas d'inconvénients. Il suffit de le verser dans les sacs qui forment la cagoule et la chasuble. Toutefois, le fréon attaque le PVC. Il faut utiliser de la fibre de verre recouverte de téflon d'un prix de revient très élevé. Bien que le fréon 11 soit très valable comme élément refroidissant, vu les difficultés techniques rencontrées, d'autres éléments d'un maniement plus facile ont été essayés.

La glace carbonique (CO<sub>2</sub> solide), pour être le plus efficace, doit être répartie le mieux possible sur la surface du corps à refroidir. Dans ce but, elle doit être contenue dans des récipients métalliques, bons conducteurs de la chaleur, de façon que, quelle que soit la quantité de glace restant dans le récipient, celle-ci participe toujours de la même façon aux échanges de chaleur, grâce à la surface métallique bonne conductrice. Des poches sont cousues sur une cagoule et un sous-vêtement complet en flanelle. Ces poches destinées à recevoir des boîtes métalliques de 8 cm x 8 cm x 2,5 cm sont au nombre de 70 et placées sur la surface du corps aux endroits où elles gênent le moins pour effectuer un travail manuel (sommet et côté de la tête, poitrine, dos, face antérieure des cuisses et des jambes). Dans ces poches sont placées les boîtes métalliques et dans ces boîtes des parallépipèdes de glace solide de 7 cm x 7 cm x 2 cm. Pour éviter que le sujet ne ressente excessivement le froid au contact des boîtes, il porte en dessous du sous-vêtement décrit un autre sous-vêtement également en flanelle et les boîtes métalliques sont recouvertes, face côté corps, d'une épaisseur de 5 mm de mousse de polyuréthane à cellules fermées. Le tout est recouvert d'un survêtement large qui isole le mieux possible de la chaleur extérieure. Le but est de créer un microclimat adéquat entre le survêtement et la glace carbonique, ce microclimat se renouvelant par le brassage d'air dû aux mouvements du sujet. Les résultats au point de vue efficacité du refroidissement sont excellents (fig. 6 et 6 bis). Toutefois, ce système présente des inconvénients pratiques. La glace carbonique est d'un

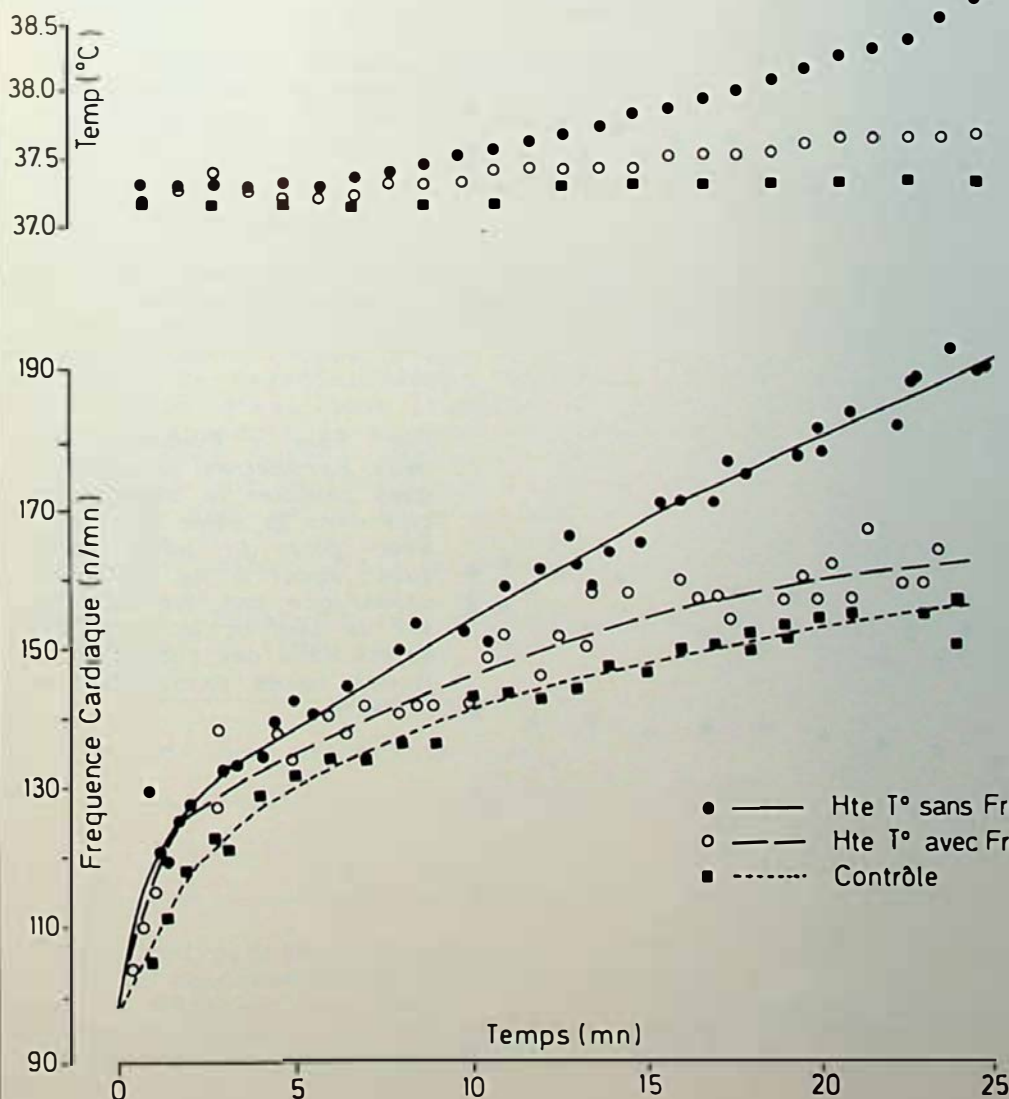


Fig. 5 : Evolution en fonction du temps (abscisse) de la fréquence cardiaque (ordonnée inférieure) et de la température corporelle (ordonnée supérieure). Le sujet est toujours revêtu de l'habit expérimental. Il est d'abord soumis à un contrôle à température normale (environ 22 °C). Ensuite, deux essais à haute température (ts = 37 °C et th = 33 °C) sont réalisés respectivement sans fréon et avec fréon dans les poches du vêtement. La comparaison des courbes montre l'efficacité du système. En effet, lors de l'exercice avec vêtement refroidi, la courbe des fréquences cardiaques se rapproche sensiblement de celle du contrôle. L'allure des courbes de température centrale montre elle aussi une nette élévation de ce paramètre au cours de l'exercice à chaud non refroidi, alors qu'elle reste stable dans les deux autres cas.



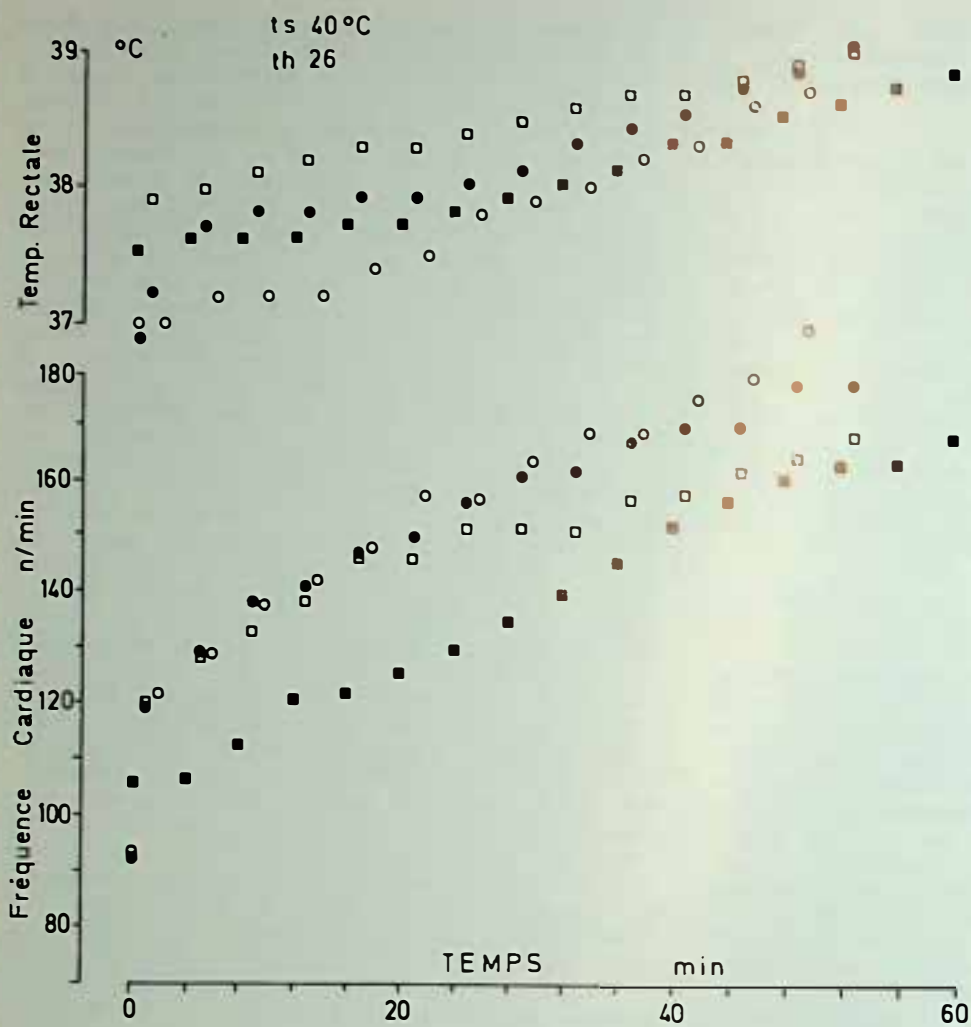


Fig. 6 : La fréquence cardiaque et la température rectale sont étudiées lors du port d'un habit élargi, assurant une protection contre la flamme dans une ambiance à  $t_s = 40^\circ\text{C}$ ,  $t_h = 26^\circ\text{C}$ ,  $V = 0.5 \text{ m/s}$ . Un seul sujet a effectué l'exercice complet pendant une heure. La température rectale limite ( $39^\circ$ ) a été atteinte chez deux sujets. Pendant l'arrêt de l'effort, le troisième a été arrêté en raison d'une FC excessive (137 battements/min)

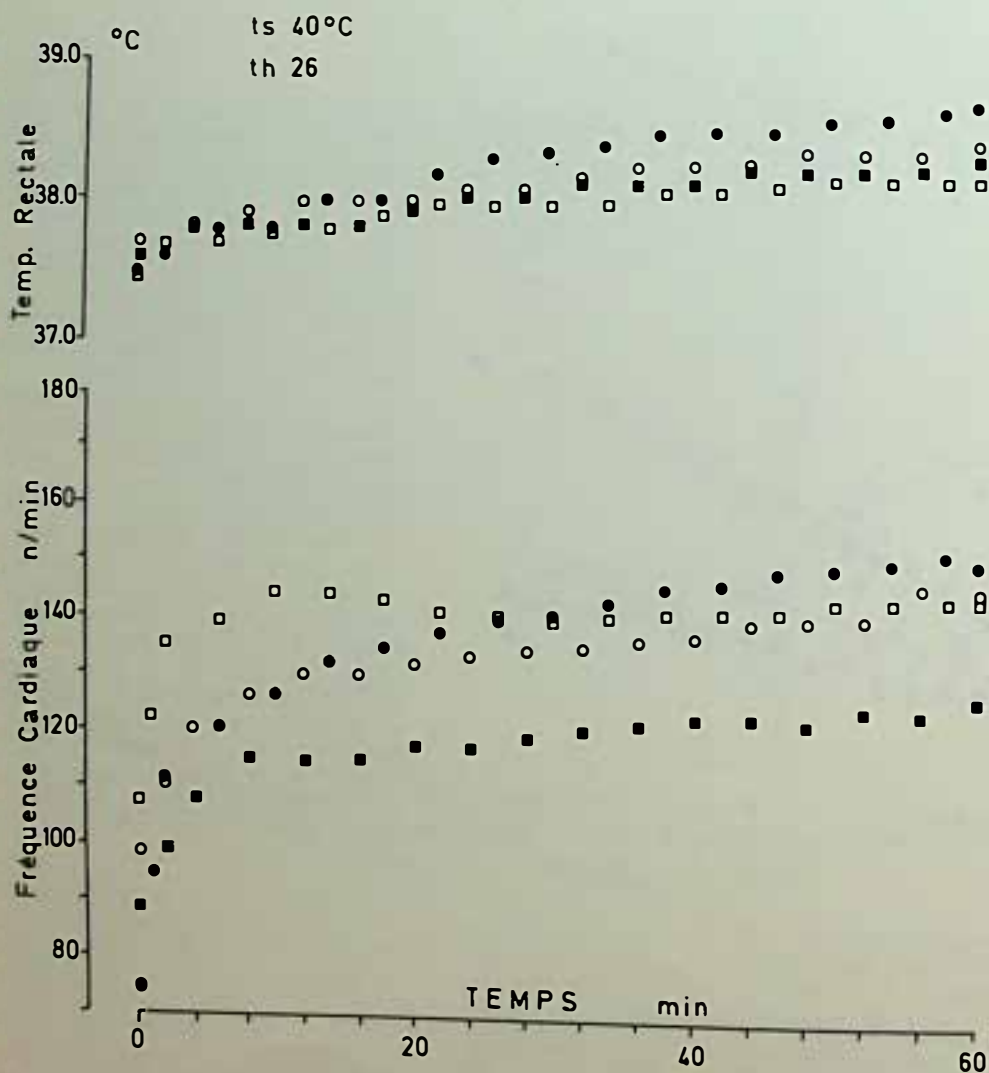


Fig. 6bis : Evolution des deux paramètres physiologiques pendant le même exercice dans la même ambiance avec port du même habit sous lequel 6 kg de glace carbonique ont été répartis sur la tête et le tronc des sujets dans des boîtes métalliques comme expliqué dans le texte



emploi malaisé; le vêtement ainsi conçu est lourd et peu ergonomique. Ce système de refroidissement très efficace n'est donc à envisager que pour des cas de températures très élevées.

La ventilation avec de l'air comprimé détendu à raison de 100 litres/min a par ailleurs été comparée avec l'effet d'une veste refroidie à la glace carbonique. La figure 7 reproduit le profil de l'effort réalisé en ambiance de 42 °C sec, 32 °C humide et vitesse de vent 0,7 à 1,0 m/s. Les phases de repos et de travail représentées par les parties non hachurées sont effectuées en portant soit la veste refroidie à la glace carbonique, soit la veste ventilée. Les deux courbes sont très voisines. Les deux moyens de refroidissement semblent équivalents, du moins pour ces températures.

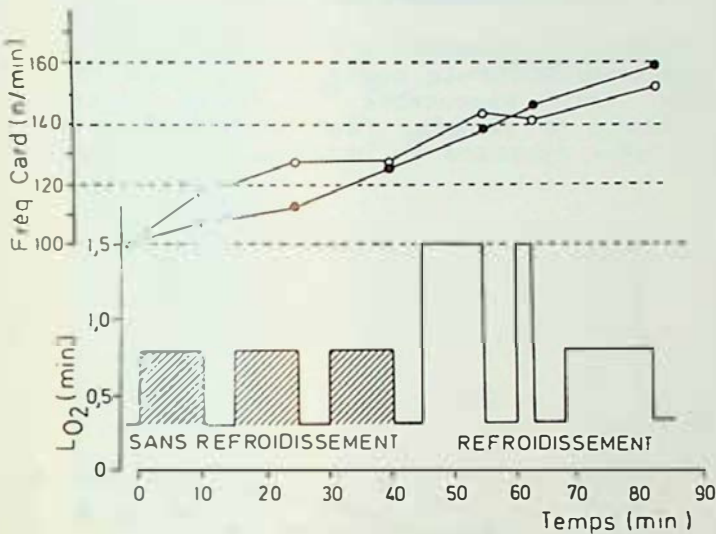


Fig. 7 : Comparaison entre refroidissement par veste avec poches contenant de la glace carbonique (point noir) et par veste ventilée (cercle clair)

### 2.2.2.3. Par évaporation

Même dans des ambiances relativement humides, un vêtement complet, cagoule comprise, collant au corps, confectionné en tissu éponge double imbibé d'eau, peut fournir un effet de refroidissement important par évaporation d'eau dans l'ambiance. Le tableau I reproduit la moyenne des résultats obtenus chez quatre individus effectuant un exercice sur tapis roulant à une vitesse de 3 km/h avec pente de 10 %, dans une ambiance de 40 °C sec, 26 °C humide, avec vitesse de courant d'air pratiquement nulle.

Tableau I. Essai de refroidissement dû à un vêtement en tissu éponge imbibé d'eau

Condition	Sans protection	Vêtement mouillé en éponge double
Δ FC	48,7	47,6
Δ T°C	1,4	0,8

L'effet refroidissant paraît dû à une évaporation supplémentaire de l'eau contenue dans le vêtement. En effet, le tableau II reprend les résultats des pesées destinées à différencier l'évaporation et la perte de poids; il s'agit de moyennes de trois

résultats pratiquement identiques obtenus dans trois circonstances.

Tableau II. Perte de poids et évaporation dans trois circonstances expérimentales

Circonstance	Perte de poids (g)	Evaporation (g)
a) Laboratoire à t° normale	350	350
b) Contrainte thermique sans refroidissement Ambiance 40 °C sec 31 °C humide V = 0,5 m/s	662	450
c) Port de veste-cagoule mouillée en contrainte thermique Ambiance 40 °C sec 31 °C humide V = 0,5 m/s	650	800

A la température du laboratoire, on constate que toute la perte de poids correspond à l'évaporation; il n'y a pas de sueur perdue par écoulement. En présence d'une contrainte thermique, une partie de la perte de poids est inutilisée pour l'évaporation, étant dissipée sous forme d'écoulement de sueur; cette différence représente environ 200 g. Sous l'influence de la veste-cagoule, l'évaporation dépasse la perte de poids corporel du sujet de 150 g à partir du vêtement. Au total, le sujet évapore 350 g de plus sous l'influence de la veste-cagoule, ce qui conduit à une dissipation supplémentaire de 188 kcal dont une partie profite à l'individu et explique sa meilleure thermorégulation dans cette circonstance, l'autre partie devant être dissipée dans l'ambiance.

L'accroissement de l'évaporation sous l'influence du vêtement mouillé, d'où résulte la protection vis-à-vis de la contrainte thermique, paraît dû à une structure plus rugueuse du tissu éponge comparativement à la peau plus lisse, l'étoffe se prêtant mieux aux échanges de surface.

### 3. CHOIX DES PARTIES DU CORPS A REFROIDIR

Le choix des parties du corps à refroidir ne se pose pas lorsqu'il s'agit du brassage de l'air, mais importe pour un vêtement qui, de toute façon, provoquera une gêne et doit être aussi ergonomique que possible. Cette expérience est de réalisation difficile par suite d'échanges de température malaisément contrôlables. Schwarz et coll. (1974) accordent, dans le cas du refroidissement par eau, une intervention de 30 % de réfrigération pour la tête et de 40 % pour le torse. Les mêmes auteurs remarquent qu'un refroidissement de 0,6 % de la surface du corps suffit, quand il s'agit de la tête, à diminuer la fréquence cardiaque d'un battement par minute, alors qu'il faut refroidir 2,6 % de la surface du corps, à l'exception de la tête, pour



obtenir le même résultat cardiaque.

### 3.1. REFROIDISSEMENT DE LA TÊTE

L'examen des effets du refroidissement de la tête conduit à des résultats assez semblables dans la présente étude. La figure 8 montre les valeurs obtenues par le même sujet, effectuant le même exercice et portant un sous-vêtement en double tissu éponge ainsi qu'un vêtement en Momex double, en contrôle sans cagoule, ou avec cagoule soit non refroidie, soit refroidie au fréon, dans une ambiance de 30 °C sec et 28 °C humide avec vitesse de courant d'air nulle. Après une heure, la fréquence cardiaque atteint la même valeur avec cagoule refroidie que sans cagoule; avec cagoule non refroidie, la fréquence cardiaque est de loin supérieure. Il est donc utile de refroidir la tête lorsqu'une cagoule doit être portée.

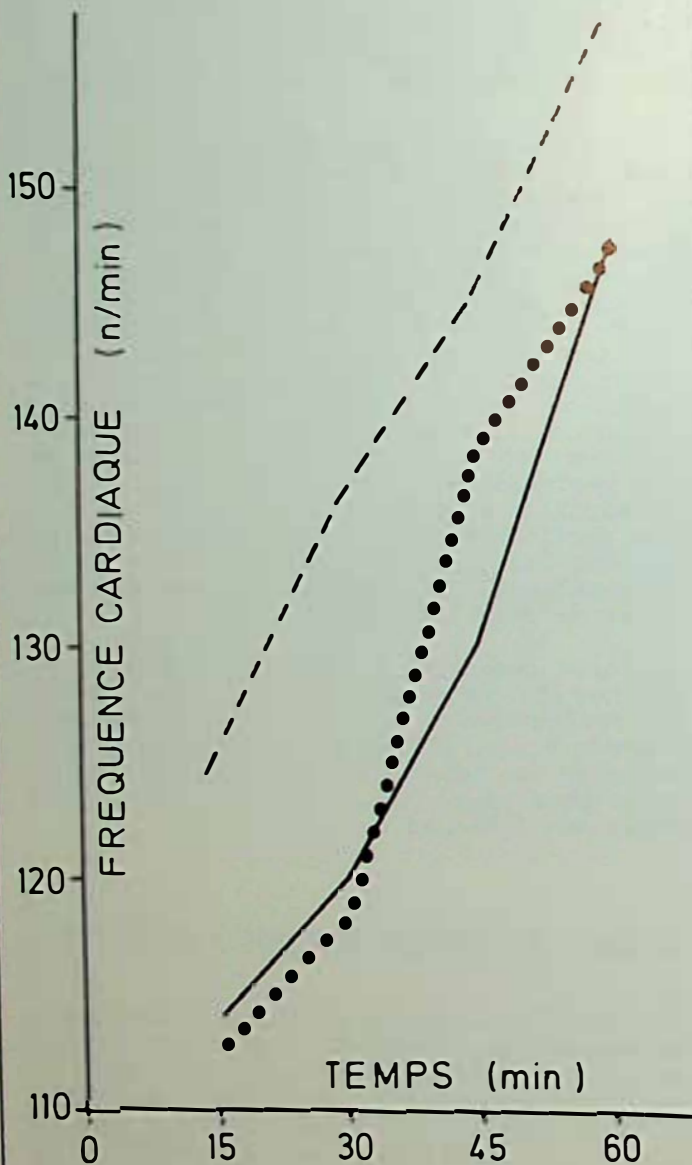


Fig. 8 : Importance du refroidissement de la tête

— sans cagoule  
 - - - avec cagoule non refroidie  
 ..... avec cagoule refroidie

### 3.2. REFROIDISSEMENT DU TORSE

L'importance du refroidissement du torse ajouté à celui de la tête n'est pas moins grande. Les deux courbes (fig. 9) ont été obtenues chez le même sujet placé dans une ambiance chaude : température sèche 32 °C et température humide 28 °C avec costume très lourd (2 épaisseurs d'étoffe, 2 épaisseurs de tissu éponge) mais très ample, et effectuant un travail d'une heure. La courbe supérieure correspond au refroidissement de la tête seule; la fréquence cardiaque atteint 146 puls./min, la consommation de fréon s'élève à 700 g. Dans la courbe inférieure le torse est également refroidi; la fréquence cardiaque atteint 130 puls./min. La consommation totale de fréon s'élève à 1.331 g. Il y a donc intérêt à refroidir le torse.

### 3.3. REFROIDISSEMENT DES JAMBES

Le refroidissement des jambes est souvent incommode pour le porteur; son utilité est dès lors discutable. Le même individu habillé de la même façon a fait deux fois le même exercice en utilisant le CO<sub>2</sub> comme

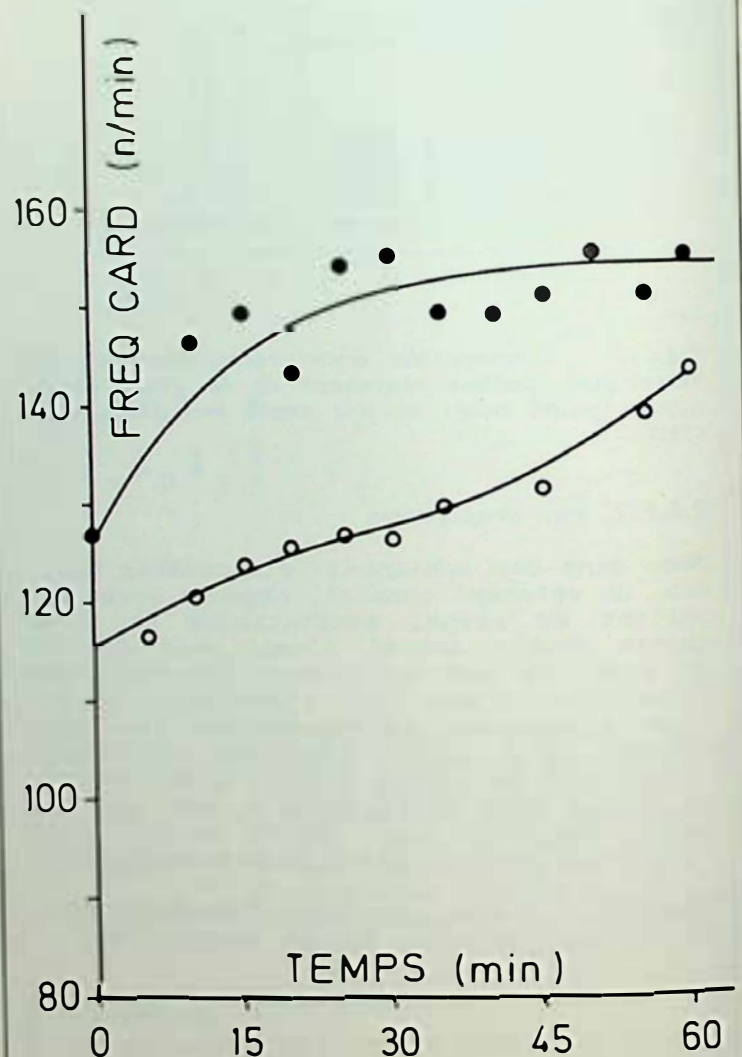


Fig. 9 : Importance du refroidissement du torse

Ambiance : ts 32 °C - th 28 °C  
 Uniquement cagoule refroidie au fréon (cercles clairs)  
 Cagoule et gilet refroidis au fréon (points noirs)



élément refroidissant. La figure 10 reproduit les résultats obtenus. Paradoxalement, l'exercice a été moins bien supporté lorsque l'individu avait les jambes refroidies, outre le tronc et la tête. Cette constatation paraît dépendre de la différence de charge : 6,5 kg de CO<sub>2</sub> au lieu de 4,2 kg; de plus, cette charge répartie sur tout le corps gêne le mouvement des membres inférieurs en ne leur apportant probablement que peu de frigories utiles.

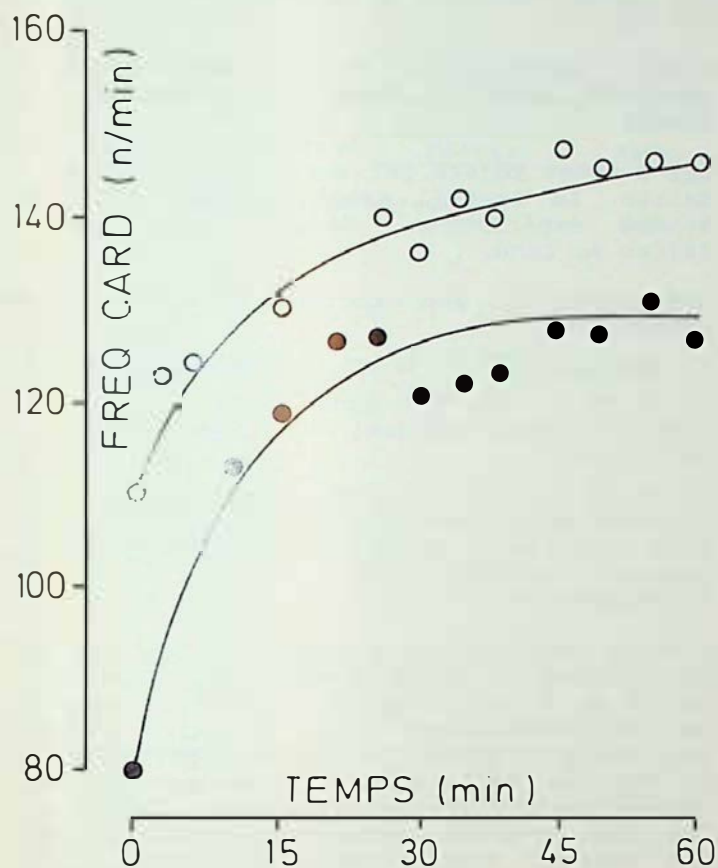


Fig. 10 : Importance du refroidissement des jambes

Exercice : marche à 3 km/h, pente 10 %,  
 ambiance : ts 45 °C, th 37 °C  
 Points noirs : 6,5 kg CO<sub>2</sub> (tête, tronc et jambes)  
 Points clairs : 4,2 kg CO<sub>2</sub> (tête et tronc)

#### 4. RECHERCHE DU MOYEN DE REFROIDISSEMENT LE MIEUX ADAPTE AU TRAVAIL DE LA MINE ET EVALUATION DE SON EFFICACITE

De tous les moyens expérimentés, nous avons retenu comme pouvant être pratiquement utilisés :

- 1) le ventilateur individuel soufflant sur un bloc de CO<sub>2</sub> solide, un courant d'air à la vitesse de 1,75 m/s pendant le repos;
- 2) la veste ventilée au moyen d'air comprimé détendu à raison de 100 litres/m pendant le repos;
- 3) la veste-cagoule en double tissu éponge imprégné d'eau à porter soit pendant le repos, soit tout le temps.

##### 4.1. PLAN DE TRAVAIL PREVU POUR LA RECHERCHE

Dans le fond : évaluer un poste de travail dans des conditions climatiques défavorables

et en déduire un poste de travail type.

En laboratoire : les conditions climatiques et d'effort étant déterminées par ce qu'on peut considérer comme des conditions de travail à ne pas dépasser, choisir des temps de travail et de repos qui permettent de juger et de comparer l'efficacité des moyens de refroidissement prévus.

En chantier d'exercice : après 20 min de repos dans l'ambiance thermique sélectionnée, soumettre les sujets à une alternance de périodes de travail et de repos de 15 min et ce, pendant 170 min, chaque sujet réalisant un effort d'environ 45 % de sa  $\dot{V}O_2$  Max.

Trois exercices différents ont été prévus :

- a) à température de laboratoire;
- b) à haute température - sans refroidissement;
- c) à haute température. Après les 20 min de repos préliminaire dans l'ambiance chaude, les sujets seraient refroidis par le moyen trouvé le plus efficace lors des expériences de laboratoire.

Expérimentation du refroidissement au fond de la mine : essai du vêtement

#### 4.2. MESURES EFFECTUEES

##### 4.2.1. Dans la mine

- L'effort est déduit de la fréquence cardiaque obtenue par l'enregistrement en continu de l'ECG bipolaire précordial (cassettes "Halter Avionics").
- La température interne de l'individu est mesurée au moyen de thermomètre. Les températures rectales et bucales sont relevées.
- Les facteurs d'ambiance mesurés sont la température sèche, la température humide et la vitesse de l'air.

##### 4.2.2. En laboratoire

- L'effort est estimé par la vitesse et la pente d'un tapis roulant.
- L'ambiance est caractérisée par la température sèche, la température humide et la vitesse de l'air.
- L'état de fatigue de l'individu est chiffré à partir de  $\Delta t^\circ$  rectale et de la fréquence cardiaque enregistrés par télé-métrie, ainsi que de la perte de poids calculée par pesée.

##### 4.2.3. Dans le chantier d'exercice

- L'ambiance est caractérisée par les mêmes mesures que celles effectuées au fond de la mine : température sèche, température humide, vitesse de l'air.
- L'effort est estimé par prestations alternatives sur bicyclette ergométrique et tapis roulant.
- L'état de fatigue de l'individu est chiffré à partir de  $\Delta t^\circ$  rectale mesuré toutes les minutes, de la fréquence cardiaque mesurée au moyen de deux dérivations bipolaires reliées par un câble à un électrocardiogramme et un totalisateur de fréquence, de la perte de poids calculée par pesée et enfin de l'estimation subjective de la fatigue.



Ces mesures nous ont permis de caractériser dans chaque circonstance :

- . l'ambiance par la  $t^{\circ}$  eff. de Yaglou (fig. 1).
- . l'effort par la consommation d'oxygène.
- . l'état de fatigue de l'individu par l'indice de fatigue du CCR (fig. 2).

#### 4.3. RESULTATS

##### 4.3.1. Evaluation d'un poste de travail au fond

Ceci a été fait avec les moyens indiqués plus haut et a permis de déterminer un schéma expérimental à appliquer dans le chantier d'exercice. Ce schéma appliqué dans le chantier dans les mêmes conditions d'ambiance que celles du fond a donné des résultats très voisins.

##### 4.3.2. Choix du meilleur moyen de refroidissement

Les recherches ont été faites en laboratoire dans une ambiance

40 °C sec  $t^{\circ}$  effective 33 °C pour  
31 °C humide  $V = 0,5$  m/s.

Le travail consistait en une marche sur tapis roulant à la vitesse de 4 km/h avec une pente de 10 %. Le schéma du travail appliqué fut 50 min marche, 25 min repos, 50 min marche, 25 min repos (150 min). Les essais dont les résultats sont donnés au tableau III ont été effectués avec les 4 mêmes sujets. L'effort est plus important que celui exercé en chantier pour essayer de faire mieux apparaître les différences s'il y en a. Les figures 11 et 12 reproduisent respectivement l'évolution de la fréquence cardiaque et le décours de la variation de température corporelle, d'une part, pendant le contrôle sans refroidissement et avec ventilation (f) et, d'autre part,

lors du port en continu de la veste-cagoule mouillée avec ventilation (i) : deux circonstances extrêmes.

Les trois moyens de refroidissement s'avèrent à peu près équivalents : a : I = 132,1; b : I = 136,6; c : I = 132,6. Le moyen veste-cagoule mouillée est plus pratique. De plus, il est efficace aussi bien pendant les périodes de repos qu'utilisé de façon continue (a : I = 132,6 et h : I = 111,6) et aussi bien dans les ambiances calmes que ventilées (h : I = 111,6 et i : I = 109,6).

##### 4.3.3. Application de la veste-cagoule mouillée dans le chantier climatisé du Centre

Les 8 mêmes sujets ont servi à l'expérimentation. Le travail exigé correspondait au schéma expérimental déduit des mesures faites au fond.

Les sujets ont été expérimentés dans trois ambiances :

- A) 28 °C s - 20 °C h I moyen : 118,62
- B) 38 °C s - 30 °C h sans refroidissement pendant les repos I moyen : 180,0
- C) 38 °C s - 30 °C h avec refroidissement en continu au moyen de veste-cagoule imprégnée d'eau à 16 °C I moyen : 148,6

L'étude statistique montre que les écarts de l'indice de fatigue entre les expériences B et C sont significatifs pour chacun des facteurs et que c'est l'indice global qui donne l'écart le plus significatif. Ce dernier fait montre la valeur de cet indice constitué de plusieurs facteurs, les plus grandes variations individuelles par facteur étant "amorties" dans l'indice global. Ces résultats confirment les essais de laboratoire.

Tableau III. Comportement moyen des sujets dans les différentes conditions expérimentales de contrainte thermique et de refroidissement

Climat : $t_s$ 40 °C; $t_h$ 31 °C; $t$ eff = 33 °C (sauf d)	FC n/min	$\Delta T$ °C	Perte poids %	Indice de fatigue, KS
a) Repos avec ventilation (1,75 m/s) + CO <sub>2</sub> (travail sans ventilation extérieure)	76	1,15	1,91	132,1
b) Repos avec veste ventilée (travail sans ventilation extérieure)	78	1,30	2,00	136,6
c) Repos avec veste-cagoule mouillée (travail sans ventilation extérieure)	87	1,00	1,87	132,6
d) Exercice $t^{\circ}$ laboratoire - sans ventilation - sans refroidissement	62	0,25	0,30	103,6
e) Repos sans refroidissement (travail sans ventilation extérieure)	90	1,42	2,20	145,3
f) Sans moyen de refroidissement, avec ventilation de 1,75 m/s pendant le repos	95	1,81	2,42	166,3
g) Veste-cagoule mouillée au repos et ventilation de 1,75 m/s pendant le repos	90	0,80	1,45	118,9
h) Veste-cagoule mouillée en continu sans ventilation	80	0,55	1,25	111,6
i) Veste-cagoule mouillée en continu et ventilation de 1,75 m/s en continu	75	0,72	0,60	109,6



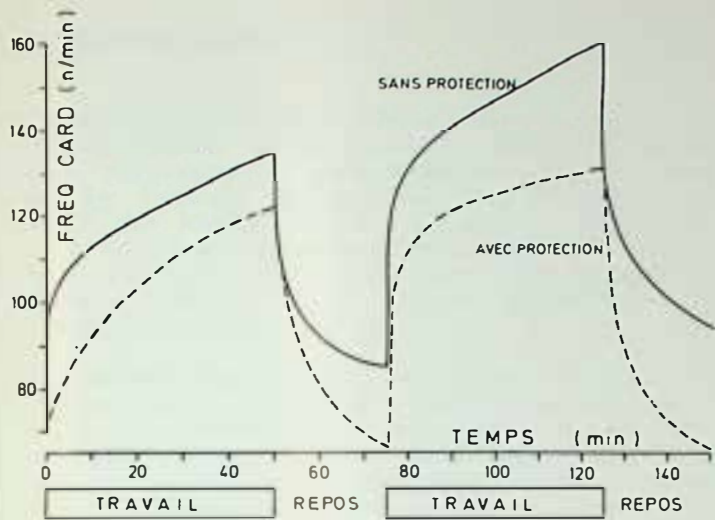


Fig. 11 : Fréquence cardiaque

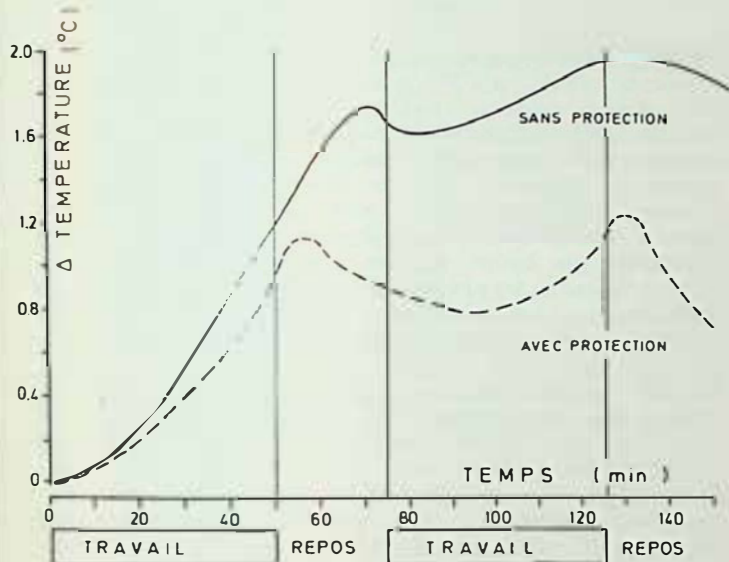


Fig. 12 : Température corporelle

Ventilation : 1,75 m/s

Protection : veste-cagoule mouillée

Travail : tapis roulant - ascendant 10 % - 4 km/h

Températures : sèche 40 °C, humide 31 °C

#### 4.3.4. Application au fond de la mine

Quatorze expériences comparatives ont été effectuées au fond. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les résultats des deux séances. Mais on ne peut de là conclure à l'inefficacité du moyen utilisé :

1°) La température effective était de 26 °C, probablement trop basse pour prouver l'efficacité de la veste mouillée.

2°) Les sujets n'ont pas toujours été soumis à la même charge de travail avec et sans veste mouillée. Une des leçons à retenir de cette expérimentation est combien il est difficile, au fond de la mine, de réunir des conditions de reproductibilité suffisantes, simultanément pour tous les facteurs entrant en ligne de compte.

#### 5. RESTE A FAIRE

1) Trouver le moyen de faire des essais comparatifs dans le fond. Il faut trouver des conditions assez dures pour que, s'il y a une différence, elle se marque et surtout qu'elle se sente. Il faudrait que l'ouvrier demande lui-même à utiliser le moyen de protection.

2) Etudier l'action de la veste mouillée. Jusqu'à présent, il y a deux théories :

- . refroidissement dû à l'évaporation de l'eau;
- . refroidissement dû à un apport de frigories par l'eau froide.

3) Optimiser les créneaux : travail-repos, suivant température et effort.

4) Adapter la veste mouillée lorsqu'il existe une chaleur rayonnante.



## Revêtement des galeries circulaires \*

Henri VAN DUYSÉ\*\*

### RESUME

*Dans les galeries creusées à l'explosif, l'utilisation de revêtements circulaires reste limitée principalement aux galeries au rocher du bassin de Campine où l'on utilise avec beaucoup de succès (tant en résistance qu'en coût) des éléments préfabriqués en béton. Un problème important pour lequel on recherche la solution la plus adéquate est le remplissage parfait du vide entre le terrain et le revêtement.*

*Dans ce bassin, le coût du creusement d'une galerie de 4,60 m de diamètre à terre nue est identique à celui d'une galerie avec cadres coullissants de section ogivale de 17 m<sup>2</sup> à terre nue. Par contre, dans les galeries creusées par tunnelier, un revêtement circulaire est la règle presque générale. Dans les charbonnages allemands, ces galeries sont revêtues de cadres métalliques dont la pose prend entre 15 et 30 min.*

*La présence des patins d'ancrage radiaux oblige à espacer les cadres à front d'au moins 75 cm, ce qui, dans le cas de moins bons terrains, oblige à renforcer le soutènement soit à front par boulonnage ou par injection, soit à l'arrière du tunnelier par l'ajout de cadres supplémentaires ou par gunitage.*

*Les conditions propres au bassin de Campine imposent l'utilisation d'un revêtement circulaire en panneaux posés tout près du front, ce qui crée des sujétions importantes concernant la reprise des efforts de poussée exercés à front. Le choix s'est porté sur un tunnelier Bouygues pour lequel cette force de poussée est limitée à 120 t.*

### SAMENVATTING

*In de met springstof gedolven galeries blijft het gebruik van cirkelvormige bekledingen voornamelijk beperkt tot de steengaleries van het Kempens bekken, waar met veel succes (zowel inzake weerstand als kostprijs) geprefabriceerde elementen in beton worden gebruikt. Een belangrijk probleem waarvoor de beste oplossing wordt gezocht, is het volmaakt opvullen van de lege ruimte tussen het gesteente en de bekleding.*

*In dit bekken is de kostprijs van een galerij van 4,60 m diameter bij opbraak identiek aan die van een galerij met meegeevende ramen met spitsboogdoorsnede van 17 m<sup>2</sup> bij opbraak. Daarentegen is, in de met tunneldelvingsmachine gedolven galeries, een cirkelvormige bekleding de vrijwel algemene regel. In de Duitse steenkolenmijnen worden deze galeries bekleed met metalen ramen waarvan de plaatsing tussen de 15 en 30 min vergt.*

*De aanwezigheid van zijdelingse verankeringen verplicht tot plaatsing der ramen op een onderlinge afstand van minstens 75 cm aan het front wat, bij minder goede gesteenten, verplicht tot het versterken van de ondersteuning ofwel langs het front door ankerboutondersteuning of injectie, ofwel achter de tunneldelvingsmachine door toevoeging van bijkomende ramen of door gunitering*

*De aan het Kempens bekken eigen voorwaarden nopen tot het gebruik van een cirkelvormige bekleding in zeer dicht bij het front geplaatste panelen, wat belangrijke spanningen meebrengt i.v.m. de overdracht van de drukkracht die aan het front wordt uitgeoefend. Er werd gekozen voor een tunneldelvingsmachine Bouygues, waarvoor deze drukkracht tot 120 t beperkt is.*

\* Exposé oral présenté aux Journées d'Information sur les "Techniques de creusement dans les charbonnages de la Communauté Européenne", organisée par la Commission des Communautés Européennes, Direction générale de l'énergie "Charbon", à Luxembourg, 9 et 10 novembre 1983.

\*\* Chef de Section de Recherches à l'Institut National des Industries Extractives (INIEX), rue du Chéra 200, B-4000 Liège.



## ZUSAMMENFASSUNG

Beim Sprengvortrieb bleibt der Einsatz von geschlossenem Ringausbau im Revier Campine, wo vorgefertigte Betonsegmente mit grossem Erfolg (sowohl hinsichtlich der Festigkeit als auch der Kosten) eingesetzt werden, hauptsächlich auf Gesteinsstrecken beschränkt. Ein wichtiges Problem, für das noch die geeignetste Lösung gesucht wird, ist das Hinterfüllen in diesen Strecken.

Im Revier Campine sind die Kosten für das Aufahren einer Strecke mit 4,60 m Durchmesser im Ausbruch identisch mit den Kosten für Strecken mit nachgiebigem Bogenausbau mit 17 m<sup>2</sup> Querschnitt im Ausbruch. Hingegen ist bei den mit Vollschnittmaschinen aufgefahrenen Strecken der Kreisringausbau fast die Regel. Im Steinkohlenbergbau der Bundesrepublik werden in diesen Strecken Bögen eingesetzt, für deren Einbringen 15 bis 30 min benötigt werden.

Durch die radialen Abstützkufen beträgt der Mindestabstand von Bauen 75 cm, was entweder an der Ortsbrust durch Ankern oder durch Verpressen oder hinter der Vollschnittmaschine durch zusätzliche Bögen oder durch Spritzbeton zwingt.

Die spezifischen Bedingungen des Reviers Campine gebieten den Einsatz von geschlossenem Ausbau aus Paneelen, die möglichst nah an der Ortsbrust einbracht werden, was in Zusammenhang mit der Aufnahme der Schubkräfte an der Ortsbrust zu Problemen führt. Die Wahl fiel auf eine Streckenvortriebsmaschine der Firma Bouygues, bei der die Schubkraft auf 120 t begrenzt ist.

## 0. INTRODUCTION

Il existe différents soutènements possibles pour les galeries de section circulaire :

- cadres métalliques, généralement coulissants, mais parfois rigides;
- éléments préfabriqués en béton, armés ou non, constitués de voussoirs, de claveaux ou de panneaux;
- béton coulé sur place derrière un coffrage;
- béton projeté;
- soutènement anglé en bois;
- boulonnage.

Les soutènements en béton permettent d'avoir un revêtement continu, ce qui diminue les pertes de charge par frottement de l'air contre les parois.

Si auparavant les galeries circulaires étaient creusées à l'explosif, actuellement elles sont souvent creusées à l'aide de tunneliers et, plus rarement, au moyen de machines à attaque partielle. Pour les creusements par tunneliers, une section de forme circulaire est pratiquement la règle générale.

## SUMMARY

In roadways driven by blasting, the use of circular linings is mainly limited to the Campine Coalfield's stone drifts where the use of pre-fabricated concrete segments has met with a great deal of success, in terms of both strength and cost. One important problem - to which we are currently seeking the most satisfactory solution - is the best method of filling the cavity between the strata and the lining.

In the Campine Coalfield the cost of driving a circular roadway, 4.60 m in diameter, in virgin rock, is identical with that of driving a roadway lined with yielding arch supports, of cross-section 17 m<sup>2</sup>, in virgin rock. Then again, in roadways driven by tunnelling machine a circular lining is virtually the norm. In the German collieries these roadways are lined with steel arches which take 15 to 30 min to erect.

The presence of radially-anchored gripper shoes means that at the roadhead there has to be a space of at least 75 cm between arches, which in the least favourable strata conditions requires the support to be reinforced at the roadhead either by means of strata-bolting or injection, or behind the tunneling machine by means of extra arches or by guniting.

Conditions specific to the Campine Coalfield necessitate the use of circular panel linings installed close to the roadhead, which in turn raises the crucial question of accommodating the thrust exerted at the roadhead. We chose the Bouygues tunnelling machine with a limited thrust of 120 t.

## 1. AVANTAGES OFFERTS PAR LES REVETEMENTS CIRCULAIRES EN CE QUI CONCERNE LES PRESSIONS DE TERRAIN

Il est indéniable qu'une galerie de section circulaire ou elliptique résiste mieux aux pressions de terrain qu'une galerie en forme de fer à cheval ou de trapèze. Un soutènement fermé est le seul à offrir une certaine résistance au soufflage du mur de la galerie.

La figure 1 montre quelques charges de rupture de soutènements circulaires obtenues en laboratoire.

Un soutènement en claveaux de béton de 50 cm d'épaisseur se rompt à une charge de 5.250 t/m de galerie, si celle-ci est répartie sur une demi-circonférence, et de 1.600 t/m si la charge est répartie sur un quart de la circonférence.

Un soutènement en panneaux de béton armé de 20 cm d'épaisseur résiste à une charge de 700 t/m si celle-ci est répartie aussi sur un quart de la circonférence.

Deux cadres TH de 36 kg/m espacés de 50 cm résistent dans les mêmes conditions à



une charge de 320 t/m si celle-ci est appliquée sur un quart du pourtour.

Dans le cas des cadres habituels, non fermés à la base, cette charge de rupture est bien inférieure à 120 t par cadre.

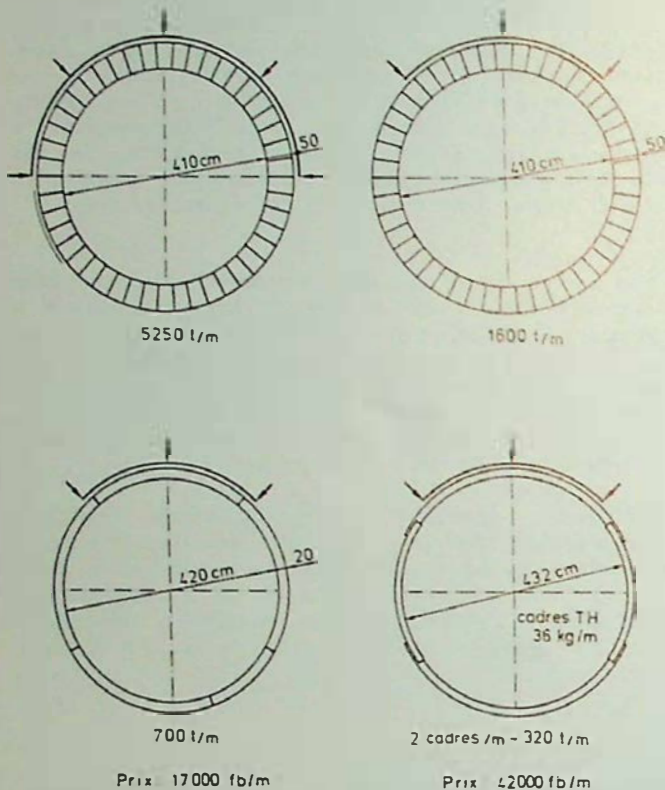


Fig. 1 : Quelques charges de rupture obtenues en laboratoire sur des soutènements circulaires en claveaux de béton, en panneaux de béton armé et en cadres métalliques coulissants (2 cadres par mètre)

Sur la figure 1 nous avons ajouté le prix de certains de ces soutènements : un anneau en panneaux revient à 17.000 FB/m (sans le remplissage derrière le revêtement), tandis que, si on place deux cadres circulaires de 36 kg/m, ceux-ci reviennent à 42.000 FB/m environ (sans tenir compte non plus du garnissage).

Signalons ici que le prix de deux cadres habituels TH, en forme de fer à cheval, de 36 kg/m, d'une section de 17 m<sup>2</sup>, revient à 30.600 FB.

Le coût moyen total des galeries revêtues de panneaux en béton armé est de 81.000 FB/m. A titre de comparaison, le coût du creusement des galeries revêtues de cadres TH habituels en forme de fer à cheval est aussi de 81.000 FB, dans le cas d'une section à terre nue de 17 m<sup>2</sup> (prix fin 1982).

En ce qui concerne la mise en place de ces revêtements dans le cas de galeries creusées à l'explosif, le temps de pose complet d'un soutènement en panneaux de béton doit être inférieur à celui nécessaire pour des cadres métalliques circulaires.

Dans le cas des creusements par tunnelier, la pose d'un cadre circulaire prend de 16 à

24 minutes. Nous ne pouvons pas encore parler du temps de pose des panneaux avec le tunnelier Bouygues qui doit être mis en route en Campine en avril 1984. Mais on peut signaler que, lors de travaux de creusement de galeries circulaires de même diamètre, dans des tunnels en argile, la pose d'un anneau en panneaux de béton prenait moins de 15 minutes.

On constate actuellement un intérêt croissant pour des revêtements circulaires, à mesure de l'approfondissement des travaux souterrains.

## 2. CREUSEMENT A L'EXPLOSIF

Examinons d'abord le cas des creusements à l'explosif.

Dans ce cas, le choix d'un soutènement circulaire entraîne, de par sa conception, deux inconvénients importants :

- \* nécessité de charger et d'évacuer des déblais sous le niveau de rolage, et puis
- \* remblayage du radier pour avoir une surface de rolage de largeur suffisante.

Suite aux pressions de terrain très importantes, régnant dans les mines de Campine, la plupart des galeries au rocher y sont creusées circulairement et sont revêtues au moyen d'éléments préfabriqués en béton.

De 1935 à 1970, ce revêtement était constitué de claveaux en béton de 50 cm d'épaisseur qui, par mètre de galerie, imposaient la manutention et la mise en place de 140 à 230 blocs d'environ 100 kg chacun. Avec une bonne organisation et une semi-mécanisation du travail, les ingénieurs sont parvenus à réaliser des avancements de 2 m/jour en 3 postes, avec un personnel de 4 hommes par poste.

La figure 2 montre comment ces claveaux sont posés, ceux du radier au moyen d'un monorail, ceux de parois avec un mât orientable et ceux en couronne au moyen d'un élévateur et d'un coffrage métallique.

A partir de 1967, les claveaux ont progressivement été remplacés par des panneaux en béton armé de 20 cm d'épaisseur, ce qui limitait le nombre d'éléments à placer, à 7 par mètre de galerie (fig. 3).

L'utilisation de ce nouveau type de revêtement a permis d'atteindre des avancements de 4 à 6 m/jour en trois postes, avec 4 hommes/poste. Ces panneaux sont mis en place au moyen d'un bras télescopique fixé soit sur un châssis roulant sur rails, soit sur une chargeuse à pinces de homard. Comme on le constate sur la figure 3, la projection verticale du centre de gravité des panneaux latéraux tombe sur la surface d'appui, de sorte qu'aucun coffrage ou cintre n'est nécessaire pour pouvoir fermer l'anneau complet.

La pose du soutènement s'effectue en moins de 2 heures pour une passe de 2 m. La figure 4 montre une machine manipulant un panneau.

La figure 5 montre une chargeuse à pinces de homard équipée d'une machine de pose de panneaux.



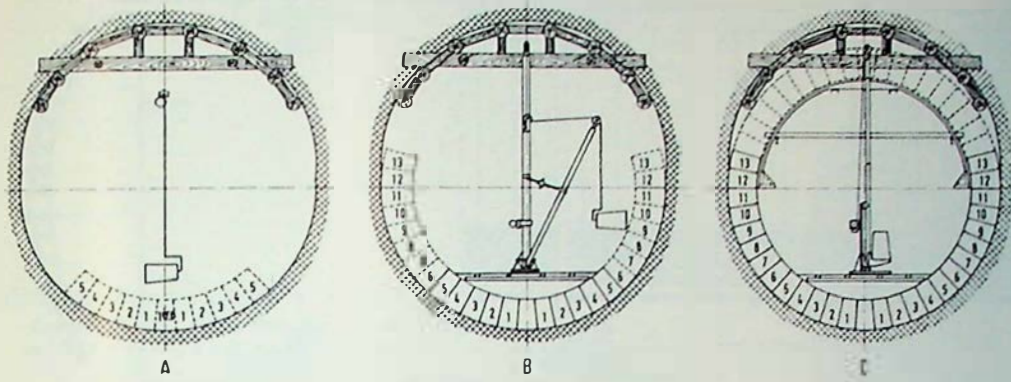


Fig. 2 : Vue d'ensemble de la pose des claveaux

A) du radier au moyen d'une broche fixée à un monorail  
 B) des parois au moyen d'un mât incliné  
 C) de couronne au moyen d'un plateau élévateur relevant les claveaux jusqu'au-dessus d'un coffrage

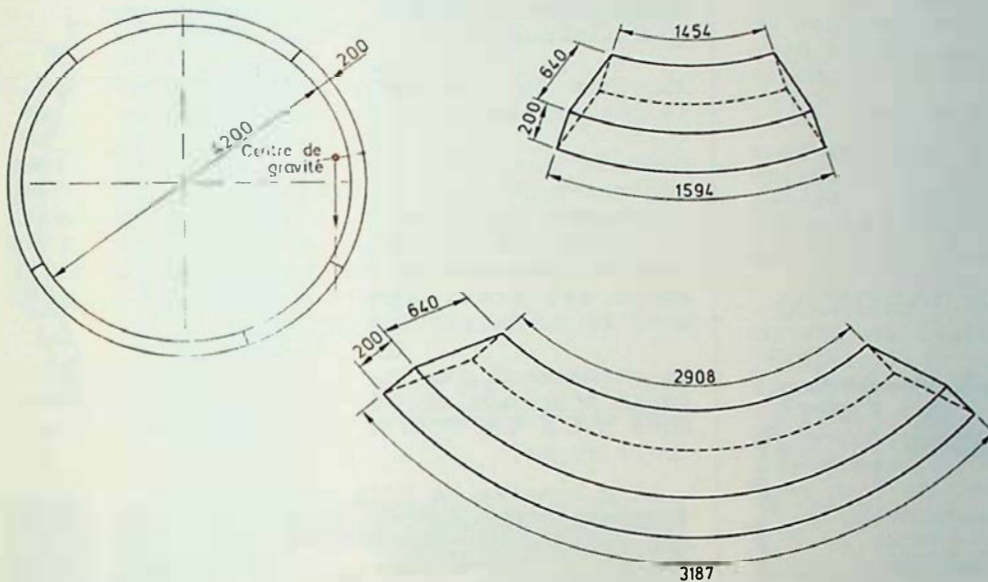


Fig. 3 : Revêtement d'un bouveau circulaire formé de 4 grands (poids 1 t) et d'un petit panneau en béton armé. On constate sur la coupe que la projection verticale du centre de gravité de chacun des deux panneaux latéraux ne tombe pas à l'intrados de sa surface d'appui sur le panneau du radier, ce qui assure la stabilité sans devoir utiliser obligatoirement des poutrelles d'appui



Fig. 4 : Machine de pose sortant un panneau de la berline spéciale utilisée pour son transport dans le fond

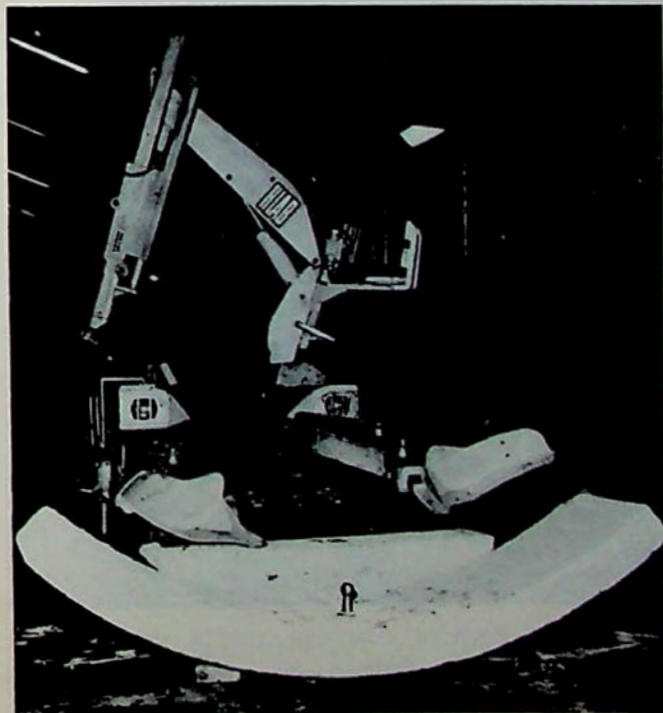


Fig. 5 : Installation, mise au point par le siège Zolder, avec bras pour la pose des panneaux, montée sur une chargeuse à pinces de homard 2PNB2. A l'avant, on voit un panneau auquel on a vissé la tige de manutention des panneaux, terminée par une tête sphérique



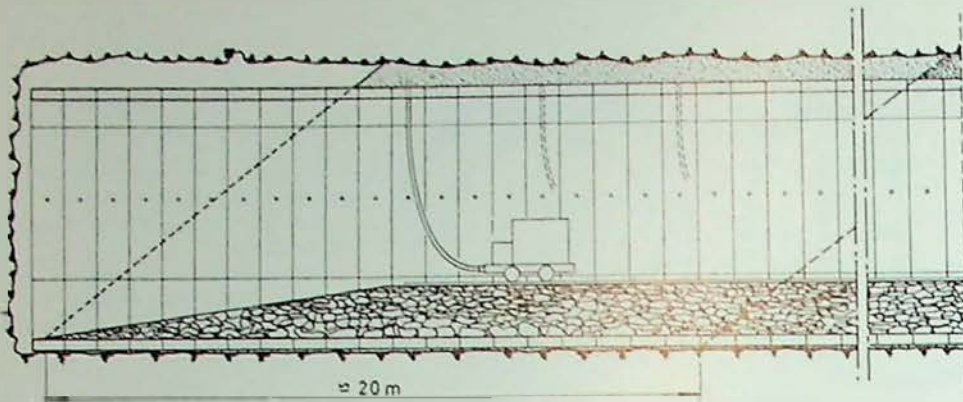


Fig. 6 : Remplissage du vide entre le terrain et les panneaux, par passes de 20 m

Pour éviter des contraintes nuisibles dans l'axe des chenilles, par suite de leur appui sur une surface cintrée, on pose un sixième panneau sur le radier, ce qui permet d'avoir une surface de roulage horizontale.

Cependant, la condition sine qua non pour que ce soutènement de 20 cm d'épaisseur puisse résister à des pressions élevées est le remplissage parfait du vide entre le soutènement et le terrain. Le volume de ces vides varie de 3 à 4 m<sup>3</sup>/m.

Ce remplissage peut s'effectuer en une ou plusieurs fois, à front ou à l'arrière. Toute une série de produits de remplissage ont été essayés, avec différents types de pompes, avec une amenée des produits en sacs ou en vrac. La figure 6 montre une solution adoptée actuellement où l'on remplit ce vide à front par passes de 20 m.

Ce remplissage représente une part importante du coût du creusement conventionnel des galeries au rocher.

La figure 7 montre la première galerie revêtue de ce soutènement au siège Beringen.



Fig. 7 : Premier nouveau revêtu de panneaux en béton armé, réalisé en 1967 au siège de Beringen

### 3. CREUSEMENT DES GALERIES CIRCULAIRES PAR TUNNELIER

Abordons le creusement des galeries circulaires par tunnelier.

Dans ce cas, le soutènement est constitué généralement de cadres métalliques; un creusement mécanisé avec panneaux en béton est effectué en premier lieu à la mine britannique de Cadley Hall; un autre essai est prévu dans un siège de Campine avec le tunnelier Bouygues.

Le creusement par tunnelier est très favorable pour une meilleure tenue du soutènement car, par suite de la bonne découpe de la roche,

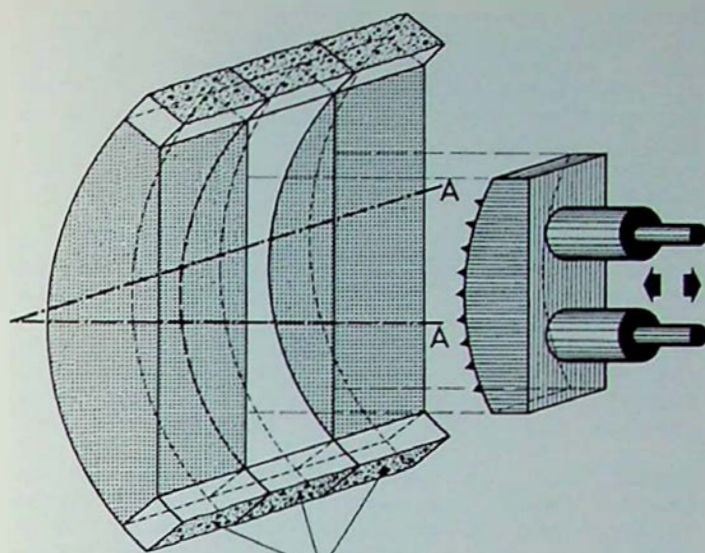
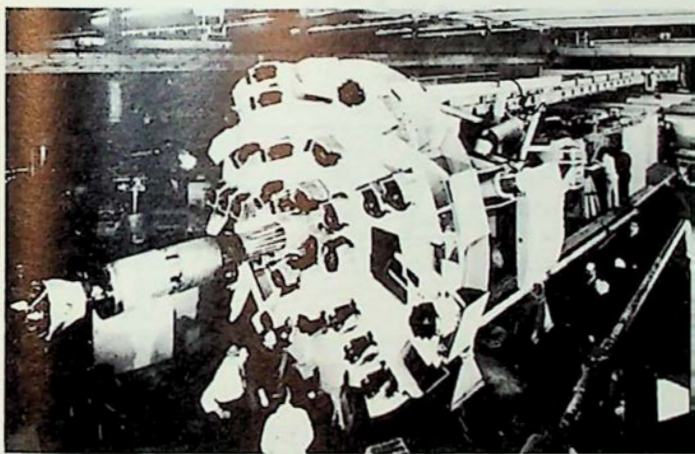
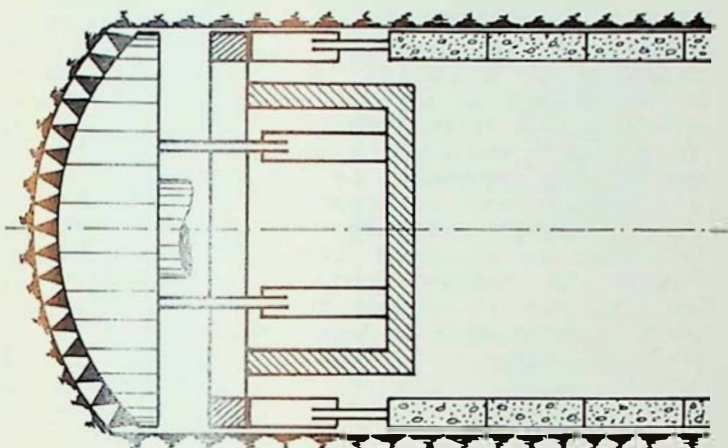
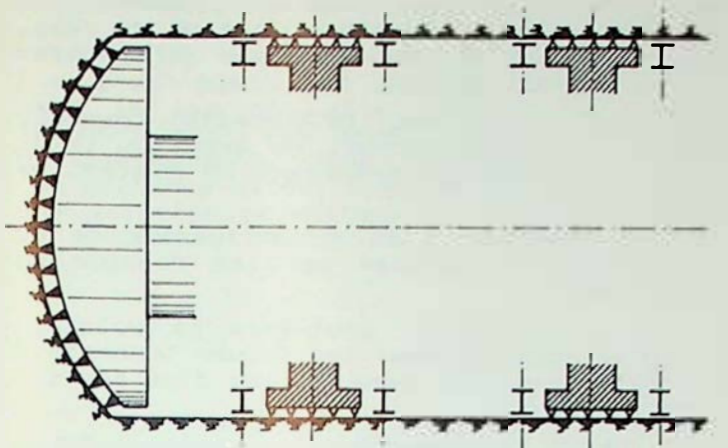
- . il y a moins de hors-profils,
- . le soutènement peut être mis sous tension contre la roche,
- . le contact revêtement/roche peut être continu,
- . il y a surtout absence de fissuration dans les roches avoisinantes.

Dans les galeries creusées dans les charbonnages allemands par les tunneliers

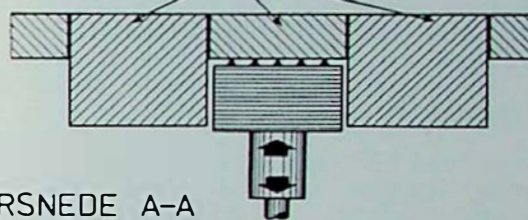


Fig. 8 : Soutènement circulaire de galeries au rocher creusées en Allemagne au moyen d'un tunnelier

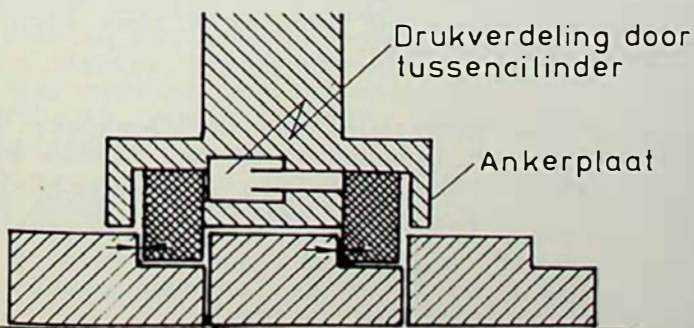
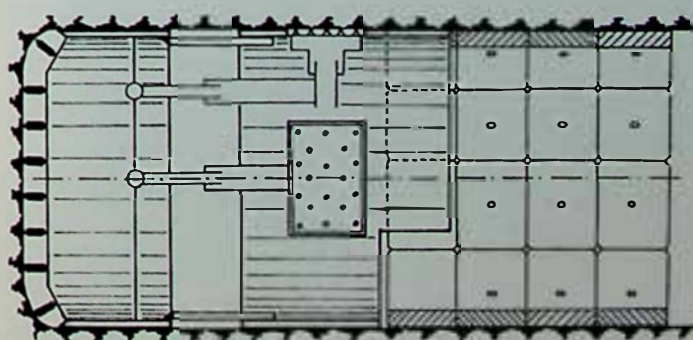
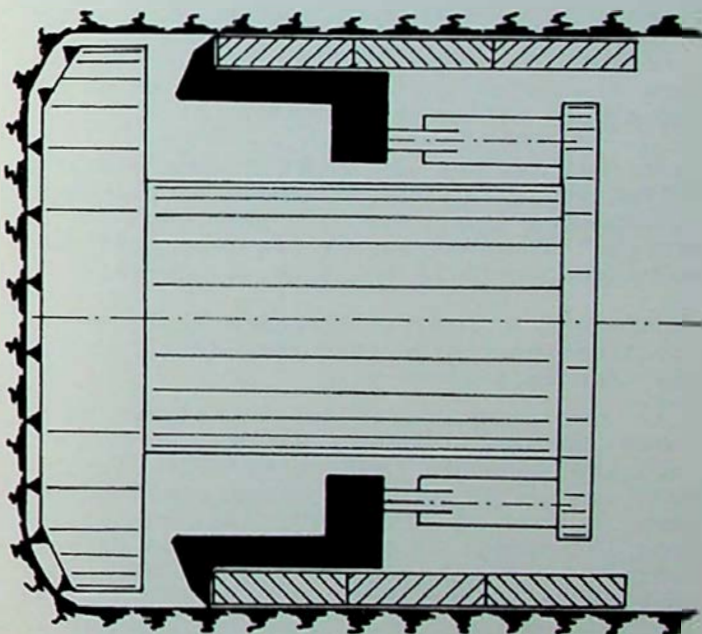




ondersteuning met panelen



DOORSNEDE A-A



Drukverdeling door tussencilinder

Ankerplaat

Fig. 9 : Différents systèmes de calage des tunneliers nécessaires pour reprendre les efforts de poussée à front. a) Système utilisé dans les charbonnages allemands : les patins disposés radialement viennent prendre appui contre le terrain entre deux cadres métalliques. b) Réactions tangentielles au moyen d'un grand nombre de vérins disposés tout autour de la face frontale des panneaux. c) Solution Lawrence avec ancrage de la machine contre les parois d'un trou foré en avant du tambour du tunnelier. d) Réactions tangentielles reprises par des saignées prévues dans les panneaux. e) Réactions tangentielles et radiales reprises aussi par des panneaux spéciaux (secteurs bétonnés). f) Réaction tangentielle par des patins venant prendre appui contre la face frontale des panneaux. g) Réactions radiales par des patins passant à travers des ouvertures prévues dans les tunneliers à bouclier



Robbins, Demag et Wirth, le soutènement se compose de cadres circulaires métalliques, soit rigides, soit coulissants (fig. 8). Certains tunneliers permettent la pose du dernier cadre à moins de 1,75 m du front. Pendant la pose du soutènement, la voûte est protégée par un bouclier court ou par une "casquette" fixée au tunnelier.

La pose d'un cadre rigide, y compris le placement du garnissage, prend entre 15 et 20 minutes, tandis que la pose d'un cadre coulissant dure de 20 à 30 minutes: cette pose est réalisée par 4 ou 5 hommes par poste, sans tenir compte du personnel affecté au transport de ces éléments. Cette pose se fait sans arrêter la coupe à front.

Comme tous les tunneliers s'ancrent radialement contre la paroi entre deux cadres, il faut que la distance entre ceux-ci soit supérieure à la largeur des plaques d'ancrage (soit  $\pm 75$  cm). En cas de mauvais terrain, une augmentation de la densité du soutènement ne peut se faire qu'en posant des cadres supplémentaires après le passage et le ripage des plaques d'ancrage arrière, ce qui demande un personnel supplémentaire.

Dans le cas de mauvais terrain, l'espace entre les cadres est très souvent recouvert de béton projeté, la roche peut être renforcée par des injections de ciment ou de résine, ou encore par une série de boulons. A la mine Lohberg, le soutènement est renforcé d'office par un grand nombre de boulons placés en partie à front et en partie à quelques mètres en arrière.

Dans le cas où on utilise des éléments préfabriqués en béton comme soutènement circulaire, se pose le problème de la reprise de la poussée exercée par les molettes contre le front de creusement.

La figure 9 montre quelques exemples de solutions possibles pour reprendre la poussée exercée à front :

- Le cas a est celui des tunneliers habituels Robbins, Demag, Wirth, Jarva, ... avec une poussée radiale exercée directement contre le terrain entre deux cadres. Dans le cas de ces machines, en service dans les mines, la poussée maximale exercée contre le front par le plateau de coupe armé de molettes peut atteindre 1.000 t; si cette poussée doit être reprise par la force d'ancrage radiale des patins, celle-ci doit atteindre 2.400 t. Si les patins s'appuient directement contre le terrain, aucun problème ne se pose, sauf en cas de terrains très tendres dans lesquels les patins peuvent s'enfoncer jusqu'en fin de course et bloquer ainsi la machine.

Si l'on pose des éléments préfabriqués en béton à une distance assez courte du front, ce soutènement ne pourrait pas reprendre des réactions radiales très grandes, dans les cas inévitables de vides locaux dus à un glissement de charbon ou de schistes tendres. Les tunneliers habituels avec forte poussée à front ne pourraient donc être utilisés si l'on recourt aux patins radiaux.

- La solution b avec patins tangentiels répartis sur tout le pourtour de l'anneau est possible dans le cas d'un soutènement en béton préfabriqué. La pose du soutènement sans arrêter la coupe à front est possible si l'on a un nombre suffisant

de vérins pour que l'un ou plusieurs de ceux-ci puissent être mis, à tour de rôle, hors circuit pendant la pose du panneau que l'on veut placer.

- Le cas c concerne le tunnelier Lawrence où la machine s'ancrait en avant du front grâce à un forage précédant le plateau de coupe.

- Dans les cas d et e, une partie de la charge serait reprise par les rebords du soutènement.

- Le cas f serait peut-être la solution la plus adéquate pour les futurs tunneliers à forte pression, dans le cas d'un revêtement en béton.

- La solution g avec bouclier a été retenue pour la machine en service à Cadley Hill.

Pour le tunnelier Bouygues (fig. 10), qui sera mis en service prochainement en Campine, on a choisi la solution a, mais en réduisant à 120 t la poussée maximale à exercer à front, ce qui limite à 300 t la poussée maximale à exercer radialement contre les panneaux. Le creusement à front s'effectue avec seulement 4 molettes tournant à grande vitesse, au lieu des 40 à 60 molettes équipant les tunneliers habituels. La charge radiale de 300 t est reprise par 10 vérins dont 4 à mi-hauteur et 6 dirigés vers le bas (fig. 11).

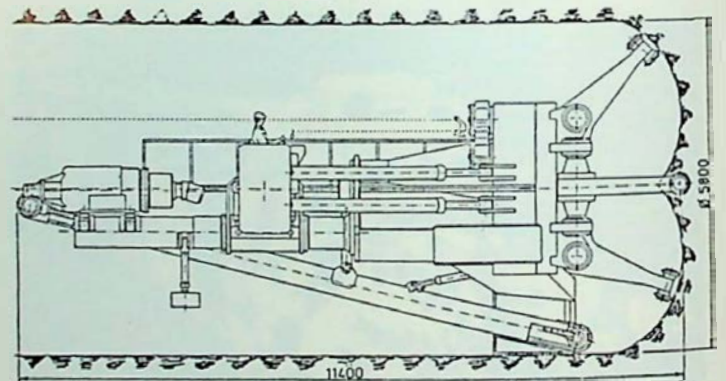


Fig. 10 Tunnelier Bouygues mis en service pour le creusement de tunnels de 3 m de diamètre à Oslo. La roche est découpée par 3 molettes fixées chacune à l'extrémité d'un bras. Le tunnelier qui sera mis en service dans une mine de Campine est muni de 4 bras équipés chacun d'une molette

Les patins inférieurs ont une longueur de 50 cm et une largeur de 50 cm, tandis que les patins supérieurs ont une longueur de 80 cm et une largeur de 50 cm. Comme on le voit sur la figure 11, le contact patin-soutènement s'effectue chaque fois par deux plats de 10 cm de longueur placés à chaque extrémité des patins.

En examinant cette figure 11, on constate que le risque d'avoir un vide entre le soutènement et le terrain est pratiquement négligeable à hauteur des 6 patins inférieurs; ce risque est, par contre, plus élevé à hauteur des plats du haut des 4 patins supérieurs.

Chacun des 5 panneaux de 30 cm d'épaisseur est mis en place par l'intermédiaire d'un



vérin radial monté sur un bras; pour la pose du dernier tableau en couronne, la tête mobile est avancée à front puis reculée pour amener ce panneau à sa place. Dans le cas de cette machine prototype, le creusement est arrêté pendant la pose du soutènement. Nous espérons que, pour des machines ultérieures, on puisse trouver une solution permettant de ne pas arrêter le creusement pendant la pose du soutènement.

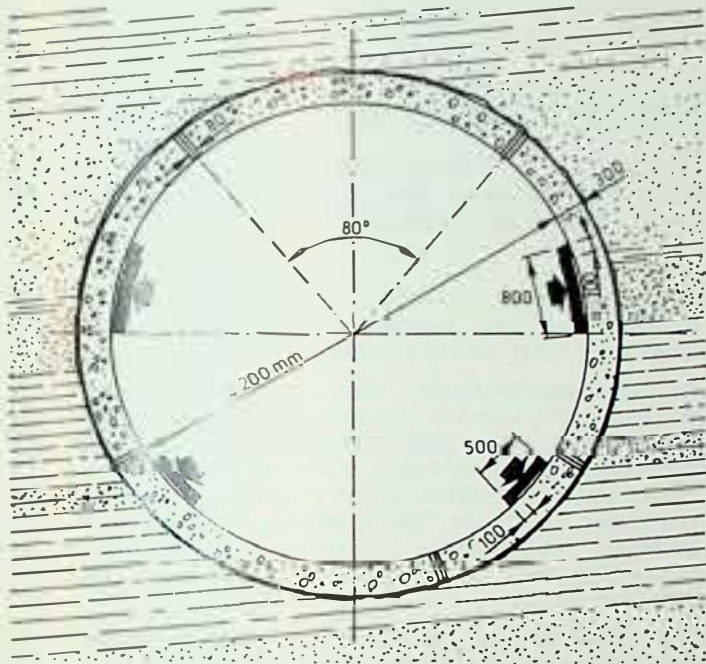


Fig. 11 : Disposition des 10 patins d'ancrage radial du tunnelier Bouygues; deux paires de patins de 800 mm de longueur prennent appui au-dessus du plan horizontal passant par l'axe du bouveau; trois paires de patins de 500 mm de longueur prennent appui sur la moitié inférieure. Les cinq paires prennent appui sur cinq anneaux différents

La figure 12 montre la solution adoptée par la mine britannique Cadley Hill où l'on utilise un bouclier en deux pièces avec des fentes longitudinales permettant d'appliquer la moitié supérieure du bouclier contre le terrain, en prenant appui sur la moitié inférieure, grâce à un jeu de vérins verticaux. La machine de coupe est fixée au bouclier par une série de vérins. Une partie importante de la poussée est aussi reprise par une série de vérins tangentiels venant prendre appui contre le soutènement.

Ce soutènement, formé de 7 ou de 21 panneaux en béton armé, est posé à la partie

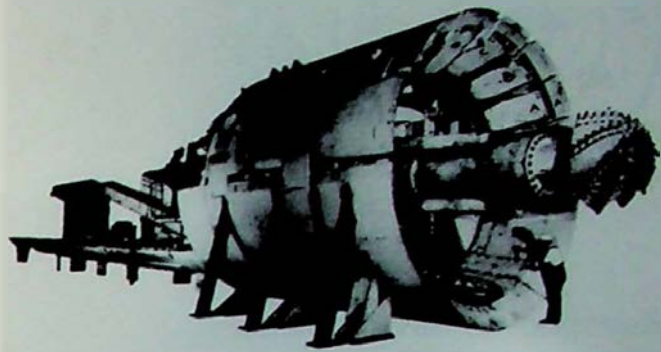


Fig. 12 : Machine pour le creusement mécanisé de galeries au rocher mise au point par le centre de recherches (MRDE) du NCB à Bretby; bouclier en deux pièces avec donc deux fentes longitudinales

arrière du bouclier à l'aide d'un cylindre tournant, sans arrêter le creusement à front.

Des avancements de 10 à 12 m/jour sont couramment réalisés dans ce chantier.

Signalons que, dans une galerie creusée par tunnelier, aux Etats-Unis, on place à front des cadres circulaires rigides, fortement entretoisés, puis quelques mètres plus loin, on coule systématiquement du béton entre les cadres. Des avancements de 100 m/semaine ont été réalisés par cette méthode.

Dans un autre procédé à l'essai aux Etats-Unis, on coule le béton à front derrière un coffrage glissant, les patins tangentiels du tunnelier viennent prendre appui contre un anneau métallique dont l'autre face s'appuie contre la face frontale du béton coulé.

## CONCLUSION

On peut dire que, dans le cas d'un creusement par tunnelier, la pose des cadres circulaires métalliques peut se faire, en règle générale, sans arrêter le creusement.

D'autre part, à cause de leur résistance plus élevée aux pressions de terrains, il est probable qu'avec l'approfondissement des travaux miniers, l'on recourra de plus en plus aux revêtements circulaires en éléments de béton préfabriqués. Pour étendre largement ce mode de soutènement aux creusements par tunnelier, il faut résoudre favorablement le problème de la reprise de la poussée à exercer à front et pouvoir poser ce revêtement sans arrêter le creusement.



## Nouveautés techniques

### HIGH SAFETY COMPACT MINING HAULAGE UNITS

UNITES COMPACTES DE TRANSPORT MINIER DE HAUTE SECURITE DE NEEDHAM BROS AND BROWN Ltd., BARNLEY, ENGLAND

Ces unités de transport sont à commande hydraulique et présentent certains avantages sur les unités électriques.

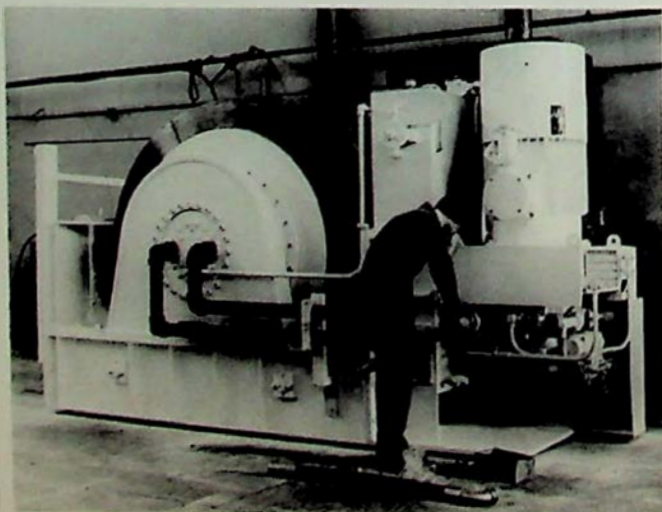
Les vitesses maximales du câble et les accélérations sont automatiquement limitées par les soupapes incorporées dans le système hydraulique fonctionnant en circuit fermé. De ce fait, tous les problèmes de câble pouvant affecter la sécurité sont évités : couple de traction élevé, arrachement du câble dû à un déraillement du véhicule.

Un simple levier commande la marche et la vitesse du tambour du treuil et des groupes de freinage doubles sont synchronisés, de manière à ne se déclencher que lorsque le couple est appliqué au tambour. Les freins sont libérés par pression hydraulique et sont automatiquement appliqués par un dispositif à ressort, lorsque le levier de commande est neutralisé, en cas d'arrêt d'urgence et en cas de défaillance du système hydraulique. La fiabilité de l'installation est assurée par des asservissements et contrôles électriques.

Dans le cas de transport de personnel, le dépassement de la longueur du trajet et la survitesse sont rendus impossibles. Des indications sont données en cas de manque d'huile, de réglage et d'usure des patins de freins.

Puissance disponible entre 15 et 20 kW; il existe des modèles classiques atteignant la puissance de 1.500 kW.

*Unité compacte de transport minier de 250 kW*



## Technisch nieuws

### HIGH SAFETY COMPACT MINING HAULAGE UNITS

COMPACTE MIJNVERVOEREENHEDEN MET HOGE VEILIGHEIDSGRAAD VAN NEEDHAM BROS AND BROWN Ltd., BARNLEY, ENGLAND

Deze vervoereenheden worden hydraulisch bestuurd, en bieden bepaalde voordelen tegenover de elektrische eenheden.

De maximumsnelheden van de kabel en de versnellingen worden automatisch beperkt door ventielen, die geïncorporeerd zijn in het hydraulisch systeem, dat in gesloten circuit werkt. Daardoor worden alle problemen vermeden die de veiligheid kunnen in het gedrang brengen : hoog tractiekoppel, afrukken van de kabel door ontsporing van het voertuig.

Een eenvoudige hefboom stuurt de gang en de snelheid van de trommel van de lier, en de dubbele remgroepen zijn zo gesynchroniseerd dat ze slechts aanslaan als de koppel op de trommel wordt toegepast. De remmen komen vrij door hydraulische druk en worden automatisch ingesteld door een veer-voorziening, als de controlehefboom geneutraliseerd is, in geval van dringende halte en bij uitvallen van het hydraulisch systeem. De betrouwbaarheid van de installatie wordt verzekerd door servomechanismen en elektrische controles.

In geval van personeelsvervoer worden de overschrijding van de trajectlengte en overdreven snelheid onmogelijk gemaakt. Er worden aanwijzingen gegeven bij oliegebrek, ontregeling en sleet van de remschoenen.

Beschikbaar vermogen tussen 15 en 20 kW; er bestaan klassieke modellen die een vermogen van 1.500 kW bereiken.

*Compacte mijnvervoereenheid van 250 kW*



Statistique des accidents  
survenus au cours de 1982  
dans les mines de houille et  
dans les autres établissements  
surveillés par l'Administration  
de Mines



Statistiek van de ongevallen  
in de kolenmijnen  
en in de andere inrichtingen  
onder het toezicht  
van de Administratie  
van het Mijnwezen in 1982

#### AVANT-PROPOS

La statistique des accidents survenus au cours de l'année 1982 dans les mines de houille et dans les autres établissements surveillés par l'Administration des Mines ne comporte pas d'innovation marquante par rapport à l'année précédente.

L'Administration sera toujours reconnaissante à toute personne qui lui suggérerait des améliorations à apporter au contenu de cette étude ou à sa présentation.

Le Directeur général des Mines,  
ir. J. MEDAETS.

#### TABLE DES MATIERES

1. MINES DE HOUILLE
  - 1.1. Introduction
    - 1.1.1. Fond
    - 1.1.2. Surface
  - 1.2. Taux de fréquence, de gravité, de risque au fond et à la surface
  - 1.3. Procès-verbaux d'accidents dressés par l'Administration des Mines
  - 1.4. Rétrospective des accidents mortels
  - 1.5. Répartition des accidents graves suivant le siège et la nature des lésions
2. MINIERES ET CARRIERES SOUTERRAINES
3. MINIERES ET CARRIERES A CIEL OUVERT
4. USINES - INDUSTRIE SIDERURGIQUE
5. FABRIQUES D'EXPLOSIFS

#### WOORD VOORAF

De statistiek van de ongevallen in de kolenmijnen en in de andere inrichtingen waarop de Administratie van het Mijnwezen toezicht uitoefent heeft in 1982 geen opvallende veranderingen ondergaan tegenover 1981.

De Administratie dankt de lezers die verbeteringen aan de vorm of de inhoud van deze studie mochten voorstellen.

De Directeur-generaal der Mijnen,  
ir. J. MEDAETS.

#### INHOUD

1. KOLENMIJNEN
  - 1.1. Inleiding
    - 1.1.1. Ondergrond
    - 1.1.2. Bovengrond
  - 1.2. Veelvuldigheidsvoet, ernst- en risicovoet in de ondergrond en op de bovengrond
  - 1.3. Processen-verbaal van de ongevallen door de Administratie van het Mijnwezen opgesteld
  - 1.4. De dodelijke ongevallen tijdens de jongste jaren
  - 1.5. Indeling van de zware ongevallen naar de plaats en de aard van het letsel
2. ONDERGRONDSE GROEVEN EN GRAVERIJEN
3. GROEVEN EN GRAVERIJEN IN DE OPEN LUCHT
4. FABRIEKEN - STAALNIJVERHEID
5. SPRINGSTOFFABRIEKEN



## 1.1. Introduction

La statistique des accidents du travail survenus dans les mines de houille en 1982 répartit les accidents, d'une part, suivant leur cause matérielle en 12 rubriques principales et 50 sous-rubriques pour les accidents du fond, 10 rubriques principales pour les accidents de surface et, d'autre part, suivant l'importance de l'incapacité de travail qui comporte 4 classes de gravité : "1 à 3 jours", "4 à 20 jours", "21 à 56 jours" et "56 jours et plus".

Le décès survenu dans un délai de 56 jours à dater de l'accident est rangé dans les accidents mortels sous la rubrique "tués".

Le tableau 1 reprend les accidents du fond qui ont entraîné au cours de l'année 1982, dans chaque région minière et dans le Royaume, une incapacité de travail durant 1 jour au moins, le jour de l'accident non compris.

Le tableau 1bis reprend les accidents survenus à la surface et sur le chemin du travail, ainsi que le calcul des proportions de tués.

A noter que tous les accidents des fabriques d'agglomérés et des autres établissements connexes des houillères sont compris dans les relevés des accidents de surface des charbonnages.

Aussi les taux de fréquence et de gravité des accidents du fond, de la surface et de l'ensemble fond et surface sont-ils calculés par rapport aux prestations de tout le personnel intéressé de l'entreprise, y compris celui des industries connexes.

C'est la raison pour laquelle les nombres de postes prestés au fond et surtout à la surface, tels qu'ils sont indiqués au bas du tableau 1bis, peuvent différer sensiblement des nombres de postes correspondants d'autres statistiques, lesquels ne concernent que les travaux d'exploitation de la houillère proprement dite.

## 1.1.1. Fond

En 1982, le nombre total des victimes d'accidents du fond s'est élevé à 10 753 unités, dont 1 092 dans le Sud et 9 661 dans le Nord.

Les accidents causés par les éboulements et chutes de pierres et de blocs de houille, restent de loin les plus nombreux et se décomposent comme suit :

- en taille :	
au cours de l'abattage et des travaux qui y font suite...	2 088
au cours des travaux de contrôle du toit .....	150

## 1.1. Inleiding

In de statistiek van de arbeidsongevallen die zich in 1982 in de steenkolenmijnen hebben voorgedaan, worden die ongevallen ingedeeld, eensdeels naar hun materiële oorzaken, in 12 hoofdrubrieken en 50 rubrieken voor de ondergrondse ongevallen en in 10 hoofdrubrieken voor de bovengrondse ongevallen en anderdeels naar de duur van de arbeidsongeschiktheid, die 4 klassen omvat: "1 tot 3 dagen", "4 tot 20 dagen", "21 tot 56 dagen" en "56 dagen en meer".

Het overlijden binnen 56 dagen na het ongeval wordt, onder de rubriek "doden", tot de dodelijke ongevallen gerekend.

In tabel 1 worden de ondergrondse ongevallen aangegeven die in de loop van het jaar 1982 in elke mijnstreek en voor het hele Rijk een arbeidsongeschiktheid van ten minste 1 dag tot gevolg hebben gehad, de dag van het ongeval niet inbegrepen.

In tabel 1bis worden de bovengrondse ongevallen en de ongevallen op de weg naar en van het werk aangegeven, alsmede het aantal doden per miljoen diensten of per miljoen ton.

Alle ongevallen in brikettenfabrieken en andere nevenbedrijven van kolenmijnen zijn begrepen in de cijfers van de ongevallen op de bovengrond.

De veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet van de ongevallen in de ondergrond, op de bovengrond en voor boven- en ondergrond samen, worden dan ook berekend op de prestaties van al het betrokken personeel van de onderneming, dat van de nevenbedrijven inbegrepen.

Daarom kan het aantal in de ondergrond en vooral op de bovengrond verrichte diensten dat in tabel 1bis vermeld is merkkelijk verschillen van de cijfers die in andere statistieken aangeduid zijn welke alleen op de ontginning van de eigenlijke mijn betrekking hebben.

## 1.1.1. Ondergrond

In 1982 waren er in totaal 10 753 slachtoffers van ongevallen in de ondergrond, 1 092 in het Zuiden en 9 661 in het Noorden.

De ongevallen door instortingen en door het vallen van stenen en blokken kool veroorzaakt, zijn nog steeds het talrijkst en worden als volgt verdeeld :

- in pijlers :	
tijdens de winning en het vervolg van de winning .....	2 088
tijdens verrichtingen voor de dakcontrole .....	150



- dans les galeries en veine de toute nature .....	992
- dans les galeries au rocher	606
- dans les puits et burquins	59
Soit au total	3 895

- in om het even welke gangen in de kolen .....	992
- in de gangen in het gesteente	606
- in schachten en blinde schachten	59
Samen :	3 895

La proportion d'accidents de cette nature par rapport à l'ensemble des accidents du fond s'établit ainsi à 36,2 %. Cette proportion atteignait près de 50 % en 1956. Le pourcentage est le même dans le Nord que dans le Sud.

Deze ongevallen vormen samen 36,2 % van het totaal aantal ondergrondse ongevallen. In 1956 was dat bijna 50 %. Het percentage is ongeveer hetzelfde voor het Noorden en het Zuiden.

Les manipulations diverses et chutes d'objets sont aussi importantes parmi les causes d'accidents avec 2 500 victimes en 1982.

Diverse manipulaties en het vallen van voorwerpen nemen ook een belangrijke plaats in wat de oorzaken van de ongevallen betreft, met 2 500 slachtoffers in 1982.

Les accidents occasionnés par le fonctionnement de machines d'abattage, chargeuses, remblayeuses et autres machines, ainsi que l'emploi d'outils et la manipulation d'éléments de soutènement ont enregistré en 1982 1 827 cas (17,0 % du total des accidents du fond).

De ongevallen veroorzaakt door winmachines, laadmachines, vulmachines en andere machines, evenals door het gebruik van gereedschap en de manipulatie van ondersteuningsmiddelen, hebben in 1982 1 827 slachtoffers gemaakt (17,0 % van het totaal aantal ongevallen in de ondergrond).

Les accidents provoqués par la circulation du personnel (chutes, heurts, foulures, etc.) ont fait 1 315 victimes.

De ongevallen veroorzaakt door het circuleren van het personeel (vallen, zich stoten, verstuikingen, enz.), hebben 1 315 slachtoffers gemaakt.

Les transports ont enregistré 676 victimes, soit 6,3 % de l'ensemble des accidents du fond.

Het vervoer heeft 676 slachtoffers gemaakt, d.i. 6,3 % van het totaal aantal ongevallen in de ondergrond.

Le nombre d'accidents dus aux explosifs et à l'électricité a été de 5 au total.

Springstoffen en elektriciteit hebben in totaal 5 ongevallen veroorzaakt.

On relève enfin sous la rubrique "autres causes" 535 accidents, dont 44 imputables à l'air comprimé et 77 survenus à la surface à des ouvriers du fond, en dehors du poste de travail proprement dit.

In de rubriek "andere oorzaken" komen 535 ongevallen voor; 44 daarvan zijn te wijten aan het gebruik van perslucht en 77 zijn op de bovengrond overkomen aan ondergrondse arbeiders, buiten de eigenlijke arbeidsdienst.

### 1.1.2. Surface

### 1.1.2. Bovengrond

A la surface, le nombre d'accidents est de 453 pour le Royaume en 1982, dont 378 dans le Nord et 75 dans le Sud.

Op de bovengrond zijn er in 1982 in heel het Rijk 453 ongevallen gebeurd. In het Noorden was dat 378 en in het Zuiden 75.

### 1.1.3. Chemin du travail

### 1.1.3. Op de weg naar of van het werk

En 1982, il y a eu 76 accidents sur le chemin du travail.

In 1982 hebben zich 76 ongevallen voorgedaan op de weg naar of van het werk.



TABLEAU 1. Accidents survenus dans les mines de houille en 1982

CATEGORIES D'ACCIDENTS		N°
Accidents du fond		
I. Eboulements, chutes de pierres et de blocs de houille	En taille, abattage et suite à l'abattage .....	010
	En taille, contrôle du toit (foudroyage, remblayage, etc) .....	011
	Dans les galeries en veine de toute nature (y compris les préparatoires) :	
	à front .....	012
	à l'arrière .....	013
	Dans les galeries en roches : à front .....	014
	à l'arrière .....	015
	Dans les puits et burquins .....	016
	Total I .....	01 +
II. Transports (à l'exclusion des accidents dus à l'électricité)	Continus en tailles et en galeries : par	
	gravité .....	020
	courroies .....	021
	convoyeurs métalliques à raclettes .....	022
	autres convoyeurs métalliques .....	023
	En galeries horizontales par wagonnets et hiercheurs .....	024
	locomotives .....	025
	treuils et câbles ou chaînes, pousseurs .....	026
	En galeries inclinées par wagonnets et poulies ou treuil et câbles ou chaînes .....	027
	En tous travaux autres que les puits par tous autres moyens .....	028
	Dans les puits et burquins .....	029
	Total II .....	02 +
III. Chutes de la victime (chutes, faux pas, trébuchements, glissades, heurts ou accrochage à des parties saillantes, déchirures, foulures, luxations, etc.)	a) A l'occasion de la circulation :	
	Dans les tailles et montages en plateau .....	030
	Dans les tailles et montages en dressant .....	031
	Dans les galeries horizontales ou faiblement inclinées .....	032
	Dans les cheminées et les galeries inclinées .....	033
	Dans les puits et burquins .....	034
	b) Au cours d'autres opérations :	
	Dans les tailles et montages en plateau .....	035
	Dans les tailles et montages en dressant .....	036
	Dans les galeries horizontales ou faiblement inclinées .....	037
	Dans les cheminées et les galeries inclinées .....	038
	Dans les puits et burquins .....	039
	Total III .....	03 +
IV. Machines, outils et soutènement	Machines	
	Machines d'abattage .....	040
	Chargeuses .....	041
	Remblayeuses .....	042
	Autres machines et mécanismes .....	043
	Outils	
	Outils ordinaires .....	044
	Outils pneumatiques ou électriques à main .....	045
	Soutènement	
	Manipulation pour la mise en oeuvre des bois de soutènement .....	046
	Manipulation pour la mise en oeuvre d'étauçons, cadres .....	047
	Manipulation pour la mise en oeuvre de claveaux et de panneaux .....	048
	Autres manipulations d'éléments de soutènement .....	049
	Total IV .....	04 +
V. Chutes d'objets	Manipulation de rails, tuyaux et autres éléments métalliques .....	050
	Manipulation d'autres matériaux .....	051
	Dérives d'objets dans les déclivités naturelles .....	052
	Chutes d'objets dans les puits et burquins .....	053
	Chutes de machines .....	054
	Chutes d'outils .....	055
	Chutes de soutènement .....	056
	Autres chutes d'objets divers .....	057
	Total V .....	05 +
VI. Explosifs (non compris les coups de grisou ou de poussières provoqués par)		06 +
VII. Inflammations et explosions de grisou et/ou de poussières de charbon		07 +
VIII. Dégagements instantanés, anoxies, asphyxies et intoxications par gaz naturels	a) Dégagements instantanés .....	08a
	b) Anoxies, asphyxies et intoxications par gaz naturels .....	08b
	Total VIII .....	08 +
IX. Feux de mine et incendies		09 +
X. Coups d'eau		010 +
XI. Courant électrique		011 +
XII. Autres causes	air comprimé .....	120
	survenus à la surface à des ouvriers du fond .....	121
	autres causes .....	122
	Total XII .....	012 +
	Total généraux pour le fond .....	Total



## Sud - Zuiden

N°	Victimes Slachtoffers	Incapacités temporaires Tijdelijke ongeschiktheid				Blessés avec incapacités permanentes Gekwetsten met blijvende ongeschiktheid		Tués Dodan
		1 à 3 jours 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours 21 tot 56 dagen	Plus de 56 jours Meer dan 56 dagen	< 25 %	≥ 25 %	
		010	315	60	238	11	5	
011	-	-	-	-	-	-	-	-
012	83	11	67	4	1	-	-	-
013	13	3	9	1	-	-	-	-
014	8	-	7	1	-	-	-	-
015	20	5	15	-	-	-	-	-
016	-	-	-	-	-	-	-	-
01 +	439	79	336	17	6	5	1	1
020	-	-	-	-	-	-	-	-
021	-	-	-	-	-	-	-	-
022	2	1	1	-	-	-	-	-
023	-	-	-	-	-	-	-	-
024	-	-	-	-	-	-	-	-
025	5	-	3	2	-	-	-	-
026	7	2	4	1	-	-	-	-
027	-	-	-	-	-	-	-	-
028	3	1	2	-	-	-	-	-
029	1	-	1	-	-	-	-	-
02 +	18	4	11	3	-	-	-	-
030	92	18	69	5	-	1	-	-
031	14	7	7	-	-	-	-	-
032	35	7	25	2	1	1	-	-
033	4	-	4	-	-	-	-	-
034	1	-	1	-	-	-	-	-
035	17	4	11	2	-	1	-	-
036	1	1	-	-	-	-	-	-
037	9	3	6	-	-	-	-	-
038	1	-	1	-	-	-	-	-
039	-	-	-	-	-	-	-	-
03 +	174	40	124	9	1	3	-	-
040	1	-	1	-	-	-	-	-
041	1	-	1	-	-	-	-	-
042	-	-	-	-	-	-	-	-
043	2	1	1	-	-	-	-	-
044	11	2	9	-	-	-	-	-
045	-	-	-	-	-	-	-	-
046	8	-	7	-	1	-	-	-
047	11	1	9	1	-	-	-	-
048	-	-	-	-	-	-	-	-
049	31	9	20	2	-	-	-	-
04 +	65	13	48	3	1	-	-	-
050	126	30	90	5	1	2	-	-
051	56	12	44	-	-	-	-	-
052	-	-	-	-	-	-	-	-
053	-	-	-	-	-	-	-	-
054	-	-	-	-	-	-	-	-
055	3	1	2	-	-	-	-	-
056	139	22	98	17	2	3	-	-
057	15	2	13	-	-	-	-	-
05 +	339	67	247	22	3	5	-	-
06 +	-	-	-	-	-	-	-	-
07 +	-	-	-	-	-	-	-	-
08a	-	-	-	-	-	-	-	-
08b	-	-	-	-	-	-	-	-
08 +	-	-	-	-	-	-	-	-
09 +	-	-	-	-	-	-	-	-
010 +	-	-	-	-	-	-	-	-
011 +	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
121	4	3	1	-	-	-	-	-
122	53	31	22	-	-	-	-	-
012 +	57	34	23	-	-	-	-	-
Total Totaal	1 092	237	789	54	11	13	1	1



TABEL 1. In 1982 in de kolenmijnen gebeurde ongevallen

Nr.	KATEGORIEËN VAN ONGEVALLEN	
	Ongevallen in de ondergrond	
010	I. Instortingen, vallen van stenen en blokken kool	In pijlers, bij de winning en het vervolg van de winning
011		In pijlers, bij de dakcontrole (dakbreuk, opvulling, enz.)
012		In om het even welke mijngangen in de kolen (voorbereid. inbegr.) :
013		aan het front
014		achter het front
015		In steengangen : aan het front
016	achter het front	
016	In schachten en blinde schachten	
01 +	Totaal I	
	II. Vervoer (met uitsluiting van de ongevallen veroorzaakt door elektriciteit)	Bestendig vervoer in pijlers en mijngangen door middel van :
020		• de zwaartekracht
021		• bandtransporteurs
022		• pantsersporteurs
023		• andere metalen transporteurs
024		In vlakke mijngangen door middel van wagens, slijpers
025		• locomotieven
026		• lieren met kabels of kettingen, stootinstallaties
027		In hellende mijngangen door middel van wagens, katrollen of lieren met kabels of kettingen
028		In alle werken buiten de schachten, met alle andere middelen
029		In schachten en blinde schachten
02 +		Totaal II
	III. Vallen van het slachtoffer (vallen, struikelen, uitglijden, stoten tegen uitstekende delen of er blijven aan haken, scheurwonden, verstuijing of ontvricting, enz.)	a) Bij het doorlopen :
030		• In pijlers en ophouwen in vlakke lagen
031		• In pijlers en ophouwen in steile lagen
032		• In vlakke of licht hellende mijngangen
033		• In kokers en hellende mijngangen
034		• In schachten en blinde schachten
		b) Tijdens andere verrichtingen :
035		• In pijlers en ophouwen in vlakke lagen
036		• In pijlers en ophouwen in steile lagen
037		• In vlakke of licht hellende mijngangen
038		• In kokers en hellende mijngangen
039		• In schachten en blinde schachten
03 +		Totaal III
040	IV. Machines, gereedschap en ondersteuning	Machines
041		Winmachines
042		Laadmachines
043		Vulmachines
044		Anderen machines en tuigen
045		Gereedschap
046		Gewoon gereedschap
047		Ondersteuning
048		Door perslucht of elektr. gedreven handgereedschap
049		Manipulatie voor het gebruik van houten ondersteuningsmiddelen
04 +		Manipulatie voor het gebruik van stijlen, ramen
050		Manipulatie voor het gebruik van betonblokken en panelen
051		Anderen manipulaties van ondersteuningsmiddelen
052		Totaal IV
053	V. Vallen van voorwerpen	Manipulatie van spoorstaven, buizen en andere metalen stukken
054		Manipulatie van andere materialen
055		Wegschieten van voorwerpen in natuurlijke hellingen
056		Vallen van voorwerpen in schachten en blinde schachten
057		Vallen van machines
05 +		Vallen van gereedschap
06 +		Vallen van ondersteuningsmiddelen
07 +		Vallen van allerlei andere voorwerpen
08a		Totaal V
08b	VI. Springstoffen (ontploffingen van mijngas en kolenstof veroorzaakt door springstoffen niet inbegrepen)	
08 +	VII. Ontvlaming en ontploffing van mijngas en/of kolenstof	
09 +	VIII. Gasdoorbraken : zuurstoftekort, verstikking en vergiftiging door natuurlijke gassen	a) Gasdoorbraken
10 +		b) Zuurstoftekort, verstikking en vergiftiging door natuurlijke gassen
11 +		Totaal VIII
120	IX. Mijnuur en branden	
121	X. Waterdoorbraken	
122	XI. Elektrische stroom	
12 +	XII. Andere oorzaken	• perslucht
		• op de bovengrond aan de ondergrondse arbeid. overkomen
		• andere oorzaken
		Totaal XII
Totaal		Algemeen totaal van de ondergrond



Nord - Noorden

N°	Victimes Slachtoffers	Incapacités temporaires Tijdelijke ongeschiktheid				Blessés avec incapacités permanentes Gekwetsten met blijvende ongeschiktheid		Tués Doden
		1 à 3 jours 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours 21 tot 56 dagen	Plus de 56 jours Meer dan 56 dagen	< 25 %	> 25 %	
		010	1 773	549	1 077	124	20	
011	150	20	113	14	3	2	-	-
012	909	227	613	57	11	20	-	1
013	188	71	99	16	2	1	-	-
014	262	36	205	19	2	3	-	-
015	115	45	65	5	-	-	-	-
016	59	15	40	4	-	-	-	-
01 +	3 456	963	2 212	239	38	58	-	4
020	-	-	-	-	-	-	-	-
021	103	26	64	11	1	-	-	1
022	25	7	14	3	-	-	-	1
023	42	8	21	9	4	2	-	-
024	63	4	33	16	10	11	-	-
025	151	33	85	19	14	12	-	-
026	94	20	44	18	12	8	-	-
027	27	2	22	1	2	1	-	-
028	140	20	93	20	7	10	1	-
029	13	5	7	1	-	1	-	-
02 +	558	125	383	98	50	45	1	2
030	44	13	29	2	-	1	-	-
031	-	-	-	-	-	-	-	-
032	171	36	115	15	5	3	-	-
033	16	2	12	2	-	-	-	-
034	18	8	5	2	3	1	-	-
035	178	60	99	16	3	1	-	-
036	5	-	5	-	-	-	-	-
037	641	181	405	42	13	12	-	-
038	11	1	9	-	1	-	-	-
039	57	18	37	1	1	1	-	-
03 +	1 141	319	716	80	26	19	-	-
040	26	9	11	6	-	1	-	-
041	7	1	2	4	-	1	-	-
042	17	3	11	3	-	1	-	-
043	118	27	68	15	7	9	-	1
044	401	139	246	15	1	1	-	-
045	153	58	84	9	2	-	-	-
046	104	10	77	15	2	4	-	-
047	503	105	306	70	22	26	-	-
048	30	8	20	2	-	-	-	-
049	403	107	260	31	5	12	-	-
04 +	1 762	467	1 085	170	39	55	-	1
050	608	91	445	62	10	18	-	-
051	405	164	222	16	3	6	-	-
052	1	-	1	-	-	-	-	-
053	8	3	4	-	1	1	-	-
054	26	12	11	3	-	-	-	-
055	42	8	32	2	-	-	-	-
056	663	203	389	60	11	21	-	-
057	408	116	252	34	6	10	1	-
05 +	2 161	597	1 356	177	31	56	1	-
06 +	1	-	-	-	1	1	-	-
07 +	-	-	-	-	-	-	-	-
08a	-	-	-	-	-	-	-	-
08b	-	-	-	-	-	-	-	-
08 +	-	-	-	-	-	-	-	-
09 +	-	-	-	-	-	-	-	-
010 +	-	-	-	-	-	-	-	-
011 +	4	1	3	-	-	-	-	-
120	44	20	24	-	-	-	-	-
121	73	21	47	5	-	-	-	-
122	361	157	185	15	4	5	-	-
012 +	478	198	256	20	4	5	-	-
Total	9 661	2 670	6 011	784	189	239	2	7
Totaal								



Le Royaume - het Rijk

N°	Victimes Slachtoffers	Incapacités temporaires Tijdelijke ongeschiktheid				Blessés avec incapacités permanentes Gekwetsten met blijvende ongeschiktheid		Tués Dodens
		1 à 3 jours 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours 21 tot 56 dagen	Plus de 56 jours meer dan 56 dagen	< 25 %	≥ 25 %	Doden
		010	2 588	609	1 315	154	25	37
011	150	20	113	14	3	2	-	-
012	992	238	680	51	12	20	-	1
013	201	74	108	17	2	1	-	-
014	270	36	212	20	2	3	-	-
015	135	50	80	5	-	-	-	-
016	59	15	40	4	-	-	-	-
01 *	3 895	1 042	2 548	256	44	63	1	5
020	-	-	-	-	-	-	-	-
021	103	24	64	11	1	-	-	1
022	37	8	15	3	-	-	-	1
023	42	8	21	9	4	2	-	-
024	83	1	15	18	10	11	-	-
025	156	33	88	21	14	12	-	-
026	101	22	48	19	12	8	-	-
027	27	2	22	1	2	1	-	-
028	143	21	95	20	7	10	-	-
029	14	5	6	1	-	1	-	-
02 *	676	129	304	101	50	45	1	2
030	136	31	98	7	-	2	-	-
031	14	1	7	-	-	-	-	-
032	206	43	140	17	6	4	-	-
033	20	2	16	2	-	-	-	-
034	19	8	6	2	3	1	-	-
035	195	54	110	18	3	2	-	-
036	6	1	5	-	-	-	-	-
037	650	164	411	42	13	12	-	-
038	12	1	10	-	1	-	-	-
039	57	18	37	1	1	1	-	-
03 *	1 315	359	840	89	27	22	-	-
040	27	9	12	6	-	1	-	-
041	6	1	3	4	-	1	-	-
042	17	3	11	3	-	1	-	-
043	120	28	69	15	7	9	-	1
044	412	141	255	15	1	1	-	-
045	153	58	84	9	2	-	-	-
046	112	10	84	15	3	4	-	-
047	514	106	315	71	22	26	-	-
048	30	8	20	2	-	-	-	-
049	434	116	280	33	5	12	-	-
04 *	1 827	480	1 133	173	40	55	-	1
050	734	121	535	67	11	20	-	-
051	461	176	266	16	3	6	-	-
052	1	-	1	-	-	-	-	-
053	8	3	4	-	1	1	-	-
054	26	12	11	3	-	-	-	-
055	45	9	34	2	-	-	-	-
056	802	225	487	77	13	24	-	-
057	423	118	265	34	6	10	1	-
05 *	2 500	664	1 603	199	34	61	1	-
06 *	1	-	-	-	1	1	-	-
07 *	-	-	-	-	-	-	-	-
08a	-	-	-	-	-	-	-	-
08b	-	-	-	-	-	-	-	-
08 *	-	-	-	-	-	-	-	-
09 *	-	-	-	-	-	-	-	-
010 *	-	-	-	-	-	-	-	-
011 *	4	1	3	-	-	-	-	-
120	44	20	24	-	-	-	-	-
121	77	24	48	5	-	-	-	-
122	414	188	207	15	4	5	-	-
012 *	535	232	279	20	4	5	-	-
Total totaal	10 753	2 907	6 800	838	200	252	3	8

CATEGORIES D'ACCIDENTS	Sud - Zuiden								KATEGORIEEN VAN ONGEVALLEN
	Victimes - Slachtoffers	Incapacités temporaires Tijdelijke ongeschiktheid				Blessés avec incap. permanente Gekwetsten met blijv. ongeschikt.		Tués - Dooden	
		1 à 3 jours 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours 21 tot 56 dagen	Plus de 56 jours Meer dan 56 dagen	≤ 25 %	> 25 %		
<b>Accidents de la surface</b>									<b>Ongevallen op de bovengrond</b>
1. Eboulements, chutes de pierres ou de blocs de houille ...	-	-	-	-	-	-	-	-	1. Instortingen, vallen van stenen en blokken kool
2. Transport .....	3	-	2	-	1	1	-	-	2. Vervoer
3. Chutes de la victime .....	35	4	27	4	-	1	-	-	3. Vallen van het slachtoffer
4. Maniement ou emploi d'outils, machines et mécanismes ....	7	2	4	1	-	-	-	-	4. Hanteren of gebruiken van gereedschap, machines en tuigen
5. Chutes d'objets et manipulation .....	11	3	5	3	-	-	-	-	5. Vallen en manipulatie van voorwerpen
6. Explosifs .....	-	-	-	-	-	-	-	-	6. Springstoffen
7. Inflammations, explosifs .....	1	1	-	-	-	-	-	-	7. Ontvlamingen, ontploffingen
8. Incendies et feux .....	-	-	-	-	-	-	-	-	8. Vuur en brand
9. Courant électrique .....	-	-	-	-	-	-	-	-	9. Elektrische stroom
10. Divers .....	18	5	11	1	1	1	-	-	10. Allerhande
<b>Total surface .....</b>	<b>75</b>	<b>15</b>	<b>49</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>Totaal bovengrond</b>
<b>Total général fond et surface</b>	<b>1167</b>	<b>252</b>	<b>838</b>	<b>63</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Algemeen totaal ondergrond en bovengrond</b>
<b>Accidents sur le chemin du travail</b> " Accidents de trajet" .....	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>Ongevallen op de weg naar en van het werk</b> "Trajectongevallen"
<b>Calcul des proportions de tués</b>	<b>Sud - Zuiden</b>								<b>Berekening van de verhouding van het aantal doden</b>
<b>Nombre de postes effectués convertis en postes de 8 heures</b>									<b>Aantal verrichte diensten omgezet in diensten van 8 uren</b>
Fond .....									Ondergrond
Surface .....									Bovengrond
Fond et surface .....									Ondergrond en bovengrond
<b>Proportion de tués par million d'hommes-postes</b>									<b>Verhouding van het aantal doden per miljoen man-diensten</b>
Fond .....									Ondergrond
Surface .....									Bovengrond
Fond et surface .....									Ondergrond en bovengrond
<b>Nombre de tonnes nettes extraites</b>									<b>Aantal netto gewonnen ton</b>
<b>Proportion de tués par million de tonnes nettes extraites :</b>									<b>Verhouding van het aantal doden per miljoen nettogewonnen ton</b>
Fond .....									Ondergrond
Surface .....									Bovengrond
Fond et surface .....									Ondergrond en bovengrond
<b>Nombre de victimes par million de postes prestés</b>									<b>Aantal slachtoffers per miljoen verstrekte diensten</b>
Fond .....									Ondergrond

TABLEAU 1bis. Accidents survenus de houille en 1982

dans les mines

TABEL 1bis. In 1982 in de ongevallen

kolomijnen gebede



CATEGORIES D'ACCIDENTS	Nord - Noorden								KATEGORIEEN VAN ONGEVALLEN
	Victimes - Slachtoffers	Incapacités temporaires Tijdelijke ongeschiktheid				Blessés avec incap. permanentes Gekwetsten met blijv. ongeschikt.		Tués - Doden	
		1 à 3 jours 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours 21 tot 56 dagen	Plus de 56 jours Meer dan 56 dagen	≤ 25 %	> 25 %		
Accidents de la surface									Ongevallen op de bovengrond
1. Eboulements, chutes de pierres ou de blocs de houille ...	1	-	1	-	-	-	-	-	1. Instortingen, vallen van stenen en blokken kool
2. Transport .....	29	4	16	7	2	2	-	-	2. Vervoer
3. Chutes de la victime .....	81	22	50	9	-	1	-	-	3. Vallen van het slachtoffer
4. Maniement ou emploi d'outils, machines et mécanismes ....	78	22	44	10	3	3	-	1	4. Hanteren of gebruiken van gereedschap, machines en tuigen
5. Chutes d'objets et manipulation .....	102	20	61	17	4	6	-	-	5. Vallen en manipulatie van voorwerpen
6. Explosifs .....	-	-	-	-	-	-	-	-	6. Springstoffen
7. Inflammations, explosions .....	-	-	-	-	-	-	-	-	7. Ontvlamingen, ontploffingen
8. Incendies et feux .....	4	-	4	-	-	-	-	-	8. Vuur en brand
9. Courant électrique .....	1	1	-	-	-	-	-	-	9. Elektrische stroom
10. Divers .....	82	32	43	5	2	2	-	-	10. Allerhande
Total surface .....	378	101	217	48	11	14	-	1	Totaal bovengrond
Total général fond et surface .....	10 039	2 771	6 228	832	200	253	2	8	Algemeen totaal ondergrond en bovengrond
Accidents sur le chemin du travail "Accidents de trajet" .....	71	12	37	17	5	6	-	-	Ongevallen op de weg naar en van het werk "Trajectongevallen"
Calcul des proportions de tués	Nord - Noorden								Berekening van de verhouding van het aantal doden
Nombre de postes effectués convertis en postes de 8 heures									Aantal verrichte diensten omgezet in diensten van 8 uren
Fond .....	2 912 891								Ondergrond
Surface .....	821 031								Bovengrond
Fond et surface .....	3 733 922								Ondergrond en bovengrond
Proportion de tués par million d'hommes-postes									Verhouding van het aantal doden per miljoen man-diensten
Fond .....	2,41								Ondergrond
Surface .....	1,22								Bovengrond
Fond et surface .....	2,14								Ondergrond en bovengrond
Nombre de tonnes nettes extraites .....	6 276 874								Aantal netto gewonnen ton
Proportion de tués par million de tonnes nettes extraites :									Verhouding van het aantal doden per miljoen nettogewonnen ton
Fond .....	1,12								Ondergrond
Surface .....	0,16								Bovengrond
Fond et surface .....	1,28								Ondergrond en bovengrond
Nombre de victimes par million de postes prestés									Aantal slachtoffers per miljoen verstrekte diensten
Fond .....	3 317								Ondergrond

CATEGORIES D'ACCIDENTS	Royaume - Het Rijk							KATEGORIEËN VAN ONGEVALLEN	
	Victimes - Slachtoffers	Incapacités temporaires Tijdelijke ongeschiktheid				Blessés avec incap. permanentes Gekwetsten met blijv. ongeschikt			Tués - Doden
		1 à 3 jours 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours 21 tot 56 dagen	Plus de 56 jours Meer dan 56 dagen	≤ 25 %	> 25 %		
<b>Accidents de la surface</b>								<b>Ongevallen op de bovengrond</b>	
1. Eboulements, chutes de pierres ou de blocs de houille ...	1	-	1	-	-	-	-	1. Instortingen, vallen van stenen en blokken kool	
2. Transport .....	32	4	18	7	3	3	-	2. Vervoer	
3. Chutes de la victime .....	116	26	77	13	-	2	-	3. Vallen van het slachtoffer	
4. Maniement ou emploi d'outils, machines et mécanismes ....	85	24	46	11	3	3	-	4. Hanteren of gebruiken van gereedschap, machines en tuigen	
5. Chutes d'objets et manipulation .....	113	23	66	20	4	6	-	5. Vallen en manipulatie van voorwerpen	
6. Explosifs .....	-	-	-	-	-	-	-	6. Springstoffen	
7. Inflammations, explosions .....	1	1	-	-	-	-	-	7. Ontvlamingen, ontploffingen	
8. Incendies et feux .....	4	-	4	-	-	-	-	8. Vuur en brand	
9. Courant électrique .....	1	1	-	-	-	-	-	9. Elektrische stroom	
10. Divers .....	100	37	54	6	3	3	-	10. Allerhande	
<b>Total surface .....</b>	<b>453</b>	<b>116</b>	<b>266</b>	<b>57</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>Totaal bovengrond</b>	
<b>Total général fond et surface .....</b>	<b>11 206</b>	<b>3 023</b>	<b>7 066</b>	<b>895</b>	<b>213</b>	<b>269</b>	<b>3</b>	<b>Algemeen totaal ondergrond en bovengrond</b>	
<b>Accidents sur le chemin du travail</b> <b>"Accidents de trajet" .....</b>	<b>76</b>	<b>13</b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>Ongevallen op de weg naar en van het werk</b> <b>"Trajectongevallen"</b>	
<b>Calcul des proportions de tués</b>	<b>Royaume - Het Rijk</b>							<b>Berekening van de verhouding van het aantal doden</b>	
<b>Nombre de postes effectués convertis en postes de 8 heures</b>								<b>Aantal verrichte diensten omgezet in diensten van 8 uren</b>	
Fond .....				3 041 517				Ondergrond	
Surface .....				910 999				Bovengrond	
Fond et surface .....				3 952 516				Ondergrond en bovengrond	
<b>Proportion de tués par million d'hommes-postes</b>								<b>Verhouding van het aantal doden per miljoen man-diensten</b>	
Fond .....				2,63				Ondergrond	
Surface .....				1,10				Bovengrond	
Fond et surface .....				2,28				Ondergrond en bovengrond	
<b>Nombre de tonnes nettes extraites .....</b>				6 538 874				<b>Aantal netto gewonnen ton</b>	
<b>Proportion de tués par million de tonnes nettes extraites :</b>								<b>Verhouding van het aantal doden per miljoen nettogewonnen ton</b>	
Fond .....				1,22				Ondergrond	
Surface .....				0,15				Bovengrond	
Fond et surface .....				1,37				Ondergrond en bovengrond	
<b>Nombre de victimes par million de postes prestés :</b>								<b>Aantal slachtoffers per miljoen verstrekte diensten</b>	
Fond .....				3 535				Ondergrond	



## 1.2. Taux de fréquence, de gravité, de risque au fond et à la surface

Rappelons que le nombre de journées de chômage attribuées à tout accident mortel ou ayant entraîné une incapacité permanente totale a été porté à 7 500 et que le nombre conventionnel de journées de chômage attribuées au cas d'incapacité permanente partielle est le produit de 7 500 par le taux réel d'incapacité permanente attribué définitivement par les services médicaux compétents.

Le tableau 2 donne les taux de fréquence et les taux de gravité des accidents survenus au fond et à la surface des mines de houille, dans le Sud, le Nord et dans le Royaume.

Le taux de fréquence, c'est-à-dire le nombre d'accidents par million d'heures de travail, a été de 439 au fond et de 73 à la surface.

Pour le fond, le taux de loin le plus élevé s'observe à nouveau, comme précédemment, dans le Sud : 1 057, soit plus que le double du taux relevé dans le Nord (411).

Pour la surface, les taux de fréquence atteignent respectivement 110 dans le Sud et 69 dans le Nord.

Pour établir le taux de gravité des accidents, le tableau 2 donne d'abord le nombre de jours d'incapacité temporaire totale à l'exclusion des cas mortels et des incapacités permanentes (J), et ensuite le nombre conventionnel de jours de chômage attribués à ces dernières catégories d'accidents conformément aux prescriptions de l'arrêté royal du 10 janvier 1979 relatif aux organes de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail concernant les mines, minières et carrières souterraines (J').

Ce nombre résulte en fait de la formule :

$$J' = M + \frac{P}{100} \times 7\,500$$

dans laquelle :

M - est le nombre d'accidents mortels qui figure au tableau 1

P - est la somme des taux d'incapacité suivants, exprimés en % :

1. des incapacités permanentes définitivement consolidées en 1982 résultant d'accidents survenus dans l'année;
2. des prévisions d'incapacité permanente attribuées à des lésions résultant d'accidents survenus en 1982 mais dont la consolidation définitive n'était pas acquise en fin d'exercice;
3. des différences entre les taux de consolidation définitive attribués en 1982 à des victimes d'accidents survenus au cours d'exercices antérieurs, et les taux

## 1.2. Veelvuldigheidsvoet, ernst- en risico-voet in de ondergrond en op de bovengrond

Men weet dat het aantal afwezigheidsdagen, voor ieder dodelijk ongeval of voor ieder ongeval met een totale blijvende ongeschiktheid aangerekend, op 7 500 gebracht werd en dat het konventioneel aantal afwezigheidsdagen, voor de ongevallen met gedeeltelijke blijvende ongeschiktheid aangerekend, gelijk is aan het produkt van 7 500 met het door de bevoegde medische diensten definitief toegekende percentage van blijvende ongeschiktheid.

In tabel 2 worden de veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet van de ongevallen in de ondergrond en op de bovengrond van de kolenmijnen aangeduid voor het Zuiden, voor het Noorden en voor heel het Rijk.

De veelvuldigheidsvoet, d.i. het aantal ongevallen per miljoen werkuren, beliep 439 voor de ondergrond en 73 voor de bovengrond.

Voor de ondergrond wordt het hoogste cijfer weer in het Zuiden waargenomen, nl. 1 057 d.i. meer dan het dubbel tegenover het Noorden (411).

Voor de bovengrond is dat voor het Zuiden 110 en voor het Noorden 69.

Om de ernstvoet van de ongevallen te bepalen, geeft tabel 2 eerst het aantal dagen met volledige tijdelijke ongeschiktheid, met uitsluiting van de dodelijke ongevallen en die met een blijvende ongeschiktheid (J), en daarna het overeengekomen aantal verloren dagen aan deze twee categorieën van ongevallen toegekend overeenkomstig de bepalingen van het koninklijk besluit van 10 januari 1979 betreffende de organen voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing der werkplaatsen in de mijnen, graverijen en ondergrondse groeven (J').

Feitelijk bekomt men dit aantal door de formule :

$$J' = M + \frac{P}{100} \times 7\,500$$

waarin :

M - het aantal dodelijke ongevallen vermeld in tabel 1 voorstelt en

P - de som is van de hierna vermelde ongeschiktheidspercentages :

1. de in 1982 definitief gekonsolideerde blijvende ongeschiktheid voortspruitende uit ongevallen die in de loop van het jaar gebeurd zijn;
2. de voorziene blijvende ongeschiktheden toegekend voor letsels van ongevallen die in 1982 gebeurd, maar op het einde van het jaar nog niet definitief gekonsolideerd waren;
3. de verschillen tussen de percentages van definitieve konsolidatie in 1982 toegekend aan slachtoffers van ongevallen van voorgaande jaren en de voorlopige percentages

			SUD		NORD		ROYAUME	
			Fond Ondergrond	Surface Bovengrond	Fond Ondergrond	Surface Bovengrond	Fond Ondergrond	Surface Bovengrond
			ZUIOEN		NOOROEN		HET RIJK	
Nombre de postes de 8 heures effectués en 1982 : n	Aantal diensten van 8 uren verricht in 1982 : n	128 626	85 368	2 912 891	821 031	3 041 517	910 999	
Nombre d'accidents chimiques (y compris les cas de mort) : A	Aantal ongevallen met arbeidsverzuim (dodelijke ongevallen inbegrepen) : A	1 088	79	9 588	451	10 676	530	
Taux de fréquence (1982)	$T_f = \frac{A \times 10^6}{8n}$	1 057	110	411	69	439	73	
Rappel de 1981 : $T_f =$	Idem voor 1981 : $T_f =$	986	100	420	68	449	71	
Nombre de jours d'incapacité temporaire (à l'exclusion des cas de morts et des incapacités permanentes) : J	Aantal dagen met volledige tijdelijke ongeschiktheid (met uitsluiting van de dodelijke ongevallen met blijvende ongeschiktheid) : J	8 726	809	97 920	5 402	106 646	6 211	
Nombre de jours conventionnels de chômage pour les cas de morts et d'incapacité permanente :	Overeengekomen aantal verloren dagen wegens dodelijke ongevallen en ongevallen met blijvende ongeschiktheid:	19 425	1 875	142 800	15 075	162 225	16 950	
	$J' = M + \frac{P}{100} \times 7.500$							
TOTAL	J + J'	TOTAAL						
			28 151	2 684	240 720	20 477	268 871	23 161
Taux de gravité : $T_g$		Ernstvoet : $T_g$						
- sans J'	$\frac{J \times 10^3}{8n}$	- J' niet inbegrepen	8,5	1,1	4,2	0,8	4,4	0,9
rappel de 1981 : $T_g$		id. voor 1981 : $T_g$	14,9	1,5	4,6	1,0	5,1	1,1
- avec J'	$\frac{(J + J') \times 10^3}{8n}$	- J' inbegrepen	27,4	3,7	10,3	3,1	11,1	3,2
rappel de 1981 : $T_g$		id. voor 1981 : $T_g$	18,9	2,0	13,2	2,1	13,5	2,1
Nombre moyen de journées chômées par accident		Gemiddeld aantal verletdagen per ongeval						
- sans J'	$\frac{J}{A}$	- J' niet inbegrepen	8,0	10,2	10,2	12,0	10,0	11,7
rappel de 1981 : $T_g$		id. voor 1981 : $T_g$	15,2	14,9	11,0	14,8	11,5	14,8
- avec J'	$\frac{J + J'}{A}$	- J' inbegrepen	25,9	34,0	25,1	45,4	25,2	43,7
rappel de 1981 : $T_g$		id. voor 1981 : $T_g$	19,1	19,6	31,4	31,5	30,0	29,7

TABLÉAU 2. Taux de fréquence et de gravité des accidents survenus au fond et à la surface des mines de houille en 1982 et nombre moyen de journées chômées par accident

TABEL 2. Veelvuldighedsvoet en ernstvoet van de in 1982 in de ondergrond en op de bovengrond van de kolenmijnen gebeurde ongevallen en gemiddeld aantal verletdagen per ongeval



provisoires pris en considération pour le calcul des taux de gravité des exercices antérieurs (1).

Ces éléments permettent d'établir le taux de gravité des accidents, c'est-à-dire le nombre de journées d'incapacité rapporté au nombre d'heures de travail exprimé en milliers.

Ainsi :

$$T_g = 1\ 000 \times \frac{J}{8n} \text{ ou } 1\ 000 \times \frac{J + J'}{8n}$$

suivant que l'on tient compte ou non du nombre de jours conventionnels de chômage attribués aux accidents ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente.

Le premier de ces taux, qui exprime le nombre de journées perdues pour 1 000 heures de travail respectivement au fond et à la surface, montre que le chômage provoqué par les accidents du travail au fond est en 1982 trois fois supérieur dans le Sud à celui du Nord.

Par contre, le nombre moyen de journées chômées par accident en tenant compte des jours conventionnels, est respectivement de 25,1 dans le Nord contre 25,9 dans le Sud pour le fond et de 45,4 dans le Nord contre 34,0 dans le Sud pour la surface.

### 1.3. Procès-verbaux d'accidents dressés par l'Administration des Mines

Les enquêtes auxquelles ont donné lieu les accidents graves survenus dans les charbonnages en 1982 ont fait l'objet de 14 procès-verbaux dressés par les ingénieurs du Corps des Mines. Les suites en sont données au tableau 3.

L'écart éventuel entre le nombre de procès-verbaux et celui des accidents graves et mortels mentionnés au tableau 1 s'explique comme suit :

- 1) certains accidents font plusieurs victimes, mais ne font l'objet que d'un seul procès-verbal d'enquête, d'où l'écart entre le nombre de procès-verbaux et le nombre de victimes mentionnés au tableau 3;
- 2) dans certains cas, l'incapacité de la victime a été portée à 25 % ou davantage, trop tardivement pour que l'ingénieur des mines puisse utilement procéder à une enquête technique sur les causes et cir-

(1) Pour des raisons de simplification, cet élément du calcul n'a pas été pris en considération.

die voor de berekening van de ernstvoeten van de vorige jaren in aanmerking genomen zijn (1).

Aan de hand van deze gegevens kan de ernstvoet van de ongevallen berekend worden, d.i. het aantal dagen door ongevallen verloren per duizend werkuren, zodat :

$$T_g = 1\ 000 \times \frac{J}{8n} \text{ of } 1\ 000 \times \frac{J + J'}{8n}$$

naargelang men al dan niet rekening houdt met het konventioneel aantal verloren dagen aan dodelijke ongevallen of aan ongevallen met een blijvende ongeschiktheid toegekend.

Het eerste cijfer, dat het aantal verloren dagen per 1 000 werkuren weergeeft, eensdeels voor de ondergrond en anderdeels voor de bovengrond, toont aan dat in 1982 het aantal door arbeidsongevallen verloren dagen in de ondergrond in het Zuiden drie maal hoger ligt dan in het Noorden.

Als men de overeengekomen verletdagen meerekent is het gemiddeld aantal verloren dagen per ongeval 25,1 in het Noorden en 25,9 in het Zuiden voor de ondergrond en 45,4 in het Noorden en 34,0 in het Zuiden voor de bovengrond.

### 1.3. Processen-verbaal van ongevallen door de Administratie van het Mijnwezen opgesteld

In 1982 hebben de ingenieurs van het Mijncorps 14 processen-verbaal van zware ongevallen in de mijnen opgesteld; meer bijzonderheden daarover zijn te vinden in tabel 3.

Indien er een verschil tussen het aantal processen-verbaal en het in tabel 1 vermelde cijfer van de zware en dodelijke ongevallen is, is dat als volgt te verklaren :

- 1) sommige ongevallen maken verscheidene slachtoffers, maar geven slechts aanleiding tot één enkel proces-verbaal van onderzoek, zodat er een verschil is tussen het aantal processen-verbaal en het aantal slachtoffers dat in tabel 3 aangeduid is;
- 2) voor sommige ongevallen wordt de ongeschiktheid van het slachtoffer te laat op 25 % of meer vastgesteld, zodat de rijksmijnningénieur geen technisch onderzoek naar de oorzaken en de omstandigheden

(1) Eenvoudigheidshalve werd dit gedeelte van de berekening buiten beschouwing gelaten.



constances de ces accidents. Inversement, des enquêtes sont faites pour des accidents apparemment graves mais dont résultent finalement des incapacités permanentes partielles consolidées à moins de 25 %;

- 3) les procès-verbaux de certaines enquêtes en cours à la date du 31 décembre ne sont pas encore enregistrés à cette date. En revanche, certains procès-verbaux enregistrés dans l'année peuvent se rapporter à des accidents de l'exercice précédent;
- 4) certaines enquêtes sont faites pour des accidents mortels survenus dans les charbonnages fermés et qui dès lors ne sont plus repris dans la statistique, ou encore pour des accidents survenus à des personnes étrangères aux mines dans les dépendances des mines (par exemple sur les terrils) ou encore pour des accidents dont seraient victimes dans l'enceinte des charbonnages des personnes au service d'entrepreneurs étrangers à la mine chargés de l'exécution de certains travaux.

van die ongevallen meer kan instellen. Omgekeerd, wordt soms een onderzoek ingesteld voor ongevallen die zwaar lijken, maar die uiteindelijk slechts een blijvende ongeschiktheid van minder dan 25 % tot gevolg hebben;

- 3) de processen-verbaal van sommige onderzoeken die op 31 december nog aan de gang zijn, zijn op die datum nog niet ingeschreven. Van de andere kant kunnen sommige processen-verbaal die in de loop van het jaar ingeschreven zijn betrekking hebben op ongevallen die het jaar te voren gebeurd zijn;
- 4) sommige onderzoeken hebben betrekking op dodelijke ongevallen in gesloten kolenmijnen, die bijgevolg in de statistiek niet meer opgenomen worden, of op ongevallen waarvan personen die niet tot het mijnpersoneel behoren in de aanhorigheden van de mijnen (op steenberg b.v.) het slachtoffer zijn of ook nog op ongevallen op het terrein van de mijn overkomen aan het personeel van aannemers die bepaalde werken uitvoeren.

TABLEAU 3. Accidents graves survenus dans les mines en 1982

TABEL 3. Zware ongevallen in de mijnen in 1982

RUBRIQUES	Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk	RUBRIEKEN
Nombre de P.V. d'accidents :				Aantal processen-verbaal van ongevallen :
Fond .....	1	12	13	Ondergrond .....
Surface .....	-	1	1	Bovengrond .....
Total .....	1	13	14	Totaal .....
Nombre de victimes (voir tableau 1) :				Aantal slachtoffers (zie tabel 1) :
a) Tués ou blessés mortellement .....	1	8	9	a) Doden en dodelijk gekwetsten .....
b) Blessés grièvement .....	-	5	5	b) Zwaar gekwetsten .....
Total .....	1	13	14	Totaal .....
Conclusions de l'Administration des Mines :				Konklusies van de Administratie van het Mijnwezen :
1) Poursuites demandées .....	-	1	1	1) Vervolgingen gevraagd .....
2) Poursuites laissées à l'appréciation du Procureur du Roi .....	-	4	4	2) Vervolgingen overgelaten aan de beoordeling van de Prokureur des Konings .....
3) Recommandations de sécurité faites au charbonnages .....	-	10	10	3) Aan de mijn gedane aanbevelingen betreffende de veiligheid .....
4) Classement demandé .....	1	-	1	4) Klassering gevraagd .....
5) Enquêtes en cours .....	-	1	1	5) Nog lopende onderzoeken .....

#### 1.4. Rétrospective des accidents mortels

L'évolution du nombre de tués au fond et à la surface depuis 1950, en chiffres absolus et rapporté au million de postes, est donnée au tableau 4.

#### 1.5. Répartition des accidents graves suivant le siège et la nature des lésions

Par accident grave, on entend l'accident qui a entraîné soit la mort endéans les 56 jours de sa survenance, soit une incapacité de travail au fond de plus de 56 jours.

#### 1.4. De dodelijke ongevallen tijdens de jongste jaren

Het verloop van het aantal doden in de ondergrond en op de bovengrond sinds 1950, in volstreekte cijfers uitgedrukt en per miljoen diensten berekend, is in tabel 4 aangeduid.

#### 1.5. Indeling van de zware ongevallen naar de plaats en de aard van het letsel

Onder zwaar ongeval verstaat men een ongeval dat ofwel de dood van het slachtoffer binnen 56 dagen nadat het gebeurd is, ofwel een arbeidsongeschiktheid voor de ondergrond van meer dan 56 dagen veroorzaakt heeft.



TABLEAU 4. Rétrospective des accidents mortels

TABEL 4. De dodelijke ongevallen tijdens de jongste jaren

Année	Nombre de tués Fond	Nombre de tués par million de postes Fond	Nombre de tués Surface	Nombre de tués par million de postes Surface	Nombre de tués Fond et surface	Nombre de tués par million de postes Fond et surface
Jaar	Aantal doden Ondergrond	Aantal doden per miljoen diensten Ondergrond	Aantal doden Bovengrond	Aantal doden per miljoen diensten Bovengrond	Aantal doden Onder- en bovengrond	Aantal doden per miljoen diensten Onder- en bovengrond
1950	147	5,44	20	1,62	167	4,25
1960	68	4,28	4	0,59	72	3,18
1965	52	4,34	3	0,62	55	3,28
1970	19	3,70	2	0,77	21	2,72
1975	9	2,40	-	-	9	1,71
1977	5	1,55	-	-	5	1,13
1978	8	2,58	-	-	8	1,90
1979	8	2,70	3	2,92	11	2,76
1980	10	3,03	-	-	10	2,51
1981	8	2,62	-	-	8	2,01
1982	8	2,63	1	1,10	9	2,28

Les chefs des services de sécurité et d'hygiène des charbonnages sont tenus de remplir, pour chaque accident, une "fiche d'accident", dont le contenu est défini à l'annexe 1bis de l'arrêté royal du 10 janvier 1979 (article 4, 6°).

Les résultats de ce travail sont consignés dans le tableau 4bis.

L'examen de ce tableau montre que les accidents aux mains totalisent 28 % des accidents graves du fond, les accidents aux jambes 33 % et les accidents aux pieds 13 %.

Quant à la nature des lésions, il convient d'abord d'observer que certaines d'entre elles (asphyxie, submersion, empoisonnement) affectent, de par leur nature même, l'ensemble du corps, tandis que d'autres ne peuvent affecter que certains "sièges" (par exemple, la perte d'un membre ne peut affecter que les membres). C'est pourquoi dans certaines colonnes, un certain nombre de lignes ont été condamnées.

Ceci étant précisé, on constatera que les fractures totalisent 54 % des accidents graves recensés et 50 % des accidents mortels, tandis que les contusions, écorchures et plaies en groupent encore 35 % des accidents graves. Ainsi ces deux "natures de lésion" rassemblent 89 % des accidents graves et 50 % des accidents mortels.

De hoofden van de diensten voor veiligheid en gezondheid van de kolenmijnen moeten voor ieder ongeval een ongevalskaart invullen, waarvan de inhoud bepaald is in bijlage 1bis van het koninklijk besluit van 10 januari 1979 (artikel 4, 6°).

De uitslagen van dat werk zijn in tabel 4bis opgenomen.

Uit deze tabel blijkt dat 28 % van de zware ongevallen in de ondergrond aan de handen gebeuren, 33 % aan de benen en 13 % aan de voeten.

Wat de aard van de letsels betreft, dient vooreerst te worden opgemerkt dat sommige letsels (verstikking, verdrinking, vergiftiging) uiteraard op heel het lichaam betrekking hebben terwijl andere alleen op bepaalde plaatsen kunnen slaan (zo kan het verlies van een lidmaat alleen op de ledematen slaan). Daarom zijn sommige regels in sommige kolommen weggelaten.

Na deze verduidelijking ziet men dat de breuken 54 % van de getelde, zware ongevallen en 50 % van de dodelijke ongevallen uitmaken en de kneuzingen, schaafwonden en andere wonden 35 % van de zware ongevallen. Deze twee "soorten letsels" maken samen 89 % van de zware ongevallen en 50 % van de dodelijke ongevallen uit.

1982

		Tête cou Hoofd hals	Yeux Ogen	Tronc Roep	Membres		Mains Handen	Pieds Voeten	Sièges multiples Versch. plaatsen	Non précisé Niet on- schreven	Total Totaal		
					infér.	supér.							
					onderste	bovenste							
					Ledematen								
Amputations et énucléations	> 56 tué tot.	- - -	- - -	- - -	1 - 1	- - -	6 - 6	2 - 2	- - -	- - -	9 - 9	> 56 dood tot.	Amputaties en enucleaties
Fractures	> 56 tué tot.	4 2 6	- - -	8 1 9	27 1 28	13 - 13	38 - 38	13 - 13	5 - 5	- - -	108 4 112	> 56 dood tot.	Breuken
Luxations, entorses, foulures	> 56 tué tot.	- - -	- - -	- - -	6 - 6	- - -	- - -	1 - 1	- - -	- - -	7 - 7	> 56 dood tot.	Ontwrichtingen, verstuikingen, spierverrekkingen
Commotions et lésions internes	> 56 tué tot.	1 - 1	- - -	1 - 1	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	2 - 2	> 56 dood tot.	Hersenschudding en inwendige letsels
Plaies, contusions attritions musculaires	> 56 tué tot.	3 - 3	3 - 3	4 - 4	33 - 33	4 - 4	14 - 14	12 - 12	- - -	- - -	73 - 73	> 56 dood tot.	Wonden, kneuzingen, spierbeschadiging
Brûlures, effets nocifs de l'électricité, radiations	> 56 tué tot.	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	> 56 dood tot.	Brandwonden, schadelijke gevolgen van elektrische stroom, straling
Intoxications, asphyxies	> 56 tué tot.	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- 1 1	- 1 1	> 56 dood tot.	Vergiftigingen, verstikkingen
Lésions multiples ou non précisées	> 56 tué tot.	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- 3 3	1 - 1	1 3 4	> 56 dood tot.	Meervoudige of onbepaalde letsels
Total	> 56 tué tot.	8 2 10	3 - 3	13 1 14	67 1 68	17 - 17	58 - 58	28 - 28	5 3 8	1 1 2	200 8 208	> 56 dood tot.	Totaal

TABELAU 4bis. Répartition des victimes des accidents du fond selon le siège, la nature, la durée d'incapacité

TABEL 4bis. Indeling van de ongevallen ondergronds naar de plaats en de aard van het letsel en de duur van de arbeidsongeschiktheid



**TABLEAU 5**  
*Accidents survenus dans les minières souterraines  
 et les carrières souterraines*

**TABEL 5**  
*In de ondergrondse groeven en graverijen  
 gebeurde ongevallen*

1982

A. FOND	Nombre de victimes ayant subi une incapacité							Tués	A. ONOERGROND
	temporaire totale				Nombre total de victimes	permanente			
	1 à 3 jours	4 à 20 jours	21 à 56 jours	> 56 jours		≤ 25 %	> 25 %		
CAUSES TECHNIQUES	Aantal slachtoffers met							Doden	TECHNISCHE OORZAKEN
	tijdelijke volledige arbeidsongeschiktheid				Totaal aantal slachtoffers	blijvende arbeidsongeschiktheid			
	1 tot 3 dagen	4 tot 20 dagen	21 tot 56 dagen	> 56 dagen		≤ 25 %	> 25 %		
I. Eboulements et chutes de pierres	-	3	-	-	3	-	-	-	I. Instortingen en vallen van stenen
II. Moyens de transport	-	-	1	-	1	-	-	-	II. Vervoermiddelen
III. Chute et mouvement de la victime	-	1	1	-	2	-	-	-	III. Vallen en bewegen van het slachtoffer
IV. Maniement ou emploi de machines, outils, mécanismes et soutènements	3	7	1	-	11	-	-	-	IV. Hanteren of gebruiken van machines, gereedschap, tuigen en ondersteuningsmiddelen
V. Chute d'objets et manipulations diverses	-	4	1	-	5	-	-	-	V. Vallen van voorwerpen en allerhande manipulaties
VI. Explosifs	-	-	-	-	-	-	-	-	VI. Springstoffen
VII. Inflammations et explosions	-	-	-	-	-	-	-	-	VII. Ontvlamingen en ontploffingen
VIII. Anoxies, asphyxies et intoxications par gaz naturel et autres	-	-	-	-	-	-	-	-	VIII. Zuurstoftekort, verstikking en vergiftiging door natuurlijke en andere gassen
IX. Feux et incendies	-	-	-	-	-	-	-	-	IX. Vuur en branden
X. Coups d'eau	-	-	-	-	-	-	-	-	X. Waterdoorbraken
XI. Electricité	-	-	-	-	-	-	-	-	XI. Elektriciteit
XII. Autres causes	-	-	-	-	-	-	-	-	XII. Andere oorzaken
Total pour le fond	3	15	4	-	22	-	-	-	Totaal voor de ondergrond

TABLEAU 5 (suite)  
Accidents survenus dans les minières souterraines  
et les carrières souterraines

TABEL 5 (vervolg)  
In de ondergrondse groeven en graverijen  
gebeurde ongevallen

1982

B. SURFACE	Nombre de victimes ayant subi une incapacité							Tués	B. BOVENGROND
	temporaire totale				Nombre total de victimes	permanente			
	1 à 3 jours	4 à 20 jours	21 à 56 jours	> 56 jours		≤ 25 %	> 25 %		
CAUSES TECHNIQUES	Aantal slachtoffers met							Ooden	TECHNISCHE OORZAKEN
	tijdelijke volledige arbeidsongeschiktheid				Totaal aantal slachtoffers	blijvende arbeidsongeschiktheid			
	1 tot 3 dagen	4 tot 20 dagen	21 tot 56 dagen	> 56 dagen		≤ 25 %	> 25 %		
I. Eboulements et chutes de pierres	1	2	-	-	3	-	-	-	I. Instortingen en vallen van stenen
II. Transports	-	-	-	-	-	-	-	-	II. Vervoermiddelen
III. Maniement ou emploi d'outils, machines et mécanismes	1	4	-	-	5	-	-	-	III. Hanteren of gebruiken van gereedschap, machines en tuigen
IV. Chutes d'objets et manipulations	2	2	1	-	5	-	-	-	IV. Vallen van voorwerpen en manipulaties
V. Chute et mouvements de la victime	1	1	-	-	2	-	-	-	V. Vallen en bewegen van het slachtoffer
VI. Inflammations, explosions, asphyxies et intoxications	-	-	-	-	-	-	-	-	VI. Ontvlamingen, ontploffingen, verstikking en vergiftiging
VII. Feux et incendies	-	-	-	-	-	-	-	-	VII. Vuur en branden
VIII. Explosifs	-	-	-	-	-	-	-	-	VIII. Springstoffen
IX. Electricité	-	-	-	-	-	-	-	-	IX. Elektriciteit
X. Autres causes	-	-	-	-	-	-	-	-	X. Andere oorzaken
Total pour la surface	5	9	1	-	15	-	-	-	Totaal voor de bovengrond
Total fond + surface	8	24	5	-	37	-	-	-	Totaal onder- en bovengrond
C. ACCIDENTS SUR LE CHEMIN DU TRAVAIL	-	-	-	-	-	-	-	-	C. ONGEVALLen OP DE WEG NAAR EN VAN HET WERK



## 2. MINIERES ET CARRIERES SOUTERRAINES

Le recensement et la classification des accidents survenus dans les minières et carrières souterraines sont faits par l'Administration des Mines sur les mêmes bases que pour les mines de houille. Les données du tableau 5 relatives à l'année 1982 concernent les carrières souterraines selon la définition (ardoisières, terres plastiques, marbre, tuffeau, etc.).

Ces établissements n'ont occupé ensemble en 1982 que 80 ouvriers, dont 30 au fond et 50 à la surface.

Le nombre total d'accidents chômants a été de 37, dont 22 au fond et 15 à la surface. On n'a pas enregistré d'accident mortel ni d'accident ayant entraîné une incapacité permanente.

## 2. ONDERGRONDSE GROEVEN EN GRAVERIJEN

De telling en de indeling van de ongevallen in de ondergrondse groeven en graverijen worden door de Administratie van het Mijnwezen op dezelfde manier verricht als die van de ongevallen in de kolenmijnen. De in tabel 5 vervatte gegevens over het jaar 1982 betreffen de ondergrondse groeven volgens de definitie (leisteengroeven, plastische aarde, marmer, tufsteen, enz.).

Al deze inrichtingen samen hebben in 1982 slechts 80 arbeiders tewerkgesteld, 30 in de ondergrond en 50 op de bovengrond.

In totaal waren er 37 ongevallen met arbeidsverzuim, waarvan 22 in de ondergrond en 15 op de bovengrond. Er werd geen enkel ongeval met blijvende arbeidsongeschiktheid en geen enkel dodelijk ongeval opgetekend.

## 3. MINIERES ET CARRIERES A CIEL OUVERT

Jusqu'à présent, seuls les accidents mortels survenus dans les minières et carrières à ciel ouvert font l'objet d'une statistique. Elle comporte les mêmes rubriques principales que celle des accidents survenus dans les mines, ainsi qu'il résulte du tableau 6 A.

En 1982, il y a eu 4 accidents mortels.

TABLEAU 6 A. Accidents mortels dans les minières et carrières à ciel ouvert

Catégories d'accidents	Royaume Het Rijk	Kategorieën van ongevallen
	Nombre de tués Aantal doden	
1. Eboulements, chutes de pierres ou de blocs	1	1. Instortingen, vallen van stenen en blokken
2. Transport	1	2. Vervoer
3. Emploi d'outils, machines et mécanismes	2	3. Gebruik van werktuigen, machines, enz.
4. Manipulations et chutes d'objets	1	4. Manipulaties, vallen van voorwerpen
5. Chute de la victime	1	5. Vallen van het slachtoffer
6. Asphyxies et intoxications	0	6. Verstikking en vergiftiging
7. Explosions, incendies, feux	0	7. Ontploffingen, brand, vuur
8. Emploi des explosifs	0	8. Gebruik van springstoffen
9. Electrocutie	0	9. Elektrocutie
10. Divers	0	10. Allerlei
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>TOTAAL</b>

## 3. GROEVEN EN GRAVERIJEN IN DE OPEN LUCHT

Tot dusver wordt alleen de statistiek van de dodelijke ongevallen in de groeven en de graverijen in de open lucht opgemaakt. De hoofdrubrieken zijn dezelfde als voor de ongevallen in de mijnen, zoals uit tabel 6 A blijkt.

In 1982 waren er 4 dodelijke ongevallen.

TABEL 6 A. Dodelijke ongevallen in de graverijen en groeven in de open lucht



#### 4. USINES. INDUSTRIE SIDERURGIQUE

Dans les établissements surveillés par l'Administration des Mines autres que les mines, les minières et les carrières, avec leurs dépendances, c'est-à-dire pour l'essentiel les usines sidérurgiques, avec leurs cokeries, mais aussi les cimenteries, les cokeries indépendantes, la statistique des accidents est longtemps restée limitée aux accidents mortels.

Ces dernières années, une statistique plus détaillée des accidents de la sidérurgie a pu être établie, mais elle n'a toujours pas pu être étendue aux autres usines.

Le tableau 6 B concerne les accidents mortels survenus dans l'ensemble des usines sidérurgiques ou autres.

Ces accidents sont répartis, d'une part, selon les causes, en dix catégories et, d'autre part, géographiquement, par division minière. La division du Hainaut comprend la province du Hainaut et le Brabant wallon; la division de Liège comprend les provinces de Namur, de Liège et de Luxembourg; la division de Campine comprend les provinces d'Anvers, du Limbourg et le Brabant flamand; la division des Flandres comprend les provinces de la Flandre occidentale et de la Flandre orientale; le secteur comprend les 19 communes de l'agglomération bruxelloise, ainsi que les communes à facilités linguistiques situées dans les provinces de Flandre orientale et occidentale, de Brabant, de Limbourg et de Hainaut.

Le nombre d'accidents mortels instruits par les ingénieurs des mines en 1982 dans ces établissements a été de 15.

Il a été de 8 unités dans la division du Hainaut, de 5 dans la division de Liège et de 1 dans chacune des divisions de Campine et des Flandres.

L'analyse plus détaillée de la sécurité du travail dans l'industrie sidérurgique se fonde sur l'exploitation des rapports annuels des chefs de service de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail des entreprises sidérurgiques.

Les tableaux statistiques dressés à partir de ces sources ne contiennent pas de données détaillées relatives aux accidents de travail de gravité moyenne.

Les rapports des services de sécurité des usines ont permis de dresser le tableau 7, qui donne le nombre total d'accidents chômants survenus dans l'industrie sidérurgique en 1982.

Les accidents sont classés suivant leurs causes matérielles. Comme les années précédentes, on constatera que les nombres les plus élevés se trouvent toujours sous les rubriques "divers" des trois dernières lignes du tableau qui totalisent encore 3 146 accidents chômants sur un total de 6 231, soit 50 %, et parmi lesquels on relève 2 accidents mortels.

Parmi les causes définies, les accidents provoqués par le maniement d'outils à main sont les plus nombreux (753); les poussières et les substances brûlantes ou très inflammables ont fait respectivement 601 et 271

#### 4. FABRIEKEN. STAALNIJVERHEID

In de andere inrichtingen die onder het toezicht van de Administratie van het Mijnwezen staan - andere dan mijnen, groeven en graverijen en hun aanhorigheden - en dat zijn hoofdzakelijk de siderurgiebedrijven met hun cokesfabrieken, maar ook de cementfabrieken en de zelfstandige cokes- en agglomeratenfabrieken, is de statistiek van de ongevallen jarenlang tot de dodelijke ongevallen beperkt gebleven.

De jongste jaren is men ertoe gekomen een uitvoerige statistiek van de ongevallen in de staalindustrie op te maken, maar tot dusver heeft men die nog niet tot de andere fabrieken kunnen uitbreiden.

Tabel 6 B heeft betrekking op de dodelijke ongevallen in alle fabrieken samen, die van de staalindustrie en de andere.

Deze ongevallen worden ingedeeld, eensdeels naar de oorzaken, in tien categorieën en anderdeels geografisch, per mijnafdeling. De afdeling Henegouwen omvat de provincie Henegouwen en Waals-Brabant; de afdeling Luik omvat de provincies Namen, Luik en Luxemburg; de afdeling Kempen omvat de provincies Antwerpen en Limburg en Vlaams-Brabant; de afdeling Vlaanderen omvat de provincies Oost- en West-Vlaanderen; de sector omvat de 19 gemeenten van de Brusselse agglomeratie plus de gemeenten met taalfaciliteiten in de provincies Oost- en West-Vlaanderen, Brabant, Limburg en Henegouwen.

In 1982 hebben de mijnningenieurs voor 15 dodelijke ongevallen in deze inrichtingen een onderzoek ingesteld.

In de afdeling Henegouwen waren er 8 doden, in Luik 5, in de Kempen 1 en in de afdeling Vlaanderen eveneens 1 dode.

De uitvoerige ontleding van de arbeidsveiligheid in de staalindustrie steunt op de jaarverslagen van de hoofden van de diensten voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing der werkplaatsen van de staalbedrijven.

De aan de hand van deze bronnen opgemaakte statistische tabellen bevatten geen gedetailleerde gegevens over de halfzware ongevallen.

De verslagen van de veiligheidsdiensten van de fabrieken hebben de gegevens voor tabel 7 verschaft, waarin het totaal aantal in 1982 in de staalindustrie gebeurde ongevallen met arbeidsverzuim aangeduid is.

De ongevallen worden naar hun materiële oorzaken ingedeeld. Zoals de vorige jaren worden nog altijd de hoogste cijfers aangetroffen in de rubrieken "allerlei" van de laatste drie regels van de tabel, die samen nog 3 146 ongevallen met arbeidsverzuim tellen op een totaal van 6 231, d.i. 50 % waarvan 2 dodelijke ongevallen.

Onder de bepaalde oorzaken heeft het hantieren van handgereedschap het grootste aantal ongevallen veroorzaakt (753); het stof en brandende of licht ontvlambare stoffen hebben respectievelijk 601 en 271 slachtoffers



TABLEAU 6B.

Accidents mortels survenus dans les usines surveillées  
par l'Administration des Mines en 1982

CATEGORIES D'ACCIDENTS	N°	Nombre d'accidents mortels (1) Aantal dodelijke ongevallen (1)					ROYAUME HET RIJK	Nr.	KATEGORIEËN VAN ONGEVALLEN
		par divisions minières per mijnafdeling							
		Hainaut Henegouwen	Liège Luik	Campine Kempen	Flandres Vlaanderen	Sector Sector			
Accidents occasionnés directement par les opérations de fabrication	010	-	-	-	-	-	010	Rechtstreeks door de fabricageverrichtingen veroorzaakte ongevallen	
Transport :	020						020	Vervoer :	
Horizontal par véhicules sur roues		2	1	-	-	3		Horizontal met voertuigen op wielen	
Sur plans inclinés ou vertical par véhicules guidés ou sur roues		-	-	-	-	-		Op hellende vlakken of vertikaal met geleide voertuigen of met voertuigen op wielen	
Autres (ponts-roulants, grues, scrapers, convoyeurs, etc ...)		1	1	-	-	2		Ander (rolbruggen, kranen, scrapers, transportbanden, enz ...)	
Maniement ou emploi d'outils, machines et mécanismes	030	-	-	-	-	-	030	Handteren of gebruik van gereedschap, machines of tuigen	
Manipulations, chutes d'objets et éboulements	040	-	-	1	-	1	040	Manipulatie, vallen van voorwerpen en instortingen	
Chute de la victime	050	3	2	-	-	5	050	Vallen van het slachtoffer	
Asphyxies et intoxications (sauf par fumées d'incendie - voir 070)	060	-	-	-	-	-	060	Verstikking en vergiftiging (behalve door de rook van brand - zie 070)	
Explosions, incendies, feux	070	1	-	-	-	1	070	Ontploffingen, brand, vuur	
Emploi des explosifs	080	-	-	-	-	-	080	Gebruik van springstoffen	
Electrocution	090	1	1	-	1	3	090	Elektrocutie	
Divers	100	-	-	-	-	-	100	Allerlei	
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>	<b>5 (2)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>15</b>		<b>TOTAAL</b>	

TABEL 6 B.  
Dodelijke ongevallen in de onder het toezicht van het  
Mijnwezen geplaatste fabrieken in 1982

(1) Décès endéans les 56 jours de la date de l'accident.

(2) Dont 3 accidents mortels survenus à des personnes ne faisant pas partie du personnel de l'entreprise.

(1) Overleden binnen 56 dagen na de dag van het ongeval.

(2) Waaronder 3 doden die niet tot het personeel van de onderneming behoorden.

victimes, les machines 385, les appareils de levage 370 et les véhicules 246; ces six causes groupant 42 % des accidents, dont la cause a été déterminée.

Les relevés des années précédentes avaient déjà permis de dégager l'importance relative de ces causes.

Par contre, sur 332 accidents ayant entraîné une incapacité permanente, 35 sont dus aux machines, 33 aux appareils de levage et 17 aux véhicules. La cause de plus de la moitié des accidents à incapacité permanente n'a pas été précisée (186 sur 332).

TABLEAU 7. Accidents survenus en 1982 dans les établissements de l'industrie sidérurgique

CAUSE	Nombre de victimes	Nombre de victimes ayant subi une incapacité		Tués	OORZAKEN
		temporaire totale	permanente		
	Aantal slachtoffers	Aantal slachtoffers met		Doden	
		volledige tijdelijke ongeschiktheid	blijvende ongeschiktheid		
Machines	385	349	35	1	Machines
Machines motrices ou génératrices et pompes	62	58	4	-	Aandrijfmachines, generatoren en pompen
Ascenseurs et monte-charges	13	13	-	-	Personen- en goederenliften
Appareils de levage	370	335	33	2	Heftoestellen
Transporteurs-courroie, chaînes à godets etc ...	50	45	4	1	Transporteurs-banden, emmerladders, enz ...
Chaudières et autres récipients soumis à pression	43	39	3	1	Stoomketels en andere vaten onder druk
Véhicules	246	227	17	2	Voertuigen
Animaux	4	4	-	-	Dieren
Appareils de transmission d'énergie mécanique	53	50	3	-	Transmissie van mechanische energie
Appareillage électrique	64	62	1	1	Elektrische apparatuur
Outils à main	753	724	29	-	Handgereedschap
Substances chimiques	114	113	1	-	Chemische stoffen
Substances brûlantes ou très inflammables	271	267	4	-	Brandende of licht ontvlambare stoffen
Poussières	601	587	12	-	Stof
Radiations et substances radioactives	57	57	-	-	Stralingen en radioactieve stoffen
Surfaces de travail qui ne sont pas classées sous d'autres rubriques	1 331	1 234	95	2	Niet onder een andere rubriek ingedeelde werkvlakken
Agents matériels divers	1 665	1 580	85	-	Verscheidene materiële agentia
Agents non classés faute de données suffisantes	150	144	6	-	Wegens onvoldoende gegevens niet ingedeelde agentia
<b>Total</b>	<b>6 232</b>	<b>5 890</b>	<b>332</b>	<b>10</b>	<b>Totaal</b>

gemaakt, de machines 385, de heftoestellen 370 en de voertuigen 246; deze zes oorzaken hebben betrekking op 42 % van de ongevallen met een bepaalde oorzaak.

In de tabellen van de vorige jaren was de betrekkelijke belangrijkheid van deze oorzaken al opgevallen.

Van de 332 ongevallen die een blijvende werkongeschiktheid veroorzaakt hebben, zijn er daarentegen 35 te wijten aan machines, 33 aan heftoestellen en 17 aan voertuigen. Van meer dan de helft van de ongevallen met een blijvende werkongeschiktheid is de oorzaak niet nader bepaald (186 op 332).

TABEL 7. In 1982 in de ijzer- en staalbedrijven gebeurde ongevallen

Les travaux effectués par le Comité de la Sidérurgie belge permettent de calculer les taux de fréquence et de gravité des accidents survenus dans les usines sidérurgiques. Les résultats sont consignés dans les tableaux 8 et 8bis.

Ces tableaux reprennent les usines sidérurgiques affiliées au Comité de la sidérurgie belge; ils concernent au total 35 312 salariés et 8 400 employés.

De werkzaamheden van het Comité van de Belgische Siderurgie leveren de nodige gegevens voor de berekening van de veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet van de in de staalindustrie gebeurde ongevallen. De uitslagen staan in de tabellen 8 en 8bis.

Deze tabellen slaan op de staalbedrijven die bij het Comité van de Belgische Siderurgie aangesloten zijn; in 1982 stelden deze ondernemingen 35 312 arbeiders en 8 400 bedienden tewerk.



TABLEAU 8. Taux de fréquence et de gravité des accidents survenus dans l'industrie sidérurgique belge en 1982 et nombre moyen de journées chômées par accident

TABEL 8. Veelvuldigheidsvoet en ernstvoet van de in 1982 in de Belgische staalnijverheid gebeurde ongevallen en gemiddeld aantal verletdagen per ongeval

		Usines sidérurgiques Ijzer- en staalfabrieken	
		Salariés Merklieden	Employés Bedienden
Nombre d'inscrits au 31.12.1982	Aantal ingeschreven op 31.12.1982	35.312	8.400
Nombre total d'heures prestées M	Totaal aantal gewerkte arbeidsuren M	52.278.316	14.410.233
Nombre d'accidents mortels	Aantal dodelijke ongevallen	8	-
Nombre d'accidents chômants (y compris les cas de mort et d'incapacité permanente) : A	Aantal ongevallen met arbeidsverzuim (dodelijke ongevallen en ongevallen met blijvende ongeschiktheid inbegrepen) : A	5.471	109
Taux de fréquence :	$\frac{A}{M} \times 10^6$ Veelvuldigheidsvoet	104,7	7,6
Rappel de 1981 : $I_f$	Idem voor 1981 : $I_f$	119,3	8,8
Nombre de jours d'incapacité temporaire totale (à l'exclusion des cas de mort et des incapacités permanentes) : J	Aantal dagen met volledige tijdelijke ongeschiktheid (met uitsluiting van dodelijke ongevallen en ongevallen met blijvende ongeschiktheid) : J	11.555	2.245
Nombre de jours conventionnels de chômage pour les cas de mort et d'incapacité permanente	Overeengekomen aantal verloren dagen wegens dodelijke ongevallen en ongevallen met blijvende ongeschiktheid		
	$J' = (M + \frac{P}{100}) \times 7.500$	179.041	4.463
<b>TOTAL</b>	<b>TOTAAL</b>	<b>265.596</b>	<b>6.708</b>
Taux de gravité : $I_g$	Ernstvoet : $I_g$		
+ sans J'	+ J' niet inbegrepen	1,7	0,2
rappel de 1981	idem voor 1981	1,8	0,2
+ avec J'	+ J' inbegrepen	5,1	0,5
rappel de 1981	idem voor 1981	5,2	0,9
Nombre moyen de journées chômées par accident	Gemiddeld aantal verletdagen per ongeval		
+ sans J'	+ J' niet inbegrepen	15,4	20,6
rappel de 1981	idem voor 1981	14,8	18,5
+ avec J'	+ J' inbegrepen	48,5	61,5
rappel de 1981	idem voor 1981	43,2	102,3

Le taux de fréquence et le taux de gravité sont calculés de la même façon que pour les mines. Pour le calcul du taux de gravité, le nombre de jours effectifs ou conventionnels de chômage pour les cas de mort et d'incapacité permanente ou temporaire est établi de la même manière que pour les mines, minières et carrières souterraines (7 500 pour la mort ou l'incapacité permanente totale à 100 %).

Les tableaux montrent que le taux de fréquence, c'est-à-dire le nombre d'accidents chômants par million d'heures d'exposition au risque est de 104,7 en 1982.

De veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet worden op dezelfde manier berekend als voor de mijnen. Bij de berekening van de ernstvoet wordt het aantal daadwerkelijk of konventioneel verloren dagen voor ieder dodelijk ongeval of voor ieder ongeval met blijvende of tijdelijke volledige ongeschiktheid op dezelfde wijze vastgesteld als voor de mijnen, de graverijen en de ondergrondse groeven (7 500 voor een dode of een volledige blijvende werkongeschiktheid van 100 %).

Uit de tabellen blijkt dat de veelvuldigheidsvoet, d.i. het aantal ongevallen met arbeidsverzuim per miljoen uren blootstelling aan het risico, in 1982 104,7 was.

Le taux de gravité (1) calculé aux tableaux est de 5,1 en 1982.

Enfin, ces éléments permettent d'établir le nombre moyen de journées chômées par accident du travail, appelé "taux de risque". Si l'on tient compte des nombres de journées attribuées forfaitairement aux accidents mortels ou générateurs d'incapacités permanentes, on obtient 48,5 journées chômées par accident dans les usines sidérurgiques.

#### 5. FABRIQUES D'EXPLOSIFS

Le tableau 9 concerne les accidents survenus en 1982 dans les fabriques d'explosifs. Il y a eu dans les 13 fabriques d'explosifs, les 3 manufactures de pyrotechnie et les 6 dépôts de vente d'explosifs, qui occupaient en 1982, 2 452 ouvriers et 211 employés, 220 accidents chômants en 1982.

En 1982, il n'y a eu aucun accident mortel dans les fabriques d'explosifs.

TABLEAU 9. Accidents survenus en 1982 dans les fabriques d'explosifs

Fabriques d'explosifs	Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk	Springstoffabrieken
- Nombre de victimes :				- Aantal slachtoffers :
ayant subi une incapacité temporaire totale	134	86	220	met volledige tijdelijke ongeschiktheid
permanente	-	-	-	met blijvende ongeschiktheid
- Tués	-	-	-	- Doden
Total des victimes	134	86	220	Totaal aantal slachtoffers

De ernstvoet (1), die in de tabellen aangegeven is, belooft 5,1 in 1982.

Aan de hand van deze cijfers kan ten slotte het gemiddeld aantal verletdagen per arbeidsongeval, soms "risicovoet" genoemd, berekend worden. Als men de dagen die aan de dodelijke ongevallen en aan die met blijvende ongeschiktheid worden toegekend meerekent, bekomt men 48,5 verletdagen per ongeval in de ijzer- en staalfabrieken.

#### 5. SPRINGSTOFFABRIEKEN

Tabel 9 heeft betrekking op de ongevallen in de springstoffabrieken. In de 13 springstoffabrieken, de 3 vuurwerkerijen en de 6 verkoopdepots van springstoffen, waar in 1982, 2 452 arbeiders en 211 bedienden tewerkgesteld waren, zijn 220 ongevallen met arbeidsverzuim gebeurd, in 1982.

In 1982 zijn er geen dodelijke ongevallen in de springstoffabrieken geweest.

TABEL 9. In 1982 in de springstoffabrieken gebeurde ongevallen

(1) Nombre de journées chômées des suites d'accidents par 1.000 heures d'exposition au risque, y compris les journées chômées conventionnellement attribuées aux accidents mortels (7 500) ou aux accidents entraînant une incapacité permanente de travail (7 500 pour 100 % d'invalidité).

(1) Aantal dagen met arbeidsverzuim ingevolge ongevallen per 1.000 uren blootstelling aan het risico, met inbegrip van het conventioneel aantal verloren dagen wegens dodelijke ongevallen (7 500) of wegens ongevallen die een blijvende arbeidsongeschiktheid veroorzaakt hebben (7 500 voor 100 % invaliditeit).



# Tableau des Mines de Houille en activité en Belgique au 1<sup>er</sup> janvier 1984

CONCESSION		SOCIÉTÉ EXPLOITANTE		FONDE DE POUVOIRS
NOM et SUPERFICIE	LOCALISATION	NOM et SIEGE SOCIAL		
<b>D I V I S I O N</b>				
Roton Ste-Catherine 404 ha 79 a 37 ca	Farciennes, Fleurus	Société anonyme des Charbonnages Réunis de Roton-Farciennes et Dignies-Aiseau, à Saubreville		A. Rothelart, Administrateur Directeur-Gérant, à Saubreville
Centre de Jumet 2371 ha 24 a 28 ca	Charleroi (Gosselies, Jumet, Ransart, Roux) Fleurus (Heppignies) Pont-à-Celles (Thiméon, Viesville) Les Bons Villers (Wayaux)	Société anonyme des Charbonnages du Centre de Jumet, Jumet, à Charleroi		

CONCESSIE		VERGUNNINGHOUDENDE VENNOOTSCHAP		GEVOLMAGTIGDE PERSOON
NAAM en OPPERVLAKTE	LOKALISATIE	NAAM en MAATSCHAPPELIJKE ZETEL		
<b>A F D E L I N G</b>				
"Concessie van het Kempens Bekken" 35 710 ha	As, Beringen, Dilsen, Genk, Ham, Hasselt, Heusden-Zolder, Houthalen-Helchteren, Leopolds- burg, Lummen, Maaseik, Maas- mechelen, Meeuwen-Gruitrode, Opplabbeek, Tessenderlo, Zonhoven, Zutendaal	Maanloze Vennootschap Kempense Steenkolennijnen, Grote Baan 27, Houthalen-Helchteren		J. Vanderputte, Directeur-Ge- te Maasmechelen

# Lijst van de Steenkolenmijnen in België in bedrijf op 1 januari 1984

SIEGE D'EXTRACTION CLASSEMENT PAR RAPPORT AU GRISOU	DIRECTEUR RESPONSABLE	PRODUCTION NETTE EN 1983		NOMBRE MOYEN DE PRESENCES PENDANT LES JOURS OUVRES EN 1983
		PAR SIEGE	PAR CONCESSION	
<b>D U H A I N A U T</b>				
Maathere, à Farciennes classement 1.	J. Jacques (fond), à Fleurus J. Jouniaux (fond), à Fleurus M. Magain (surface), à Farciennes M. Motte (surface), à Farciennes	187 500	187 500	741
Ellies n° 1, à Gosse Ellies n° 2, à Gosse classement *	L. Dus, à Waterloo	12 752 8 496	12 752 8 496	76

mine à ciel ouvert.

ONTGINNINGSZETEL INDELING t.o.v. HET MIJNGAS	VERANTWOORDELIJKE LEIDER	NETTOPRODUKTIE IN 1983		GEMIDDELD AANTAL AANWEZIGHEDEN OP GEWERKTE DAGEN IN 1983
		PER ZETEL	PER CONCESSIE	
<b>K E M P E N</b>				
ggen, te Koersel liing 1.	B. Van Nuffel (ondergrond), te Heusden-Zolder; A. Maufort (boven- grond), te Beringen	1 239 800		2 884
err, te Zolder liing 1.	J. Legrand (ondergrond), te Heusden- Zolder; A. Coulie (bovengrond), te Houthalen-Helchteren	1 946 604		4 429
ersslag, te Genk liing 1.	E. Foblets (ondergrond), te Genk; V. Van Rompaey (bovengrond), te Genk	884 992	5 909 928	2 129
rschei, te Genk liing 1.	W. Gyselinck (ondergrond), te Genk; F. Van De Mosselaer (bovengrond), te Genk	1 084 004		2 701
em, te Maasmechelen liing 1.	G. Van den Bosch (ondergrond), te Houthalen-Helchteren; P. De Winter (bovengrond), te Maasmechelen	754 528		1 987



## Selection of Coal Abstracts

By kind permission of the Technical Information Service of the International Energy Agency, we publish in each number a selection of summaries of articles and publications which have already appeared in "Coal Abstracts". The intention is to provide regular information, classified by subject, on all the latest innovations.

Anyone wishing to take out a subscription for "Coal Abstracts" (which appears monthly), should write to : Mr. I.H. Hogg, Head, Technical Information Service, IEA Coal Research, 14-15, Lower Grosvenor Place, London SW1W 0EX, England.

### COAL INDUSTRY

9123

Computer applications for the mining industry

Graham, D.

*Min. Mag.*; 148(5); 365-369 (May 1983)

Geologists, mining engineers and operations managers are increasingly turning to computers for a variety of data processing needs. The author reviews the advantages to be gained from the use of computers and points at some snags to avoid.

### RESERVES & EXPLORATION

9205

Error of estimation in establishing coal reserves

Rudenno, V.

*Aust. J. Coal Min. Technol. Res.*; (3); 61-65(1983)

The use of an equilateral triangular rather than a square drilling grid can be more efficient for the same maximum interpolation distance between known bore hole intersections. However, the error of estimation of a point or area will be larger when the triangular pattern is used in preference to the square drilling pattern. Geostatistics can be used to estimate the best linear unbiased value for a point or block and at the same time provide a value of the error associated with the estimated mean value. The error of estimation can be used to provide a confidence level on the reserve tonnage.

34

Advances in borehole geologging for coal exploration

Halker, A.

*Min. Mag.*; 149(3); 190-191 (Sep 1983)

The paper describes a new totally digital logging system which collects data in digital form from the sonde in the borehole at 10 mm depth intervals, having averaged a continuous stream of data over that interval. These digital values are transmitted to the surface where they can be

made available in various forms, or recorded on magnetic tape. The system is claimed as an advance over previous systems in terms of the quality of data gathered. An indication is given of the different types of borehole information that can be acquired in this way.

### MINING

9222

China encourages foreign investment

Argall, G.O.

*World Coal*; 9(3); 62-65 (Jun 1983)

The paper reports on the China Mines Investment and Marketing Seminar held in Beijing in March 1983. Coal output in 1982 was 680 Mt and is scheduled for 770 Mt in 1985, and 1200 Mt by 2000. The mining developments that are envisaged in order to achieve this increase in output are described. Investment by foreign companies has already begun and more cooperative projects are planned. Low interest loans have been obtained from Japan and others are being sought. Details are given of a number of large opencast mines and several underground mines which are planned in Shanxi Province and in Nei Monggol, with information on the types of coal, reserves and seam thicknesses.

9224

Machines for shaft sinking and raising

*Min. Mag.*; 148(4); 283,285,287,289-291,293-295 (Apr 1983)

This paper reviews the different techniques available for shaft sinking and raising, and the drilling and boring equipment provided by manufacturers in a number of countries.

9229

Detonation of explosives

Thiard, R.

*Explosifs*; 36(1); 63-75 (Apr 1983)

In recent years new, less-sensitive explosives have been developed together with new types of detonator. Four sections are



covered : 1) Description of various developments achieved by the laboratories of Nobel Explosifs over the past 12 years. 2) Explanation of the limits of application of the various products. 3) Thoughts on the various detonator systems and their effectiveness. 4) Advice and recommendations for the use of the new product range. The products in question are : dynamites, nitrates, oil nitrates, gels and slurry explosives. (17 refs.) (In French)

9234

Basic mathematics and computer techniques for coal preparation and mining  
Humphreys, K.K.; Leonard, J.W. (eds.)  
*New York, NY, USA, Marcel Dekker, 244 pp (1983) Energy, power, and environment series, vol. 17*

Uses of computers, mathematical models and statistical analysis in decision-making in the coal industry are described. Some simple mathematical techniques are presented for determining optimum mine and preparation sites, and for improving property evaluations and projecting drill core data. Considerations in the design of coal preparation plants, operation of thermal dryers, and interpretation of coal analytical data for metallurgical coking or steam production purposes are discussed. The use of computing facilities in analysis of coal washability and surveying data are included. Each chapter has been abstracted separately.

9254

The underground mining methods of Charbonnages de France  
Cariven, D.

*An. Mines; 190(4); 79-86 (Apr 1983)*

The principal mining methods used in French collieries are reviewed. The systems are grouped according to the geological conditions of the deposits : flat measures with a dip between -0 and 30 degrees, semi-steep measures with a dip from 30 to 50 degrees; steep measures with dips greater than 50 degrees; and thick seams. (In French)

9256

Driving headings in coal with the use of explosives and good organisation of work  
Müller, G.

*Ind. Minér., Tech.; (6); 294-295 (Jun 1983)*

This short paper describes heading operations using explosives at Sophia Jacoba Colliery. The advance rate over a 5-month period and the cost of the work were compared with similar operations using a roadheader. (In French)

9257

Ground-water pressure relief in shaft sinking

Fotheringham, J.B.; Black, J.C.

*Min. Eng. (London); 143(263); 85-91 (Aug 1983)*

Two applications of ground-water pressure relief are dealt with in detail. Both applications were used during the sinking of the Selby Riccall Shafts. The hydrogeology of the Permian Basal Sands and the Woolley Edge Rock in the Carboniferous Measures are fully described. The accuracy of the test information and its analysis are emphasized. The first situation deals with pressure relief in a water-bearing weakly-cemented sandstone and the construction method used to sink and line two shafts through it. The second situation shows how pressure relief was used to enable backwall grouting to take place at injection pressures lower than otherwise required. This technique increases the hydrostatic pressure

range over which plain concrete-lined shafts can effectively seal-out groundwater.

9260

Blasting in coal mines - findings from the experience of recent years  
Wild, H.W.

*Glückauf; 119(14); 674-683 (28 Jul 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119(14); 266-271 (28 Jul 1983)*

There has been considerable progress in recent years in the development of explosives and blasting methods. In W. Germany, apart from established safety and non-safety explosives, there are also improved and more powerful Class I powder safety explosives in cartridges of 30-40 mm dia. Class I slurry-type explosives are being developed. Procedures for blasting very large cross-sections in friable ground have been introduced, and there is a trend towards longer pulls and parallel cuts. Larger cartridge diameters are likely to have the greatest impact on blasting technology. Developments in ancillary equipment are also described. (In German)

9262

Implementation of automation projects in the coal industry

Czauderna, N.; Mormann, J.

*Glückauf; 119(15); 737-740 (11 Aug 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119(15); 289-292 (11 Aug 1983)*

The paper presents an aid to the evaluation and efficient implementation of automation projects for underground mining in terms of the technical, organisational and economic aspects. The preparation and importance of the project specifications which serve to provide a specific definition of the project tastes are described. Rigid project organization and clear project planning are vital to the smooth running of any automation project. (In German)

9308

Improving the face/gate junctions at Rheinland Combined Mine

Krahe, J.; Wehner, K.-E.

*Glückauf; 119(15); 717-721 (11 Aug 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119(15); 278-280 (11 Aug. 1983)*

Experience gained in the Anna seam at Rheinland Combined Mine has shown that good strata control at the face edge can be obtained by holding the arches with rock bolts. This proved possible even when the road was used twice. The 6 full-column anchor steel bolts which are set per arch reduced ground deconsolidation to such an extent that an exceptionally large section was maintained. In this instance the bolts in the face and gate area were set with simple equipment. Further development must be aimed at measuring these tasks and integrating them with the drivage as far as possible. It has been found that, compared with the previous method of holding the arches with stringers, not only is strata control improved, but the face edge can be laid out to give a better overview. (In German)

9309

Subsidence-prediction and prevention

Levitt, E.

*Colliery Guardian; 231(8); 411-412, 414-415 (Aug 1983)*

Present knowledge of ground movement associated with mining subsidence is such that



accurate predictions of its nature, extent and duration can be made. Experience acquired over very many years enables the effect of these ground movements on land and structures to be determined.

9331

Support characteristics of underground mining excavations with special reference to rock reinforcement techniques

Heidarieh Zadeh, A.M.

Nottingham, UK, University of Nottingham. 376 pp (Oct 1982) Thesis (M.Sc.)

Mathematical models of strata loading, used in lining design, are reviewed. The origin of strata movement, design control measures and the effectiveness of control measures were investigated at various coal mines. Tunnel closures were measured and compared with the values predicted using various theoretical models. Results showed the limitations of current tunnel stability prediction models for the design of tunnel linings. Laboratory model investigations were carried out to evaluate the mechanism of strata reinforcement in the postfailure regime. A strength testing programme for the assessment of the deformational behaviour of rock surrounding coal mine excavations was also carried out. (83 refs.)

9338

The cable belt conveyor at Selby Mine

Thomson, I.M.

S. Afr. Mech. Eng.; 33(6): 134-138 (Jun 1983)

Coal transportation at Selby is centred on two parallel 15 km surface drifts. One of these is equipped with a single flight cable belt conveyor. The author describes the design problems posed by this installation and the ways in which they were met. Details are given of the 8500 kW drive unit and its torque-responsive braking system.

9340

Manriding underground : state and trends

Jacobi, H.

Glückauf; 119(4): 157-162 (24 Feb 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119(4): 52-55 (24 Feb 1983)

Steady northward movement of mining operations has increased the distances between shaft and work points below ground, and thus aggravated the loss of valuable on-face time. This is reinforced by ergonomic and safety requirements calling for a fast, fully mechanised transport system for the underground workforce. Rapid transport of men using manriding trains implies careful track construction and appropriately designed rolling stock. Additional costs involved in changing from a slow travelling road to a rapid transit roadway are relatively low and the gain in added time on-face with increasing distance. Skilifts are productive, especially on inclines, reasonably cheap, proven in service and low on maintenance. They are always available and take up little space in the road. Overhead monorails and trapped rail floor systems can also be used for manriding with minor modifications provided that the material volumes handled by the system leave some spare capacity. Proven manriding appurtenances such as seat beams, remote radio control, railbus etc. are also available. Conveyor belts can be adapted without much expense for manriding, provided the belt speed is not in excess of 2.5 m/s. Two-tier, top and bottom strand riding is the most productive and cheapest system for roads already equipped with belts. Free-steered vehicles are a new departure in coalmines and deserve further develop-

ment. They call for specially tailored layouts, a good riding surface and a sufficient roadway section. (In German)

9341

Materials transport - state of the art, technical development, practical limits and outlay

Spinka, H.

Glückauf; 119(4): 163-170 (24 Feb 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119(4): 55-60 (24 Feb 1983)

The increasing depth of mine workings, the underground linkage of satellite mines whilst existing coal winding shafts are retained, the increasing concentration of production - these are all factors which will continue to make growing demands on transport systems. Not much leeway is left for further output increases and improvements so far as the means of transport are concerned. The main effort along these lines must be concentrated on improving the payload-to-deadweight ratio (which is sometimes still very unfavourable), to make the tracks and drives more efficient and to make operations even safer. (In German)

9342

Monitoring and control of manriding and materials transport

Aunkofer, G.

Glückauf; 119(4): 170-179 (24 Feb 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119(4): 60-63 (24 Feb 1983)

Monitoring and control over manriding is as important as its good planning, organization and management. This applies even more to materials transport underground. Efforts to obtain reliable and particularly comprehensive data for proper engineering decisions have so far been isolated and on a piecemeal basis; they were and are costly. For some time now, two models and programmes for monitoring manriding and transport have been available. The EDP system of the Fraunhofer Institute is built up on Ruhrkohle AG data and is particularly useful for planning manriding. The other model is the Colliery Project Data Index (ZPD) for "outbye services" and was developed by Ruhrkohle AG. Provided sufficient data input exists, extensive evaluation can be obtained from the computer centre. The EDP print-out provides many facts, data, figures and specific coefficients which are useful for any engineers in this field. Especially for cost-intensive material transport will this programme offer continuous help in daily work. The Fraunhofer Institute should now work out a programme for planning materials transport on the lines of that developed for manriding. Both manriding and materials transport can be better planned and more economically monitored and controlled with the Ruhrkohle AG and Fraunhofer Institute programmes. (In German)

9377

An electronic barometer for mine pressure surveying

Hemp, R.; Deglon, P.

J. Mine Vent. Soc. S.Afr.; 36(2): 15-22 (Feb 1983)

The authors describe a barometer they have constructed using a pressure transducer with a quartz element. The instrument has proved suitable for underground pressure surveys and is claimed to be an improvement on instruments which have hitherto been used for this purpose. The accuracy and sensitivity of the instrument are given,



together with other information on its performance. (3 refs.)

9400  
Guided inductive radio wave propagation in mine shafts

Reuters, H.  
*Glückauf-Forschungsh.*; 44(4); 162-170 (Aug 1983)  
Shaft measurements have shown that inductive systems provide remarkably reliable transmission because of the comparatively strong link between transmitter and receiver. It is immaterial, at least for the frequency range up to 2 MHz, whether the transmission medium is copper or steel, and whether symmetrical or asymmetric arrangements are used. Only in special cases where there are complicated local conditions do asymmetric conductor arrangements give better results. Good results are obtained using the winding rope as an antenna; the rope loop can be either open or closed. The field distribution can be strongly affected by intermittent coupling with electrical and mechanical plant, and with strata. Critical points are areas with an accumulation of iron. Such discontinuities can give rise to field strength variations of the order of 20 dB. (In German)

55  
Application of computer-based monitoring systems in the Ruhr Coalfield

Cleary, J.W.  
*Min. Eng. (London)*; 143(265); 199-203 (Oct 1983)  
A visit to the Ruhr Coalfield to examine the use of computer-based monitoring systems is described. Five mines, two equipment manufacturers and an Area computer centre were visited. The paper gives a description of the installations seen at these sites in May 1982. Applications varied from environmental and production monitoring, through stock control and distribution to manpower deployment control. (6 refs.)

58  
Water in blast holes can improve blasting efficiency and cut costs

O'Regan, G.  
*Aust. Coal Miner*; 5(8); 39-42 (Aug 1983)  
Water in blast holes has been a traditional problem faced by blasting engineers and foremen in surface mining. Presently accepted techniques for blasting in water-filled holes include the use of more expensive watergel explosives which are denser than water, dewatering of holes by pumping, and blowing out the water with a small charge before loading the main ANFO charge column. These methods involve considerable expense and delay to the normal charge-loading procedure. The author describes a method of using the water in blast holes to improve blasting efficiency and reduce the consumption of explosive.

76  
Roadway driving methods, planning and supervision of operation

Knickmeyer, W.  
*Glückauf*; 119(18); 868-871 (22 Sep 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119(8); (18); 346-347 (22 Sep 1983)

The development of roadway driving methods in the last 25 years has been characterised by increasing mechanisation, and in particular by the introduction of roadheading machines. Research and development carried out by Bergbau-Forschung in this area is described. It includes work on mechanical driving, drilling large boreholes in rock, and investigation of new rock-breaking

methods such as the use of high-pressure water jets. The planning and programming of drivage operations are also discussed. (In German)

87  
Optimum distance between freezing columns for shaft sinking

Bel'ferman, M.U.  
*Shakhtnoe Stroit.*; (6); 15-17 (Jun 1983)  
Methods of calculating the optimum distance between columns are discussed. Four possible optimum variants for different conditions of shafts and shaft equipment are given, with computer calculations for conditions of a shaft at the "Yuzhno-Donbasskaya" no.3 mine. Drilling and freezing costs related to the year of commencement of construction of a mine are at a minimum with a distance of 1.5-2.5 m between columns. Projected distances are currently less than this, and could be increased because the time taken for completion of the shaft considerably exceeds the time required for drilling and freezing operations. This was verified at the Yuzhno-Donbasskaya no.3 mine; details are given. The quality of borehole drilling must be improved if the full benefit of optimum column spacing is to be realized. (4 refs.) (In Russian)

104  
Empirical methods of subsidence prediction a case study from Illinois

Hood, M. and others  
*Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.*; 20(4); 153-170 (Aug 1983)

Subsidence profiles above two adjacent panels in Illinois are compared with profiles predicting subsidence behaviour obtained using: i) the NCB method; ii) the profile function method; and iii) the influence function method. The NCB method predicts the maximum subsidence values at the centre of the troughs accurately, but the overall shapes of these predicted profiles do not match the profiles from the measured data well. Problems associated with calculation of surface curvatures from vertical displacement data are highlighted and a recommendation is made for future studies to consider direct measurement of parameter. A hyperbolic tangent profile function is shown to serve, as an accurate predictive tool for subsidence behavior in 2 adjacent longwall panels at an Illinois mine. This function predicts not only vertical displacements, but also the surface curvature above both panels. Influence functions are shown to be more problematic, although potentially more flexible, in their application than the profile functions.

105  
Consolidating caved waste at Haus Aden Colliery

Schroer, D. and others  
*Glückauf*; 119(17); 802-804 (8 Sep 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119(17); 314-315 (8 Sep 1983)

The paper describes the difficulties caused by spillage of caved material at Haus Aden Colliery where inclined seams are being worked, and the way in which the problem has been solved. The method used is to spray the waste and roof at the break-off edge with instant grout delivered by a rotary spray machine and pipeline up to 240 m in length. The grout is applied up to 10 cm thick in a single pass. The consolidated waste has facilitated safe withdrawal of shield supports and enabled the withdrawal road to be supported with



temporary and permanent supports. (In German)

107

Mine supports and rock mechanics

Irresberger, H.

*Glückauf*; 119(18); 871-874 (22 Sep 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119 (18); 347-349 (22 Sep 1983)

Work at Bergbau-Forschung in the field of mine supports and rock mechanics is aimed at improving strata control in its entirety. It comprises calculation of strata pressure with a digital computer model; planning methods for support of headings, drifts, gateroads and faces; test programmes to establish operational characteristics of roadway and face support; and methods of monitoring performance of supports installed underground. These individual aspects are discussed. (In German)

122

Moisture contamination of mine winder brakes

Hilton, W.

*Colliery Guardian*; 231(9); 491-492, 495-496 (Sep 1983)

This paper describes an investigation of brake contamination on mine winders carried out at Trent Polytechnic, Nottingham. The contamination considered was water condensed from the atmosphere. The test rig and the testing procedure are described. The results indicated that there can be a dramatic loss of braking torque (in excess of 50 %) under conditions of moisture contamination on the brake path; where moulded asbestos brake linings are well bedded to the brake path and operating at rubbing speeds and braking pressures commonly found in practice. The series of tests was insufficient to produce firm data on which design modification could be based.

131

Electronic alarm systems make Selby a safer mine

Platt, S.H.

*Electr. Rev. (London)*; 213(10); 35,37-38 (23 Sep 1983)

The fire and gas detection systems for use at the Selby complex are described under four headings: hand-held instruments, site-installed instruments, tube-bundle systems, and surface laboratories. The emphasis is on the improvement in the detection of hazards underground afforded by modern instruments.

136

Selection and optimization of mine pumping systems

Bridgwood, E.W. and others

*Int. J. Mine Water*; 2(2); 1-19 (Jun 1983)

The paper describes factors affecting the design of a pumping system for a mining layout, including variations in the make and quality of mine water. The main pumping duties that can be assigned to a mine dewatering system are specified in terms of delivery rate, total head and the quality of water. The physical effects of undissolved solids on the wear and tear of the pump are outlined, together with the possible solutions. Various inter-related design factors considered in the paper are standage capacity, water make, load factor, cost of minimizing friction losses, centralised pumping versus individual pumps delivering directly to the surface. Types of pump available are discussed in relation to their selection and the

system optimisation. Some typical case histories are described that indicate the necessity for advanced planning in solving specific pumping problems. (In English)

139

Arrangement scheme of a semi-parallel ventilation system

Konoplev, E.S.; Sharf, V.G.; Timukhin, S.A. *Shakhtnoe Stroit.*; (4); 16-17 (Apr 1983)

Evaluates a version of the system with two parallel blowers. The system is used for blowing ventilation in coal and other mines. In the modified version the two blowers are not parallel but are inclined. Air channels which supply air to the blowers have a circular rather than square crosscut. Blower arrangement and shape of air channels are shown in two schemes. Comparative evaluations of the aerodynamic resistance of the half parallel blower system with two VOD 30 blowers show that resistance of the air channels which supply air to the blowers is reduced to 0.23. A calculation method for determining aerodynamic resistance of air channels in the systems of the semi-parallel blower system considering air channel shape, dimensions, arrangement and position of two blowers is presented. Examples of practical use of the method are discussed. (In Russian)

154

Portable dust sensor

Colombier, A.

*Ind. Tech.*; (512); 106-108 (20 May 1983)

This portable dust sensor can measure in mg the degree of exposure to respirable dust per working shift. Developed by CERCHAR, the device is based on a new method of particle selection and can operate irrespective of the position and movements of the wearer. The sensor has an admission rate of 10 l/min. The dust-laden air passes through a pre-separator and a polyurethane-foam filter before entering a rotating-filter chamber. The dust concentration is calculated as a function of the volume of air treated. The device weighs a total of 400 grams and is intended for miners as well as for use in the factory and workshop. (In French)

160

A new shield for drawing roof coal

Simon, K.; Pera, F.

*Glückauf*; 119(17); 804-807 (8 Sep 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119 (17); 315-317 (8 Sep 1983)

The design of a new Hungarian draw-shield is described. It is a 4-leg caliper shield; two legs are built into the gob shield, while the other two activate a drawing door fitted in the shield. Conveyor under-frames increase the stability of the structure. Details of trials carried out at Armin Colliery are given. These showed the shield to function well, the coal sliding easily through the door onto the face conveyor. (In German)

161

Remote control technology

Olaf, J.

*Glückauf*; 119(8); 882-883 (22 Sep 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119 (18); 353 (22 Sep 1983)

Activity at Bergbau-Forschung in remote control technology is outlined. Monitoring of machine health, mine air, and seismic signals has been undertaken. The application of process computers to control underground operations has progressed to the point where a general programme system is



available. The objective is the central monitoring of all data relevant to mine safety and the automatic coordination of control functions. The development of intrinsically-safe microcomputers has increased the possibilities for underground control. Radio control systems have also been investigated. (In German)

165

New schemes and construction of reinforcing systems for vertical shafts equipped with cages

Gorentsveig, I.G.

*Shakhtnoe Stroit.*; (4); 4-8 (Apr 1983)

Discusses problems associated with arrangement of equipment in vertical shafts of underground coal mines. Safety regulations for mine shaft equipment are reviewed; position of pipelines for compressed air in relation to a cage, use of round balance ropes in shafts more than 700 m deep, the minimum permissible distance between cages, cages and reinforcing elements, platform for maintenance and control of shaft equipment (surface 0.6 m<sup>2</sup>) fastened to a balance rope, the minimum distance between electric cables and a cage, the minimum distance between water pipes and a cage. Schemes for arrangement of shaft equipment in shafts equipped with two cages are comparatively evaluated. Position of cages, shaft guides, buntens, cantilever beams, emergency ladder, cables and pipes is shown in 4 schemes. Effects of shaft guide position in relation to a cage on stability of cage movement in a shaft and on arrangement of other shaft equipment are analyzed. Recommendations on improved schemes of shaft equipment arrangement are made. (7 refs.) (In Russian)

191

The development of a water jet system to improve the performance of a boom-type roadheader

Gayson, K.P.

*Min. Technol.*; 65(755); 327-328, 330-331, 333-334 (Sep 1983)

At present over 600 km of underground development roadways are driven each year in UK coalmines. The preferred method of drivage is by boom-type roadheaders, but these are restricted in use by the inability of mechanical picks to cut efficiently in hard strata. Research has shown that water jet assistance can enhance the cutting performance of mechanical picks. A prototype system for use on a roadheader has been developed in conjunction with the US Department of Energy. Successful field trials with this system have led to the current development of a preproduction version to enable full scale underground trials. Evolution of the project to date is described, and an outline is given of the engineering problems yet to be solved before a viable system can be produced. (3 refs.)

605

Working through the Sandgewand fault between Anna and Emil Mayrisch Collieries

Arauner, H.-W. and others

*Glückauf*; 119(19); 919-924 (6 Oct 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119(19); 372-375 (6 Oct 1983)

The greatest risk associated with the restructuring of the Aachen Coalfield lay in the driving of a connecting road through the Sandgewand fault between Anna and Emil Mayrisch Collieries. The fault was traversed at a point where it has a 350 m vertical throw and a width of some 40 m,

the filling consisting largely of fine-grained, powdery shales with rock and coal inclusions. It was not possible to locate the fault accurately by a preliminary drilling programme. Quick-setting building materials were used to stabilise even the smallest areas of exposed roof. A highly stable, reinforced concrete support between 0.7 and 0.9 m thick was constructed within a roadway cross-section of 24 m<sup>2</sup>. Smooth traversing of the Sandgewand fault was achieved in 1979 and the breakthrough in the connecting roadway between Emil Mayrisch and Anna Collieries was made in July 1983. (In German)

616

The mechanics of caving involved in level-seam workings

Tincelin, E.

*Ann. Mines*; 190(4); 27-48 (Apr 1983)

The article describes the behaviour of the layers of roof strata in the event of caving so as to explain various phenomena associated with underground mining: initial rock bursts, cyclical rock bursts, stress in the unworked zone immediately ahead of the face. Part I deals with caving in deposits where the strata concerned are left approximately in the elastic zone around the face; and Part II deals with caving in deposits where the strata concerned return to a post-fracture (or plastic) state in the zone around the face. (In French)

634

Pneumatic stowing. Planning, setting up and operation

Rauer, G.; Voss, K.H.

*Essen, FRG, Verl. Glückauf, 43 pp (1983)*

Ever since the previous edition of the Manual on Pneumatic Stowing in 1976 technical progress in this field has not stood still. Whereas pneumatic stowing combined with powered support systems has so far been practised only in seams of more than 2 m thickness, viable solutions are now being produced for seams thinner than 2 m. As far as methods of introducing the stowing material on the coalface are concerned, advancing of the stowing duct in one piece, synchronised with the powered supports, is practised in parallel with section-wise shifting of the pipes which is normal with inclined seams. Mechanised lateral discharge, and, more recently front discharging units are used in conjunction with stowing pipes advanced in one piece with the face supports. For stowage waste to be brought down through main shafts and staple shafts novel and more wear-resistant gravity ducts were developed as well as greatly improved designs of bunker and buffer space. (In English)

647

Control of natural hazards in underground building by methods of strengthening and sealing of a rock mass. In International symposium - underground works, man, environment - preprints

Milkowski, W.

*Int. symp. on underground works, man, environment, Warsaw, Poland, 16-19 May 1983. Warsaw, Poland, Osrodek Postępu Technicznego NOT, pp 451-463 (1983)*

Presents mathematical formulae for calculating major parameters of borehole injection and filtration of injection liquids during underground rock sealing as a measure against water influx and rock falls in underground coal mines. It was found that injection pressures can be too high,



which causes loosening of rock grains and rock expansion. This process of rock loosening starts at the moment of balanced forces between injection pressure and vertical rock mass pressure. Equations are given for determining the value of injection fluid flux density. The dependence of this value on coefficients of rock expansion was analyzed by test models on a scale of 1 : 10 and 1 : 5. These theoretical calculations are considered to be a means for improving the quality of injection and rock sealing. Consolidation of roof rock for control of rock falls is further discussed. Results of applying epoxy and urea resins for strengthening roof rock in a section of coal longwall mines are included. (8 refs.) (In English)

690

Underground haulage by diesel and storage battery locomotive

NCB Mining Department

London, UK. National Coal Board. 75 pp (1983)  
National Coal Board (Mining) codes and rules

The operation and maintenance of underground locomotives which operate on conventional or asymmetrical rails are covered. The transport of persons underground or in walkable outlets to the surface by locomotive haulage is also included in this code. Training of personnel, design requirements, signalling and communications, safety devices, ventilation, operation, brake testing and maintenance are all discussed.

718

Further development of shield supports in the eighties

Raetz, B.-W.

Glückauf; 119(19); 925-930 (6 Oct 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119 (19); 375-378 (6 Oct 1983)

In 1982, more than 79 % of all coalfaces in West Germany were equipped with shield supports. The author considers that there is still room for improvement in their performance, and a number of measures that could be taken are discussed. These include : wider use of hinge-plate and extensible forward roof bars; automation of bar extension mechanisms in forward bars; better integration of winning and supporting; improvement of support hydraulics; and reduction in support weight. (In German)

#### PREPARATION

9436

Preparation results from a new type of jig for coal fines

Heintges, S.

Glückauf; 119(15); 740-743 (11 Aug 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119 (15); 292-294 (11 Aug 1983)

The KHD-Humboldt-Wedag AG fine coal jig is an electronically-controlled feldspar jig. It has been tested at Hugo Colliery and the results for a size range from 3 to 0.125 mm when handling aspirator dust have confirmed its superior efficiency to other types of jig. The KHD-Humboldt-Wedag jig is expected to provide cost benefits over other preparation routes. (In German)

195

Recent developments and research in the separation of fine coal below 2 mm at Ruhrkohle AG

Wilczynski, P. and others

Glückauf; 119(17); 814-820 (8 Sep 1983) Avail-

able in English in Glückauf + translation; 119 (17); 320-325 (8 Sep 1983)

Changing characteristics of run-of-mine coal and the necessity to minimise costs have led to a re-examination of coal preparation methods used in the Ruhr Coalfield. A new process flowsheet was developed. For the lower size ranges this involved separation of the two 0.1 mm size in fine coal-jigs, and separation of the below 0.1 mm by froth flotation of dilute slurry. New plant was developed and successfully proved in practice. A report is given on the design, method of operation and test results of this equipment. (In German)

197

Coal preparation

Leininger, D.

Glückauf; 119(18); 884-886 (22 Sep 1983) Available in English in Glückauf + translation; 119 (18); 354-355 (22 Sep 1983)

Aspects of Bergbau-Forschung's work on coal preparation considered in this paper include installations for the homogenisation of coal, flotation of fine coal, and optimisation of dewatering. In recent years there has been an emphasis on process control of coal preparation operations. The use of preparation wastes for the manufacture of building materials has been examined, and most recently, questions of environmental protection have been studied. (In German)

#### TRANSPORT & HANDLING

1688

Pneumatic conveying of coal dust over great distances

Schaberg, F.; Balzau, G.

Zem.-Kalk-Gips; 36(6); 352-355 (Jun 1983)

This paper describes a pneumatic batch conveying system which links two sections of a Spanish cement works via a 2540 m long coal-conveying pipe. Following a functional description of the system, a comparison is made between the design data and measurement results. The pressure curve of the conveying pipe is subsequently presented and discussed, and finally an economic comparison is made between a troughed belt conveyor and the pneumatic conveying system. (In German)

1697

Slurry pipelines

Wasp, E.J.

Sci. Am.; 249(5); 42-49 (Nov 1983)

An estimated 72 % of U.S. coal is found in seven Western States, but costs of transport to power stations outside these states (the main consumers) are high. The article examines the economic and practical advantages of a slurry pipeline for this purpose. The history of pipeline transportation of coal is outlined and the case histories of several long-distance pipelines in the U.S. are described, including the Black Mesa line, which at 273 miles is currently the longest. Plans for exploiting the Western coal (which has the environmental and economic advantages of being low in sulphur) via such a pipeline are presented. Energy Transportation Systems, Inc. (ETSI) will be responsible for the development of the next pipeline and hopes to institute a continuous system of coal preparation, pipeline transportation and dewatering.



## PROPERTIES

233

Differences in handling western and eastern coal

Johnson, A.W.

*Energy Prog.*; 3(2); 80-85 (Jun 1983)

This paper relates to US coals. Production from the western states is increasing rapidly, and it is estimated that by 1990 output will exceed 500 million tons/year. Experience in handling and storage of western coals is being acquired. They have very different properties from those from the eastern states being, for example, of lower calorific value, having higher moisture content, being more friable and therefore subject to greater degradation and being more prone to spontaneous heating. The author describes a number of factors to be taken into consideration in the handling and storage of western coals.

242

Chemistry

Koelling, G.

*Glückauf*; 119(18); 894-898 (22 Sep 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119(18); 360-362 (22 Sep 1983)

The Chemistry Department of Bergbau-Forschung is involved both in the use of coal as a raw material in the chemical industry, and in the use of chemical products above and below ground, as well as in chemical analysis. The examples quoted are coal hydrogenation and the operation of a coal-oil pilot plant, coal tar chemistry and thiocyanogen chemistry. Analytical effort includes work on coal petrography. Of the use of synthetic resins underground, consolidation of coal and surrounding strata with polyurethane, and resin bolts are the most important applications. (In German)

253

Chemical composition of ash in coal and coke

Pluzhnikov, A.I.; Tsybal, G.L.

*Koks Khim.*; (5); 10-12 (May 1983)

Ash content in coke influences coke consumption rate by blast furnaces. In the Karaganda steelworks a 1 % ash content decrease in coke reduces coke consumption by a blast furnace by 1 to 1.6 %. Ash content in coke depends on ash content in a coal mixture and ash content in a coal mixture depends on ash content and washability of coal components. Not all ash components are of identical importance for blast furnace coke production. Investigations show that silica and aluminium oxides are only slightly influenced by thermal degradation and reduction reactions which take place during coking. Coal pyrolysis decisively influences content of sodium oxides, potassium oxides or iron oxides. Sodium and potassium carbonates are also unstable and undergo degradation. Taking into consideration that silica and aluminium oxides are not influenced by thermal degradation during coking an increase in the two oxides in a coal mixture used for coking causes an ash content increase in coke. Examples of coal from the Kuzbass and the Vorkuta mines are given. Replacing 5 % of the KZh and K coal from Karaganda with G6 coal from the Kuzbass characterized by the identical ash content but by higher content of silica and aluminum oxides causes an increase in ash content in coke ranging from 1.6 to 1.8 %. (8 refs.) (In Russian)

## PROCESSING

9719

Pyrolysis of bituminous coal and reactivity between bituminous coal chars and various reactive gases

Hanzawa, T. and others

*Nenryo Kyokai-shi*; 62(671); 191-198 (Mar 1983)

The gasification rates and methane formation for raw bituminous coal, demineralised bituminous coal and coal chars, high in pyrite and sulphur, were investigated in various gases at 700 and 850 °C. Weight loss or methane production during coal pyrolysis up to 1000 °C in N<sub>2</sub> was essentially the same for the raw and demineralised coal and reached a maximum rate in the temperature range 480-520 °C. Gasification of the char in steam was inhibited by the pressure of H<sub>2</sub> and CO. Inorganic constituents present in the raw coal char exhibited negligible catalysist activity for the methanation reaction in the presence of H<sub>2</sub>/CO at 850 and 700 °C. (In Japanese)

9721

Flash pyrolysis of coal in reactive and non-reactive gaseous environments

Sundaram, M.S.; Steinberg, M.; Fallon, P.T.

Brookhaven National Lab., Upton, NY (USA) *Symposium on phenolics revisited Washington, DC, USA, 28 Aug 1983. DE - 83014426 BNL - 33144 CONF-830809 - 3 27 pp (Apr 1983)*

The objective is to obtain process chemistry for the rapid pyrolysis of coal with reactive and non-reactive gases for the production of liquid and gaseous fuels and chemical feedstocks. The gaseous products were analyzed via an on-line GC and the heavy liquids were characterized by HPLC, IR and GC/MS. The total carbon conversion was higher in the presence of reactive gases than in the presence of non-reactive gases. The heat-up rate of the coal particles in non-reactive gasifying media followed in order He>N<sub>2</sub>>Ar. The total carbon conversion from New Mexico subbituminous coal in the presence of these gases also followed the same order. Experiments were performed in a down-flow, entrained tubular reactor under a wide range of process conditions : 700 ° to 1000 °C, 20 to 1000 psi, 0.5 to 5 sec. coal particle residence time. The effects of these process variables and the physical properties of the pyrolyzing gases on the yield and the quality of products from the pyrolysis of New Mexico subbituminous coal are discussed.

9730

Transport of gas and energy by vertical in situ coal gasification

Palarski, J.

*Glückauf-Forschungsh.*; 44(4); 185-192 (Aug 1983)

Analysis of chemical and kinetic processes of underground gasification have shown that existing methods should be modified. These methods require a large contact area between the coal and the gasification medium, and avoidance of contact of the gasification products with the high temperature zone. Arrangements must also be such that the resulting ash does not obstruct the gas flow. The proposed method facilitates the flow of products in a vertical direction and relies on the movement of the reaction zone in the same direction. This ensures the complete conversion of the coal and high-quality gas. (In German)



9734

First results, problems of French deep gasification program  
Gaussens, P. Joint Publications Research Service, Arlington, VA (USA)  
N - 8317765 13 pp (Jan 1983)

The development of a technology for the gasification of deep coal reserves that are technically and economically not exploitable by classic mining methods was investigated. The principal problem is the very low permeability of the deep coal which makes it necessary to create an artificial connection between the injection and production wells which is done of hydrofracturing method. The possibilities of an electrical connection are studied. Difficulties related to the spontaneous ignition of the coal and the creation of a backward combustion are revealed. Exploration of the factors that might limit the quality of the gas produced or the quantity of coal extracted by doublet is suggested which should lead to obtaining criteria for site selection. Knowledge of the natural conditions of a site is essential for the decision and the selection of the operating method. The characterization can be obtained by using exploration methods such as coring, logging, surface geophysics.

309

Performance of alloys in coal-gasification systems  
Matesan, K. Argonne National Lab., IL (USA)  
American Institute of Chemical Engineers fall annual meeting, Washington, DC, USA, 30 Oct 1983. DE - 8301481# CONF-831063 - 2 22 pp (Jun 1983)

Over the last 10 years, extensive research has been performed to evaluate the compatibility of engineering materials and model alloys in multicomponent gas environments that are relevant to various coal gasification schemes. This paper examines the available information to give insight into the development of protective scales on alloy surfaces, causes for scale breakdown, and mechanical integrity of surface scales in alloys exposed to typical coal gasification environments. 12 references, 9 figures, 1 table.

344

Reconstitution of coals  
Hiratani, T.

*Chem. Econ. Eng. Rev.*; 15(6); 19-24 (Jun 1983)  
The development of the Japanese Recon coal process by Kawasaki Steel Corp. is traced. Essentially the process involves the conversion of non-coking coal into a primary coal extract by mild hydroextraction. An 8 ton/day pilot plant has been in operation since 1981 and tests have been carried out on US, Australian and Japanese coals. The principal use envisaged for Recon coal is for blending with non- or weakly-coking coal for carbonisation as a substitute for coking coal. The results of coking tests are shown. In view of the present climate in the iron and steel industry, other applications such as the manufacture of anodes or carbon fibres may be pursued. (4 refs.)

347

Underground gasification of deep thin coal seams  
Gruppig, A.W.  
*In Situ*; 7(3); 219-235 (1983)

Model calculations have been used to determine the relationships between the gas injection rate, seam thickness, linking distance, project time and gas quality in

the gasification of deep thin coal seams between widely spaced boreholes. An example is presented for steam-oxygen gasification of a 1 m thick seam. Heat losses appear to be of little importance. In sub-bituminous coal at high pressure the reaction front is short when compared with linking distances that can be achieved with in-seam drilling. There are no fundamental reasons why a sequence of thin sub-bituminous coal seams could not be profitably exploited if the width of the chambers can be significantly increased. In dipping seams this can be achieved by applying back-filling techniques.

1868

Methanation of synthesis gas with a cooled reactor (Methanisierung von Synthesegasen in gekühlten Reaktor)

Schleibahn, H.J.R.; Vorwerk, M.; Kiellerich-Hansen, H.; Skov, A.; Hoehlein, B.; Menzer, R.

*Juel-Spez - 197 Juelich, FRG. Kernforschungsanlage Juelich G.m.b.H., Inst. für Reaktorbauelemente.* 20 pp (Mar 1983)

The methanation process is an important unit in generating synthetic natural gas (SNG) from coal and in providing heat in the "Long-Distance Nuclear Energy Transport" (NFE) system. Processes for methanating synthesis gases containing CO, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> have been developed and tested at the Kernforschungsanlage Juelich GmbH (KFA Federal Republic of Germany) since 1976. This is being carried out together with our partner in the NFE Project, Rheinische Braunkohlenwerke AG, Cologne (FRG) and partly with Haldor Topsoe A/S in Copenhagen (Denmark). In 1982 a singlestage pilot plant was put into operation at the KFA in which one reactor with cooled "stepped" reaction tubes and catalytic fixed beds was utilized. The first test operation of 400 hours shows that at a high gas load on the reaction tubes, thermodynamic equilibrium at 320 °C with a high methane content in the product gas can be achieved after about 5 m of the reactor length with simultaneous steam production at 100 bar. (In German)

1927

Hydropyrolysis - third way for coal conversion

Cyprès, R. and others

*Erdöl Kohle, Erdgas, Petrochem. Brennst.-Chem.*; 36(10); 471-477 (Oct 1983)

Hydropyrolysis results presented in this paper have been obtained by two different routes: 1) gasification yields were established by thermogravimetry in an installation able to operate up to 10 MPa and 950 °C on 0.1 g of coal; 2) a fixed bed reactor with collection of oil and gas enabling carbonisation to be carried out under the same conditions on 100 g of coal. The authors conclude that hydropyrolysis coupled with char combustion or gasification appears possible as a third route for coal conversion beside integral gasification and liquefaction. The advantages are low investment costs, low hydrogen pressure requirements compared with hydroliquefaction or hydrogasification, low hydrogen consumption, good energy efficiency and lower SO<sub>2</sub> pollution on combustion of the residue. (In English)

1929

Pyrolysis of high volatile bituminous Atlantic coals as a first step in a dual utilization strategy for the production of liquid hydrocarbons and semicoke



Chornet, E. (Groupe de Valorisation Energétique)  
ARL-TR - 26 NRCC - 19538 Halifax, Nova Scotia  
Canada, National Research Council of Canada,  
51 pp (1981)

Vacuum pyrolysis of three Nova Scotia coal samples indicated that the technique is capable of organic liquids yields between 14 and 18 % (m.a.f. coal, basis) and the organic liquids contain an appreciable proportion of high molecular weight compounds (pitch) that can be catalytically hydrogenated under relatively mild conditions.

## COMBUSTION

9750

Multi-bed combustion demonstrated in Sweden  
Ingesson, L.-O.

*Mcd. Power Syst.*; 3(7); 67 (Jul 1983)

The multi-bed combustion process developed by Stal-Laval consists of two-stage combustion with two atmospheric fluidised beds. The first bed is fluidized in a conventional way and is operated at 850-950 °C. Combustion gases from the fast bed, together with some secondary air, are used as the fluidising medium for the upper bed in which secondary combustion takes place. A 2 MW demonstration plant has been built at Nyköping. A 10 MW(th) commercial plant has now been ordered and will be built in Nyköping. This will initially be fuelled by coal, but other solid fuels will also be used.

9754

Fly ash surface formation and segregation during heating

Smith, R.D.; Baer, D.R.

*Atmos. Environ.*; 17(8); 1399-1409 (1983)

The possible importance of various physical and chemical processes relevant to fly ash surface formation during coal combustion has been studied. Chemical segregation phenomena and crystal formation processes occurring on fly ash glass surfaces during heating in air and vacuum have been observed for extended periods and at temperatures up to 1100 °C. XPS, Auger and SIMS methods were used to obtain both relative surface elemental concentrations and depth profiles for major and minor components. For the fly ash glass heated in air, Fe, Ti, and Mg become enriched on surfaces, while heating in a vacuum leads to Si surface segregation. The results indicate two levels of surface enrichment: a thin (< 300 Å) layer and a thicker (1-2 μm) layer most evident for heating in air where an Fe-rich layer is formed. The rates of surface segregation may not be sufficiently rapid on the time scale of fly ash formation to result in equilibrium levels of surface segregation, and condensation processes during fly ash formation probably play a major role in the observed surface enrichments.

353

Injection of coal as auxiliary blast-furnace fuel

Sakurai, S. and others

*Ironmaking Steelmaking*; 10(3); 137-142 (1983)

In Japan all-coke operation has been widely adopted for blast-furnace operation instead of using oil injection. The use of other fuels is currently under examination. The energy content and cost of the various alternative fuels (coke, powdered-coal injection, tar injection, coal-water slurry (CWM) injection) have been evaluated using a simulation model of blast-furnace operation. All-coke operation was the most

suitable for the Kawasaki Steel Corp (KSC), although pulverised coal and coal-water slurry were also effective fuels. The system of pulverised-coal injection developed by KSC is described. Use of coal-water slurry is still in the experimental stage. The upper injection limit for 70 % coal-30 % water is 30-40 kg/t of metal.

360

Coal utilisation

Schilling, H.-D.

*Glückauf*; 119(18); 904-906 (22 Sep 1983) Available in English in *Glückauf + translation*; 119(18); 366-367 (22 Sep 1983)

The Coal Utilization Department of Bergbau-Forschung is concerned with developing new processes for electricity and heat generation, and studying the economic viability of coal utilisation and beneficiation processes. The work includes fluidised-bed combustion and underground gasification. Particular emphasis is laid on environmental aspects. The economics of various coal conversion processes are studied. (In German)

379

Use of locally available energies for heat delivery systems. In Energy - development - quality of life

Augustin, M.B.

12. congress of the world energy conf., New Delhi, India 18-23 Sep 1983. London, UK, World Energy Conference, Division 1, Section 1.4, 22 pp (1983) Paper no. 1.4-02

After describing France's position as regards energy supplies (no oil reserves, little natural gas, hydraulic energy capacity fully utilized, coal mining affected by financial constrictions, certain amount of uranium) the author proceeds to discuss how local energy sources can be used to fuel district heating systems. The various sections deal with the following energy-supply systems: fluidised-bed combustors (for low-quality coal and other combustible material), incineration of household waste, biomass incineration, geothermal sources (aquifers), thermal waste, steam draw-off from power stations, and nuclear reactors. Examines the problems which face the introduction of heat supply systems of this type and discusses the compatibility of multi-source installations. (16 refs.) (In French)

1067

Firing coal refuse in fluidized-bed steam generators. In 8th Kentucky coal by-products symposium. Enhanced energy and coal recovery from preparation facilities and disposal sites. Proceedings.

Toth, D.A.

8. Kentucky coal by-products symposium - enhanced energy and coal recovery from preparation facilities and disposal sites, Lexington, KY, USA, 12 Sep 1982. CONF-8209162 - Lexington, KY, Institute for Mining and Minerals Research, University of Kentucky, 23-27 pp (1983) Rose, J.G.; Bland, A.E. (eds.)

Until recently low grade fuels, such as mine refuse and very high ash coals, have been considered too difficult to burn and too low in heating value to be considered a commercial fuel. With the advent of commercial fluidized-bed boilers, these waste products can now be utilized to produce reliable low cost energy at reasonable capital costs. This paper deals specifically with the ability of the fluidized-bed process to fire mine refuse and high ash type fuels in a commercial capacity. Examples of units designed to fire these fuels are reviewed and some general plant guidelines outlined.



1073

Fluidized-bed combustion furnaces. Current status and prospects

Winkler, W.

*TUE: 24(3): 104-107 (Mar 1983)*

Current developments in fluidized-bed combustion are characterized by the experience gained so far with a number of reference systems using steady atmospheric fluidized-bed combustion, so that one can say developments have obtained a certain degree of maturity as far as small-size plants are concerned. The use of cheap low-grade fuels seems to justify in terms of economy the introduction of small-size steam generator systems with fluidized-bed combustion. Despite the advantages to be seen in this process, one should not fail to realise that the operation of fluidized-bed combustion systems still is in its infancy. Close co-operation between manufacturers and operators is required to further develop the new systems to maturity. (In German)

1963

Coal-burning ships return to the high seas  
*Electr. Light Power: 61(9): 23 (Sep 1983)*

If economics prompts shippers to join utilities in the return to coal, the market for coal could have a major breakthrough. Only one coal-burning ship has been launched, with two conversions and none under construction, but a widening price gap between coal and oil is encouraging oil companies with large coal reserves to look seriously at the coal-fired ships already used by other countries. Modern coal-handling technology requires the same personnel for a coal-fired as an oil-fired ship. (DCK)

1970

Burning coal mixtures

Kuhn, R.

*VGB Kraftwerkstech.: 63(6): 508-513 (Jun 1983)*

This paper shows that by observing certain limits the risks in burning mixtures of different coals are substantially controllable. For example, consequently grinding to a more fine and therefore less economic degree cannot prevent an increase in incombustibles in the fly ash > 5% at certain unit size and with particular mixtures. The sale and further application of fly ash, for instance, to the cement industry, is therefore, in doubt. If the power requirements of the mills according to plant size exceed a certain limit, the use of milling plant and firing equipment with direct injection is no longer advisable. The increase in primary air requirement associated with this leads to constraints in the burner control range and also to unfavourable admissions to the air heaters and consequently to increased costs in the heating surface area. In this respect a milling plant with an intermediate separator or a bin and feeder system can provide a solution. The burner control range and air heater admission are then optimized. The higher costs associated with the milling plant are substantially counter-balanced by the cost savings in the heating surface area. The various systems have to be examined economically from case to case. (In German)

## WASTE MANAGEMENT

9888

Waste disposal and the environment

Elleloch, J.D.

*Colliery Guardian: 231(8): 392-393, 396-398, 400-401 (Aug. 1983)*

Disposal of waste is now a significant environmental factor in the planning, development and operation of collieries in the UK. A colliery with a saleable output of 1 Mt/year could have to dispose of 400 000 t of coarse waste and 100 000 t of fine waste. Methods of treatment of waste are described and the costs of disposal are shown. Methods used for tip construction are considered in some detail, and restoration work carried out on tips by landscaping and revegetation is also mentioned.

404

A simple approach to slope stability

Greenwood, J.R.

*Ground Eng.: 16(14): 45,47,48 (Nov 1983)*

When analysing the stability of a soil slope a hand calculation is beneficial in understanding the potential forces acting on the slope and for appreciating the sensitivity of the calculated factor of safety to the parameters selected. The commercial computer program is a valuable aid in determining the most critical slip surfaces once there is a basic understanding of the slope and parameters. A simple equation for slope stability analysis has been developed. Its application has been demonstrated for routine calculations where often the strata, strength parameters and water pressures cannot be precisely defined and where the effects of variations in the parameters are to be studied. The simple equation is readily applied by hand and results are shown to be comparable with other accepted, but more complex, methods of analysis.

405

Mine water utilization in the USSR national economy

Voznjuk, G.G.; Gorshkov, V.A.

*Int. J. Mine Water: 2(1): 23-30 (Mar 1983)*

The paper briefly describes mine water utilization in the USSR. Mine water is classified according to pH, degree of mineralisation and composition. Water standards are described together with the requirements of consumers for treated and untreated mine water. The use of mine water in industry, coal mining, coal preparation and agriculture are considered. The economics of mine water utilization are briefly mentioned. (In English)

428

Mine water pollution - an overview of problems and control strategies in the United Kingdom

Glover, H.G.

*Water Sci. Technol.: 15(2): 59-70 (1983)*

The management of water within the British coal mining industry and the means by which surplus waters are discharged to the environment without serious effect are described. The acquisition, use, treatment and re-use of water is discussed in detail with particular reference to the control



of the volume and quality of surplus water generated. (4 refs)

429

Waste water treatment and water recovery in coal thermal power generation  
Tsuda, S.

*Ebnara Infiruko Jiho; (88); 2-13 (1983)*

With the recent sudden rises in petroleum prices, coal is being reappraised as an alternative source of energy. Conversion from fuel oil to coal is going ahead in the field of thermal power generation, and here the anti-pollution measures required in the case of coal thermal power differ from those that have been employed in the case of fuel oil. In particular, the waste water discharged from flue gas desulfurization equipment has to be treated. The present paper examines methods of processing the flue gas desulfurization waste water produced in coal thermal power generation and presents case studies of waste water recovery and re-use. (4 refs.) (In Japanese)

1138

Prospecting and evaluation of coal refuse in secondary recovery. In 8th Kentucky coal by-products symposium. Enhanced energy and coal recovery from preparation facilities and disposal sites. Proceedings.

Otroba, T.G.

8. Kentucky coal by-products symposium - enhanced energy and coal recovery from preparation facilities and disposal sites, Lexington, KY, USA, 12 Sep 1982. CONF-8209162 - Lexington, KY, Institute for Mining and Minerals Research, University of Kentucky, 57-59 pp (1983) Rose, J.G.; Bland, A.E. (eds.)

Coal refuse piles can be found in any coal producing region of the country, and if properly evaluated for secondary reclamation, can prove to be a profitable business venture. Coal refuse, varying widely in composition and size, is a function of the seam mined, the mining method, and the preparation system. Since the percentage of recoverable coal as well as the quality of the coal varies greatly from one pile to the next, and even within the same pile, a thorough investigative study must be conducted prior to making any substantial investment decisions. The evaluation of coal refuse pile not only determines the quantity and quality of the recoverable coal, but also provides insight to the cleaning technique needed to obtain that quantity and quality of coal. This paper discusses the steps required for such an evaluation.

2065

Recovery of metals from coal ash : an annotated bibliography

Burnet, G.; Murtha, M.J.; Dunker, J.W. Ames Lab., IA (USA)

*DE - 84002633 IS - 4833 113 pp (Jan 1983)*

The criteria upon which the citations were chosen for this review were : 1) the citation had to mention coal ash as one of the raw materials or potential raw materials; and 2) the citation had to be concerned with the recovery of metals, or of minerals from which metals could be produced. Not included, for example, were citations which covered the general topic of recovery of Al from non-bauxite sources or the recovery of metals from flue gas desulfurization sludge. Also citations were excluded which covered the use of coal ash as an additive to concrete, a raw material for cement manufacture, a source of synthetic aggregate, or generally related to

construction. In addition to this primary search of the literature, an overall secondary search was conducted through the references cited in the English language papers obtained in the primary search. The citations obtained in this secondary search were again judged on the above criteria for inclusion in this review. A final list of 244 citations formed the bibliography. Annotations for these citations were prepared from the papers themselves, if possible, or from abstracts of the papers. A few pertinent citations were included where neither the paper nor an abstract was available. The bibliographic citations and annotations appear in Section 7.0 of this review. A cross-index of the bibliographic citations is given in Section 6.0.

## PRODUCTS

1210

Potential applications for fly ash

Moertel, H.

*Ceram. Forum Int.; 60(4); 136-143 (4 May 1983)*

Coal-fired power plants produce very large amounts of ashes. In the Federal Republic of Germany, approximately two thirds of the hard-coal ashes are salvaged. The major portion of all such ash consists of granulated slag from molten-ash chambers. The construction of new power plants employing modified technology, however, involves an ever higher accumulation of fly ash requiring new and more extensive possibilities for its utilization. At the present time, little brown coal fly ash is salvaged. This is a raw material for which feasible uses must be found. This contribution surveys the present range of potential uses for both types of fly ash, whereby particular attention is paid to possible exploitation by the ceramic industry. Of primary interest in this connection are potential applications in the heavy-clay sector, most notably in brick-and-tile production, where the primary advantages include improved drying behavior and superior green properties, as well as better cooling behavior and improved finish-product properties. (In German)

## HEALTH & SAFETY

10062

The use of nitrogen for firefighting in German coal mines

Kock, F.J.

*Rev. Inst. Hyg. Mines; 38(2); 160-165 (1983)*

In December 1974, for the first time in the West German coalmining industry, liquid nitrogen was gasified at the surface and fed to a mine fire underground. This developed into a standard firefighting procedure in mines and has been used many times. The great advantage of the method for mine rescue operations is that it eliminates explosion hazards and creates better working conditions for rescue personnel. The example of a large-scale fire in 1982 illustrates how fire zones can be stopped and re-opened in immediate succession under certain conditions. The neutralization method sets new technical and safety tasks for the mine rescue services. Instruction on working in a low oxygen environment now represents a particularly important part of their training. (In German)



10064

Fouling of respirable air by water in compressed-air respirators

Langer, G.

Glückauf: 119(16); 773-776 (25 Aug 1983) Available in English in Glückauf - translation; 119(16); 303-305 (25 Aug 1983)

Impurities in the air contained in compressed-air breathing apparatus cylinders can have an adverse effect on the apparatus and pose a danger to users. This article deals in detail with the detection and measurement of moisture in breathing apparatus cylinders. Several examples are used to show how excessive moisture can arise: in each case, the cause must be traced and

rectified. In most cases in which excessive moisture is found, it will be prudent to subject all the cylinders used by the particular team to effective drying. The article also considers possible methods of drying the cylinders. (In German)

10065

Hearing and hearing protection

Berger, E.H.

Saf. Pract.: 1(9); 10-14 (Sep 1983)

This article presents a selection of the points most frequently raised by those who are asked to wear hearing protectors, together with authoritative answers in readily understandable terms.

## BOOK REVIEW

F. AYE. CONTROLES GEOLOGIQUES DES GITES STRATIFORMES DE Pb, Zn, Cu, Ag DE LA BORDURE DU BASSIN DE CHATEAULIN. TROIS EXEMPLES TYPES : LA PORTE-AUX-MOINES, BODENNEC - YEUN DONG, MENEZ ALBOT. Mémoires du BRGM, n° 120, 1983, 263 p, ISBN 2-7159-5025-X. BRGM, EP 6009, F-45060 Orléans Cedex. Prix : 220 FF.

Entre 1970 et 1976, la prospection systématique conduite par le BRGM a abouti à la découverte, dans le Dévonien inférieur de la bordure du bassin de Châteaulin, d'indices sulfurés volcano-sédimentaires que l'on peut classer en trois types. Le but de ce travail était d'en définir les contrôles géologiques. Pour y parvenir, un exemple de chacun a été étudié.

La compréhension des trois gîtes choisis - La Porte-aux-Moines, Menez Albot et Bodennec-Yeun Dong -, a nécessité, dans un premier temps, une analyse structurale détaillée. Elle a fait appel aux méthodes de la sédimentologie et de la volcanogénie, à la géochimie des roches et des minéraux, aux données paléogéographiques et structurales régionales existantes. Elle aboutit à un modèle régional et à la mise en évidence de guides de prospection à plusieurs échelles. Elle permet de préciser la situation des gîtes de la province bretonne dans le groupe des "exhalatifs sédimentaires".

OCDE. ASPECTS ECONOMIQUES DU CONTROLE INTERNATIONAL DES PRODUITS CHIMIQUES. 102 pages, Paris 1983, ISBN 92-64-22508-0.

La protection de la santé de l'homme et de l'environnement contre les effets potentiels des produits chimiques entraîne des coûts économiques et des avantages. Cet ouvrage examine les problèmes économiques qui se posent au niveau international en ce qui concerne le contrôle des produits chimiques : répartition de la production chimique et des échanges, les incidences économiques potentielles de la législation récente relative au contrôle des produits chimiques dans les pays membres de l'OCDE, et la contribution de l'analyse économique à la prise de décision sur les produits chimiques.

W.S. PINTZ. OK TEDI : EVOLUTION OF A THIRD WORLD MINING PROJECT. 1983, 205 pages. ISBN 0-900117-37-0. Price : £ 19.00 by surface mail, £ 22.25 by airmail. Mining Journal Books Ltd., 15 Wilson Street, London EC 2M 2TR, England.

This book is written with the objective of describing how a small nation, without a single graduate mining engineer, tried to cope with the complex interaction of social, legal, technical and political forces inherent in a modern mining project. Although the nature and history of mining projects in other developing countries will vary considerably from that which influenced the evolution of Ok Tedi, the perceptions and policy questions faced by PNG may find parallels elsewhere in the developing world.

This study is intended primarily as case study material for use in various academic settings and by policy specialists concerned with multi-national host government relations. With these audiences in mind, the book was prepared in four overlapping segments or focuses. These focuses begin with an overview of Ok Tedi's significance and with the social and physical setting of the project. In the next segment, the focus moves to the trials and tribulations of finding an acceptable contractual and technical basis on which the ore body might be developed.

Ruhrkohlen-Handbuch. Anhaltzahlen, Erfahrungswerte und praktische Hinweise für industrielle Verbraucher. Herausgegeben von der Ruhrkohle-Verkauf GmbH. Verlag Glückauf GmbH. 6. Auflage. Essen 1984. 400 Seiten mit 230 Bildern. Pr. : 52 DM. ISBN 3-7739-0436-3.

Wie schon die früheren Auflagen, ist auch diese 6. Auflage vor allem für die industriellen Verbraucher geschrieben. Darüber hinaus enthält es aber eine Fülle von Informationen, die für alle Produzenten, Verbraucher und den Handel gleichermaßen von Interesse sind.

In Anpassung an die veränderten Bedürfnisse ist das Buch trotz des unveränderten Titels nunmehr auf Importkohle ausgedehnt worden. Ganz neu aufgenommen wurden Beiträge über die Vergasung und Verflüssigung sowie über



den Umweltschutz. Einen grossen Raum nehmen die Zahlenübersichten und Schaubilder ein.

W. GOCHT. WIRTSCHAFTSGEOLOGIE UND ROHSTOFF-POLITIK UNTERSUCHUNG, ERSCHLIESSUNG, BEWERTUNG, VERTEILUNG UND NUTZUNG MINERALISCHER ROHSTOFFE. 2., völlig überarb. und erw. Aufl. 1983. 44 Abb. X, 295 Seiten. 550 g Geheftet DM 29,80; approx. US \$ 11.60. Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo : Springer-Verlag. ISBN 3-540-12588-4.

In der Situation naturgegeben knapper mineralischer Rohstoffe gewinnen die interdisziplinären Fachgebiete Wirtschaftsgeologie und Mineralrohstoffpolitik ständig an Bedeutung.

Das Werk stellt beide Gebiete - das eine sieht die Bewertung mineralischer Rohstoffe im Vordergrund, das andere konzentriert sich auf deren verlustarme Gewinnung, gerechte Verteilung und optimale Nutzung - aktuell, ausführlich und aufeinander abgestimmt dar.

Das als Lehrbuch konzipierte Werk ist in der Neuauflage erheblich erweitert worden und vermittelt einen umfassenden Ueberblick über die hauptsächlichlichen Problemkreise.

Das Buch wird damit für die Studenten der Geologie, des Bergbaus und der Wirtschaftswissenschaften von hohem Wert sein.

F.S. SAWKINS. METAL DEPOSITS IN RELATION TO PLATE TECTONICS. 1983, 345 pages, Price : DM 98, US \$ 58.10. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo. ISBN 3-540-12752-6.

This work gives a valuable overview of the geology and settings of metal deposits providing an understanding of the controls of their time-space distribution and insights into some of the problems that remain to be solved regarding their genesis.

He shows how the generation of most types of metal deposits can be meaningfully related to specific plate tectonic environments, and how tectonic settings provide a viable framework within which ore-generating systems can be studied. The most important features of the book are a careful assessment of various plate tectonic environments in terms of structure and lithology and the types of metal deposits that can be ascribed to each.

Furthermore, details of specific ore deposit types are included to provide the reader with an understanding of characteristics of a significant number of categories of metal deposits. This approach leads to a clearer understanding of the systematics of metal deposits and their distribution patterns. These insights, combined with the suggestions for exploration strategy included in many sections, will be of particular interest to industry geologists involved in metals exploration.

W. WITTKÉ. FELSMECHANIK. GRUNDLAGEN FUER WIRTSCHAFTLICHES BAUEN IM FELS. Unter Mitarbeit von S. Semprich; B. PLISCHKE. 1984. 798 Abb. XVII, 1051 Seiten. 1750 g. Gebunden DM 184; approx. US \$ 72.20. Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo : Springer-Verlag. ISBN 3-540-13016-0.

Dieses Werk fasst die mehr als zwanzigjährige Erfahrung des Autors in einer geschlossenen Darstellung zusammen; es ist Lehrbuch und Nachschlagewerk zugleich.

Es geht aus von den Modellvorstellungen für das anisotrope mechanische Verhalten und die Wasserdurchlässigkeit von Fels,

die in zahlreichen praktischen Fällen mit Erfolg angewendet worden sind. Die dazu erforderlichen Kennwerte werden mit den verfügbaren Versuchsverfahren ermittelt, die ebenfalls beschrieben werden. Verfahren zur Untersuchung der Standsicherheit von Hohlräumen, Gründungen und Böschungen werden in Form computerorientierter Rechenverfahren bereitgestellt. Die Berechnungsverfahren werden an zahlreichen Beispielen wie Tunnel und Stollen, Kavernen, Druckstollen, Gründungen von Staumauern und Böschungen demonstriert.

Die Beschreibung ausgeführter Projekte und der dabei aufgetretenen Probleme erleichtern dem Leser die Uebertragung der Inhalte des Buches auf die eigene Arbeit bei Entwurf und Ausführung von Felsbauwerken.

MEMENTO DES MINES ET CARRIERES. Edition 1984, 500 pages. Prix : FF 403,24. Régie Publicité Industrielle, 36, rue du Fer à Moulin, F-75005 Paris.

Importante mise à jour. Nouveaux articles sur les procédés et matériels récents.

## ANNOUNCEMENTS

IMPA '84, Hambourg, 20-25 juin 1984. Foire Internationale d'équipement postal. Environ 300 exposants et firmes représentées provenant de 16 pays exposent sur 25.000 m<sup>2</sup> leurs techniques orientées vers le futur, leurs nouvelles technologies et leurs solutions pour toutes les entreprises possédant un département "poste" et "expédition". L'électronique est spécialement accentuée.

Contact : Hamburg Messe und Congress GmbH, Jungiusstrasse 13, D-2000 Hamburg 36. Tel. 040/3569-1.

URANIUM INSTITUTE NINTH ANNUAL SYMPOSIUM, London, 5-7 September 1984.

Contact : Conference Associates UIS, 34 Stanford Road, London W8 5PZ, (tel. 01-937 3163, telex : 934346 (confass G)).

INTERNATIONAL CONFERENCE EXHIBITION, Rome, 18-22 September 1984.

Theme : Reagents in the minerals industry. Enquiries : The Conference Officer Institution of Mining and Metallurgy, 44 Portland Place, London W1N 4BR.

SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON HYDRO-CYCLONES, University of Bath, 19-21 September 1984.

Hydrocyclones are widely used in industry for separation of solids-liquid and solids-solids mixtures, and liquid-liquid and gas-liquid suspensions.

Organiser : BHRA, The Fluid Engineering Centre.

Enquiries : Dorothy Thompson, BHRA, Cranfield, Bedford MK43 0AS. Tel. (0234) 750422.

GEOMECHANICS SYMPOSIUM, Denver, Currigan Hall, 24-26 October 1984.

Papers will cover topics such as geomechanics of open stopes - flat and steep dips, geomechanics in block caving systems, geomechanics of large diameter blast hole and VCR stopes, and geomechanics experience in the Coeur d'Alene Mining District.

For more information contact Meetings Dept., Society of Mining Engineers, Caller No. D., Littleton, CO 80127.



**CLEAN ENERGY TECHNOLOGY CONFERENCE,**  
Rotterdam, 5-7 November 1984.

The Clean Energy Technology conference will focus on five main themes in the field of clean energy technology. The main purpose of the conference is to promote the communication of advances in the field of clean technology between Japan and Europe. Each Theme will be split up into two types of sessions. One type will deal with the general outline of the problems in the field and invited speakers will give a state of the art in Europe as well as in Japan, the other type of session with more specific subjects presented by individual speakers. The latter will run parallel with the first session of the next theme.

Enquiries : Rotterdam Tourist Office,  
Stadhuisplein 19, NL-3012 AR Rotterdam.  
Tel. : (010) 14 14 00.

**FLANDERS TECHNOLOGY INTERNATIONAL,** Gent-  
Belgium, 25 February - 3 March 1985.

Flanders Technology International (FTI) is opgebouwd rond de drie basistechnologieën van de Derde Industriële Revolutie, met name : de micro-elektronica, de biotechnologie en de nieuwe materialen. Deze drie technologische disciplines worden elk in een aparte afdeling ondergebracht. FTI voorziet andermaal ruimschoots plaats voor de toepassingstechnologieën van deze basisdisciplines : telematica, buronica, robotica, lucht- en ruimtevaart, nieuwe energietechnieken, medische technologie, agro-industrie en engineering. Ook voor Wetenschappelijk Onderzoek, voor de Technology Transfer Corner, voor Diensten en voor de Internationale Afvaardigingen worden aparte afdelingen voorbehouden. Flanders Technology International richt zich tot alle industriële bedrijven, traders en venture capitalists die nieuwe produkten of nieuwe technieken in één van de hoger vermelde categorieën willen introduceren, commercialiseren, exporteren of importeren.

Info : Internationale Jaarbeurs van Vlaanderen vzw. I.C.C. Floraliapaleis, B-9000 Gent/Belgium. Tel. : 091-224022, telex : 12666 IJGICC.

**SECOND IAVD CONGRESS ON VEHICLE DESIGN,** Geneva, 4-6 March 1985.  
Theme : Future Developments in Vehicle Design and Components.

Enquiries : Dr. M.A. Dorgham, IAVD, The Open University, Milton Keynes MK7 6AA, United Kingdom, Tel. : (0908) 65345.

**TUNNELING '85,** 11-15 March 1985, Brighton, United Kingdom.

Theme : Design and construction of tunnels in the fields of mining and civil engineering worldwide.

Contact : Meetings Secretary, The Institution of Mining and Metallurgy, 44 Portland Place, London W1N 4BR. Tel. : 01-580 3802, telex : 261410 IMM G.

**SECOND CONFERENCE ON THE USE OF COMPUTERS IN THE COAL INDUSTRY,** Alabama, 15-17 April 1985.

This three-day conference will establish a means for sharing information between software/hardware developers and users. The conference will cover a wide range of computer applications in the coal industry, such as coal mining, preparation, maintenance, exploration, management, marketing, valuation, health and safety, mine environment, education, and training.

Enquiries : Thomas Novak, Chairman Organizing Committee, Second Conference on the Use of Computers in the Coal Industry, The University of Alabama, P.O.Box 1468, University, Alabama 35486.

**CONSTITUTION D'UN GROUPE D'ETUDES ET RECHERCHES SUR LES PNEUMOPATHIES PROFESSIONNELLES,** France 1984-1988.

Une convention vient d'être signée entre Charbonnages de France, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) et l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), en vue de définir les conditions dans lesquelles ces quatre organismes coordonneront leurs travaux et leurs recherches dans le cadre d'un Groupe d'Etudes et Recherches sur les Pneumopathies Professionnelles (GERP).

Le but de ce groupement est de rassembler des laboratoires spécialisés d'horizons divers autour du thème des maladies pulmonaires d'origine professionnelle, et plus particulièrement des affections consécutives à l'inhalation de poussières.