

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

Direction-Rédaction

Institut National
des Industries Extractives
B-4000 Liège, rue du Chéra, 200

Directie-Redactie

Nationaal Instituut
voor de Extractiebedrijven
Tél. (041) 52 71 50

**Edition - Abonnements
Publicité**

Editions Techniques
et Scientifiques

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

**Uitgeverij - Abonnements
Advertenties**

Technische en Wetenschappelijke
Uitgaven

B-1050 Brussel
Borrensstraat, 35-43
Tel. (02) 640 10 40

Les articles publiés dans cette revue
n'engagent que la responsabilité
de leurs auteurs

De artikels gepubliceerd in dit tijdschrift
verschijnen onder de verantwoordelijkheid
van hun auteurs

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.



**SOMMAIRE
Mars-Avril 1983**

**INHOUD
Maart-April 1983**

J.C. Schmitz, M. Celis, J. Keymis en A. Lessuisse : Oprichting van damvullingen van kalksteen-cement op de zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen	87
J. Bracke, P. Browaeyts, M. Taillet : La modélisation de l'épreuve de friction au tambour	99
D. Boulanger, F. De Blander, J. Guillaume, L. Humblet, C. Michaux, D. Totolidis : Enrobage sous eau de déchets radioactifs par béton de résine polyester	111
P. Dumon et V. Netels : Définition du mot marbre	123
P. Naa et M. Uyttendaele : Le traitement des données en géologie minière et son application dans le domaine spectral	129
M. Uyttendaele et P. Naa : La prospection VLF et le traitement des données	135
M. Medaets : Statistique sommaire de l'exploitation charbonnière, des cokeries, des fabriques d'agglomérés et aperçu du marché des combustibles solides en 1982 Beknopte statistiek van de kolenwinning, de cokes- en de agglomeratenfabrieken en overzicht van de markt van de vaste brandstoffen in 1982	141
Administration des Mines. Bestuur van het Mijnwezen : Conseils, Conseils d'Administration, Comités et Commissions. Composition au 1 ^{er} janvier 1983	165
Raden, Beheerraden, Comités en Commissies. Samenstelling op 1 januari 1983	172
Selection of Coal Abstracts	



Oprichting van damvullingen van kalksteen-cement op de zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen

J.C. SCHMITZ (1), M. CELIS (2), J. KEYMIS (3) en A. LESSUISE (4)

RESUME

La tenue d'une voie de taille dépend de plusieurs facteurs : profondeur, ouverture de la taille, composition du mur, contrôle des vides de l'arrière-taille, limites d'exploitation et enfin remblayage le long de la voie.

L'exposé ci-dessus décrit une méthode pour l'amélioration du remblayage le long d'une voie. C'est la première application à la N.V. Kempense Steenkolenmijnen, d'édification d'un épi de remblai le long d'une voie de taille par soufflage d'un mortier de calcaire-ciment.

Les principaux problèmes, comme la manutention du produit, le dégagement de poussière et la composition du mélange de béton sec, sont exposés successivement.

L'Iniex a réalisé des mesures de convergence. Les premiers résultats indiquent que la convergence du toit et le soufflage du mur diminuent lorsque le remblayage se fait avec un épi en calcaire-ciment.

La technique de soufflage d'épis en béton donne complète satisfaction. En ce qui concerne la tenue de la voie, des conclusions définitives ne pourront être tirées qu'après avoir réalisé des mesures dans d'autres voies de chantiers où cette méthode sera utilisée.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Verhalten einer Abbaustrecke hängt von mehreren Faktoren ab : Teufe, Mächtigkeit des Strebs, Zusammensetzung der Sohle, Kontrolle der Hohlräume des Versatzfeldes, Abbaugrenzen und schliesslich Versatz längs der Streke.

In dem nachstehenden Beitrag wird eine Methode zur Verbesserung des Versatzes längs einer Strecke beschrieben. Die erste Anwendung bei

SAMENVATTING

Het behoud van een pijlergalerij hangt af van diverse factoren : diepte, pijleropening, samenstelling van het vloergesteente, stap achter de kaders, uitbatingsgrenzen en tenslotte de opvulling langs de galerij.

De hiernavolgende uiteenzetting beschrijft een methode om de opvulling langs een galerij te verbeteren. Het is de eerste toepassing bij de N.V. Kempense Steenkolenmijnen om een dam op te richten langs een pijlergalerij door het blazen van een kalksteen-cementmortel.

De voornaamste problemen zoals produktbehandeling, stofontwikkeling en samenstelling van het droge betonmengsel worden opeenvolgend behandeld.

Het Nieb heeft convergentiemetingen uitgevoerd. De eerste resultaten tonen aan dat de convergentie van het dak en de zwelling van de vloer verminderen als de vulling gebeurt met een dam in kalksteen-cement.

De techniek van het blazen van betondammen schenkt volledige voldoening. Wat het behoud van de galerij betreft, zullen slechts definitieve conclusies kunnen getrokken worden na de uitvoering van de metingen in andere ontginningsgalerijen waar deze methode zal gebruikt worden.

SUMMARY

The behaviour of a gate road depends on several factors : depth, working thickness, composition of the floor, the control of the goaf, winning limits and finally the packing alongside the road.

The following description discusses a method to improve the packing alongside a road. It is the first application at the Campine Collieries

(1) Burgerlijk ingenieur-geoloog, Divisie-ingenieur, Verantwoordelijke van de verdieping 600 op de zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen

(2) Burgerlijk mijningenieur, Verantwoordelijke van de pijler 3361 op de zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen

(3) Burgerlijk elektro-werktuigkundig ingenieur, Verantwoordelijk mechanische dienst van de verdieping 600 op de zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen

(4) Burgerlijk ingenieur-geoloog, Gecommitteerd onderzoeker in het National Instituut voor de Extractiebedrijven

der N.V. Kempense Steenkolenmijnen ist die Errichtung einer Bergerippe längs einer Abbaustrecke durch Einblasen eines Kalkzementmörtels.

Die hauptsächlichsten Probleme, wie die Handhabung des Produktes, die Freisetzung von Staub und die Zusammensetzung des Trockenbetongemisches werden nacheinander dargelegt.

Das Injex hat Konvergenzmessungen durchgeführt. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die Konvergenz des Hangenden und das Quellen der Sohle abnehmen, wenn der Versatz mit einer Bergerippe aus Kalkzement ausgeführt wird.

Die Technik zum Einblasen von Bergerippen stellt voll zufrieden. Was das Verhalten der Strecke betrifft, so können endgültige Schlussfolgerungen erst gezogen werden, wenn Messungen in anderen Abbaustrecken, wo diese Methode verwendet wird, durchgeführt worden sind.

(N.V. Kempense Steenkolenmijnen) of packing of a concrete pack alongside a gate road by pneumatic stowing of a limestone-cement mortar.

The major problems such as product handling, dust emission and composition of the dry mixture are successively discussed.

Injex has carried out convergence measurements. The first results indicate that roof convergence and floor-heave are reduced when packing is carried out with a concrete pack.

The technique of pneumatic realisation of concrete packs gives complete satisfaction. As to the behaviour of the road, definite conclusions cannot be drawn before measuring will have been carried out in other roads when this method will be applied.

0. ALGEMEENHEDEN

De eerste proef om een dam te blazen had plaats op pijler 3561 (fig. 1) (Zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen). Op dit ogenblik lopen de proeven nog altijd op de kop- en voetgalerijen van pijler 3361. De constructie van de dam gebeurt in 3 fasen :

- 1) Het vervoer van het produkt (een droge mengeling van kalksteen en cement) tot aan de pneumatische pomp in de nabijheid van de werkplaats.
- 2) Het mengen van het droge produkt met perslucht en het blazen tot aan de kop of voet van de pijler.

3) Het toevoegen van water aan het uiteinde van de blaasleiding en het spuiten van de dam.

1. VERVOER VAN HET DROOG PRODUKT VANAF DE BOVENGROND TOT AAN DE BLAASMACHINE

1.1. HUIDIGE METHODE (fig. 2)

De firma Dumont-Wautier levert het droge produkt in zakken van 40 kg. Het transport naar de ondergrond gebeurt in containers bedekt met ijzeren deksels. Aan de blaasmachine gebruikt men een rangeerloopkat

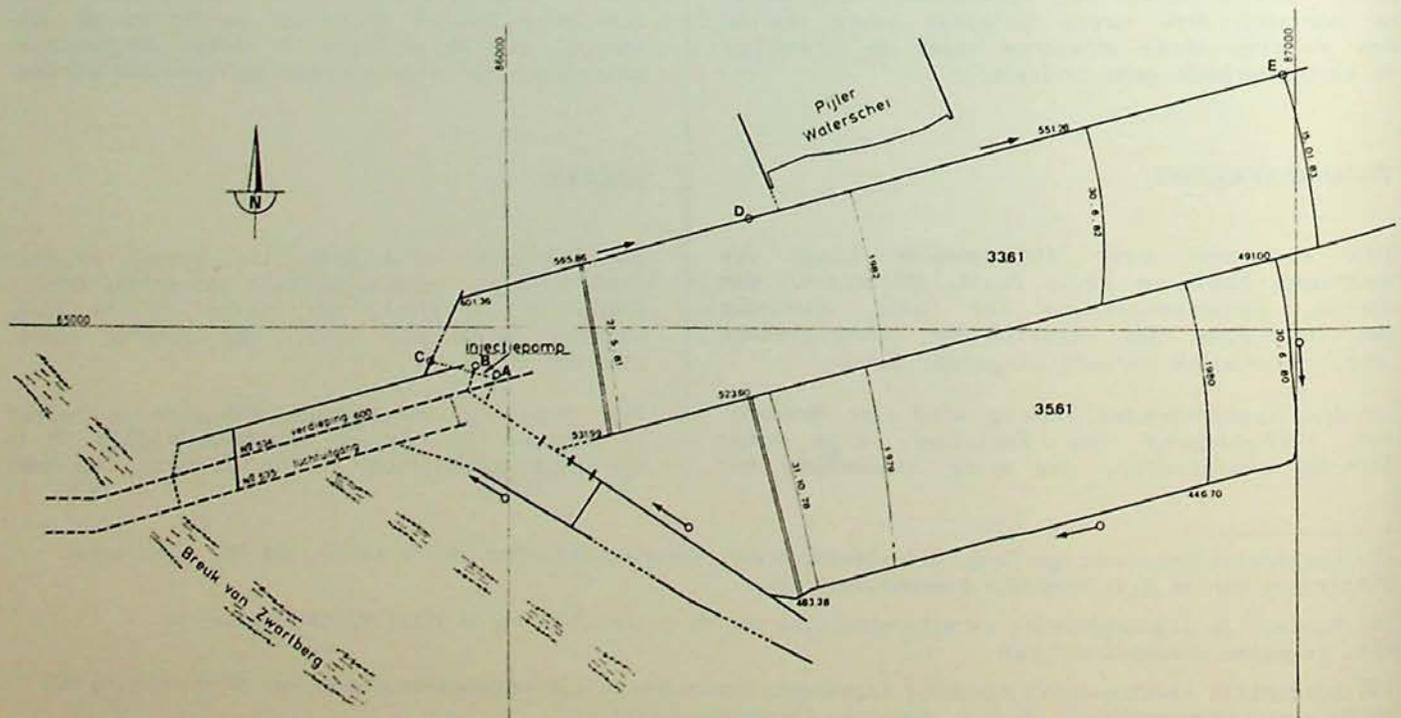


Fig. 1 : Liggingsplan van de pijlers 3361 en 3561

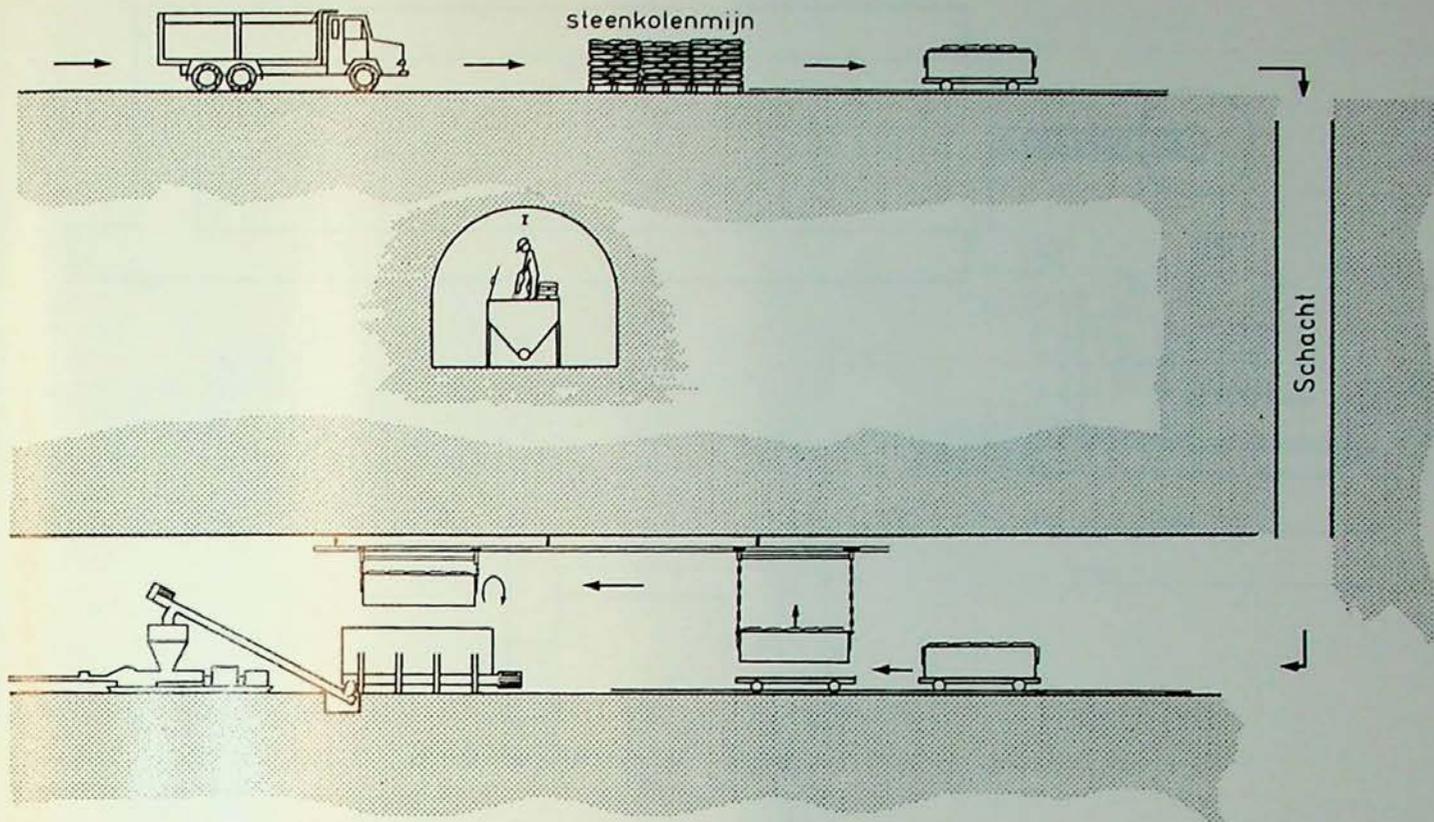


Fig. 2 : Transportmethode van het mengsel in zakken, momenteel aangewend in de steenkolenmijn te Winterdag

om de containers boven de bunker te brengen. Twee arbeiders scheuren de zakken kapot en kippen het mengsel in de bunker. Vanuit deze bunker (10 m^3) brengen twee wormwielen het mengsel in de blaasmachine (fig. 3).

1.2. TOEKOMSTIGE METHODE

De behandeling van het droge mengsel, zoals hierboven beschreven, is zeer ambachtelijk. Op dit ogenblik loopt er een project om het mengsel in bulk te vervoeren. Dit vereist de plaatsing van een silo op de bovengrond. Het betonmengsel wordt dan in bulk vervoerd met containers en rechtstreeks in de bunker gekipt.

2. HET BLAZEN VAN HET DROGE MENGSEL TOT AAN DE PIJLER

De blaasmachine is de DKB-140 van de firma Ferroplast (fig. 5). Deze machine schenkt volledige voldoening.

2.1. GEBRUIK VAN DE DKB-140

Deze machine dient om het vervoer, door buisleidingen, van poederachtige produkten mogelijk te maken. Het transportfluidum is perslucht. De DKB-140 zorgt voor een continue aanvoer van droog betonmengsel aan de kop of voet van de pijler. Door de diameter van de blaasleidingen en de persluchtdruk aan te passen kan men plaatsen tot op een afstand van 3.000 m bedienen.

2.2. WERKINGSPRINCIPE

De twee wormwielen van de bunker brengen het droge produkt in de trechter van de DKB-140 (fig. 3).

Aan de basis van deze trechter neemt een transportschroef het mee en brengt het naar de drukkamer. Hier gebeurt de mengeling met de perslucht en begint het transport naar de kop of de voet van de pijler.

2.3. ENKELE TECHNISCHE KARAKTERISTIEKEN*

- Elektrische motor :
33 kW - 1.450 omw./min - 500 V
- Ononderbroken toerenregelaar :
200 à 1.000 omw./min
- Persluchtdruk :
 - . 5 kg/cm², maximum
 - . 3 - 3,5 kg/cm², op 1.200 m, met buisleidingen met een diameter van 100 mm
 - . 4 kg/cm², op 1.200 m, met buisleidingen met een diameter van 150 mm
- Afstand van het vervoer van het mengsel :
 - . hangt af van de diameter van de buisleiding
 - . maximale lengte : 3.000 m
- Debiet :
 - . afhankelijk van de afstand van het vervoer en de rotatiesnelheid van de motor
 - . maximum 28 t/h
 - . 8 - 10 t/h, op een afstand van 800 m, volgens verworven ervaring
- Geluidspeil : 75 dB
- Chassis :
bestaat uit 2 delen om het vervoer in de ondergrond te vergemakkelijken. Het grootste

* Deze beschrijving wordt gegeven op basis van het verslag van de Ingenieurs van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen : de Heren Caeyers en Verleysen.

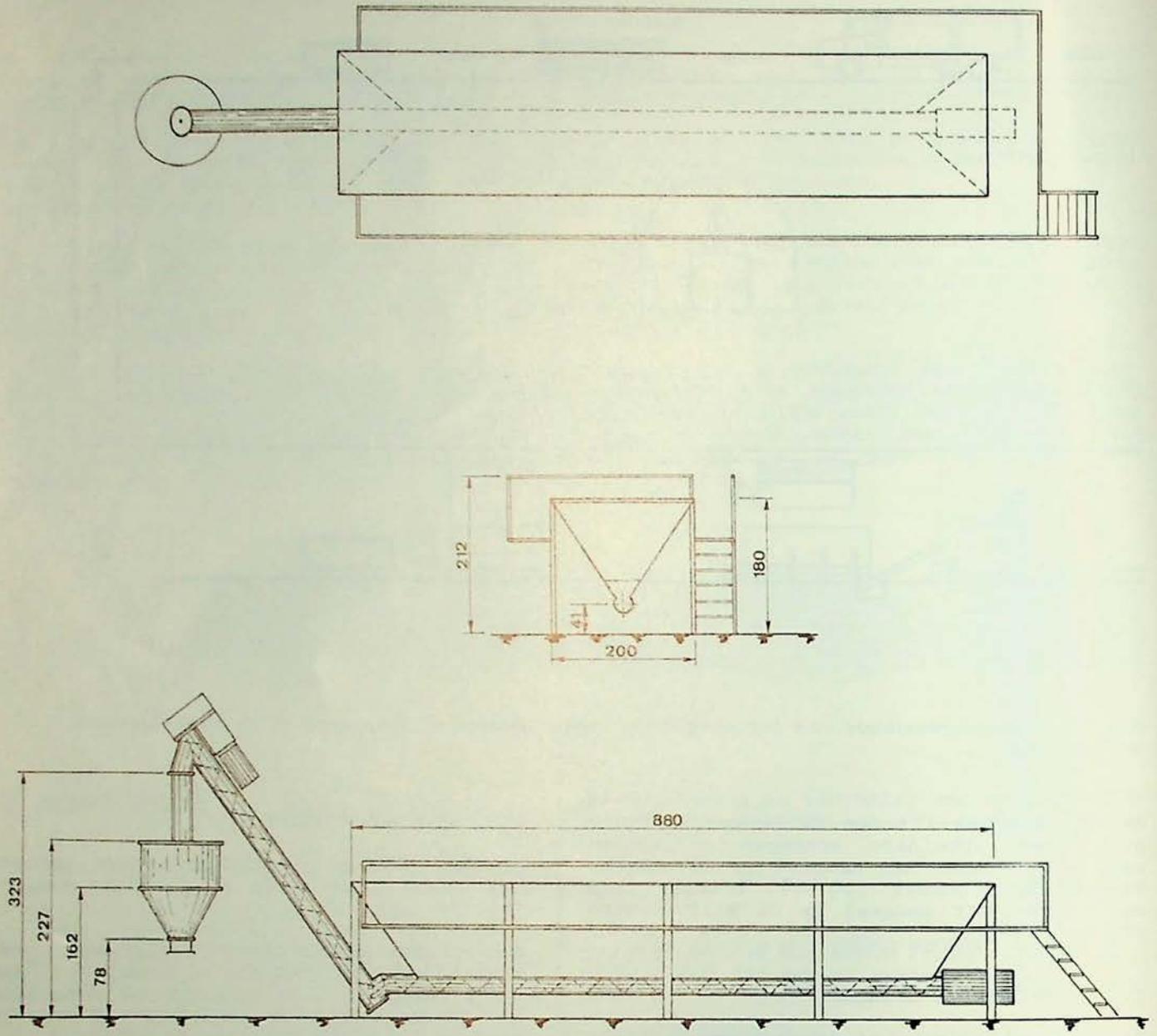


Fig. 3 : Schematische doorsnede van de bunktrechter

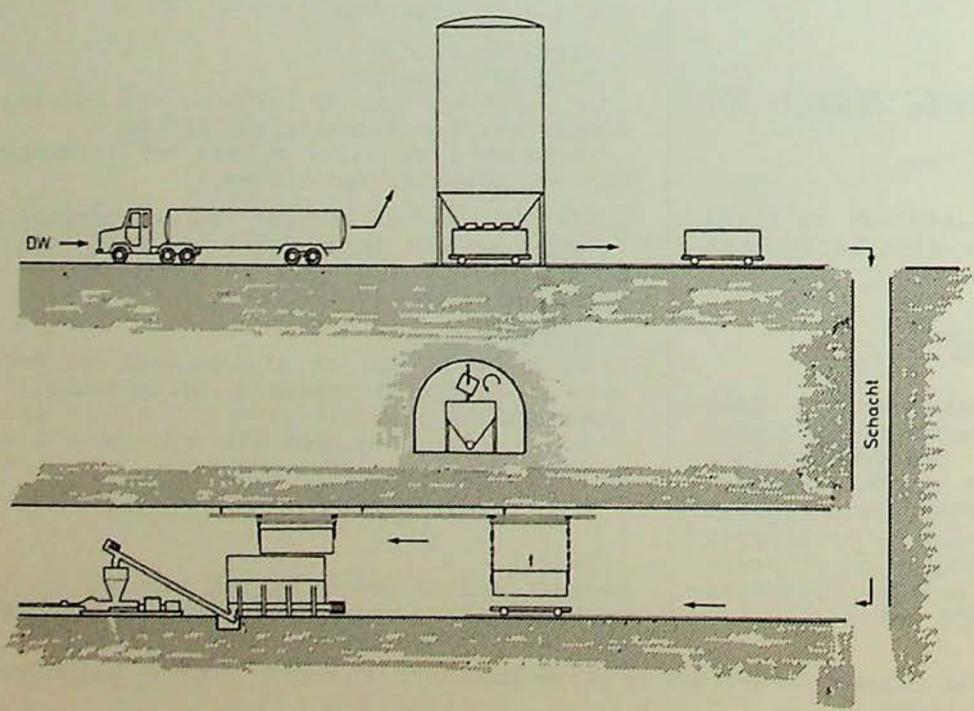


Fig. 4 : Toekomstige transportmethode van het los mengsel, ontworpen voor de zetel Winterslag

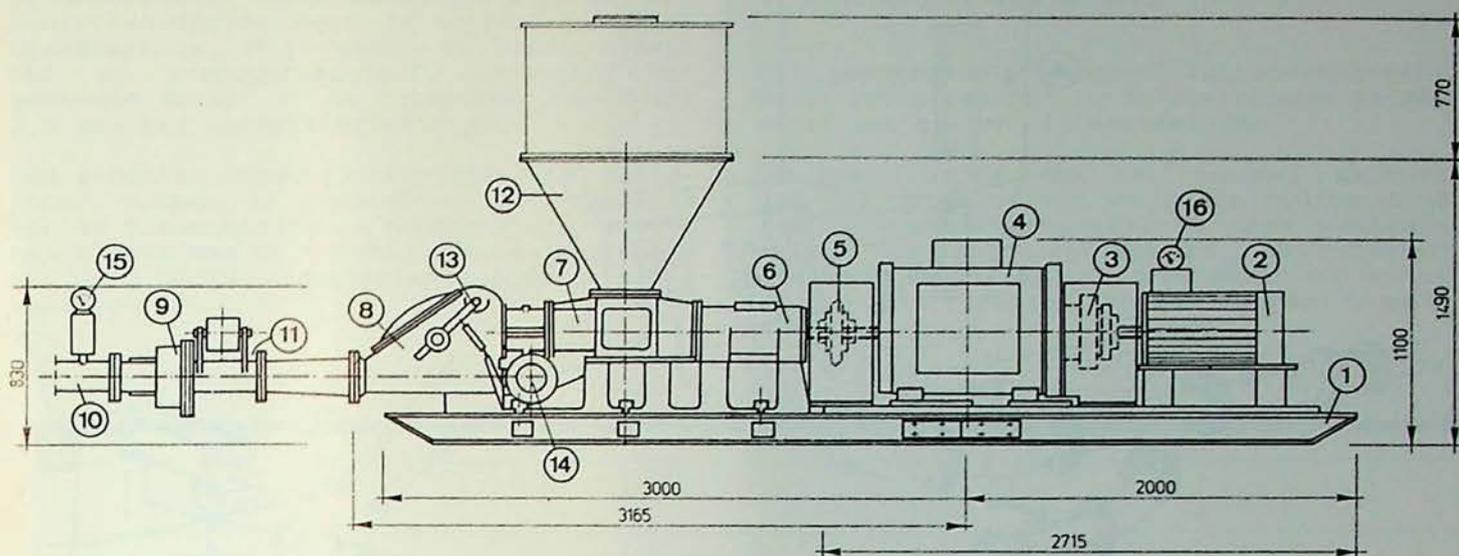


Fig. 5 : Pomp Ferroblast DKB-140

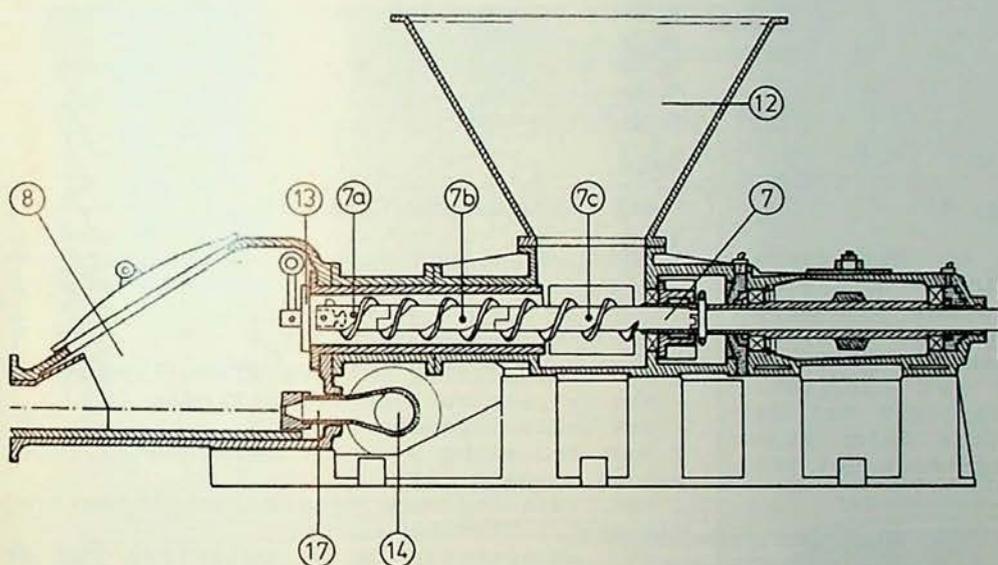


Fig. 6 : Details van de pomp Ferroblast DKB-140

- | | | |
|---|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Chassis | 6. Asblok | 12. Trechter |
| 2. Elektrische motor | 7. Transportschroef | 13. Afsluitklep |
| 3. Verende koppeling en overbelastingskoppeling | 8. Drukkamer | 14. Voornaamste perslucht-toevoer |
| 4. Continue toerentalregelaar | 9. Dubbelwerkend ventiel | 15. Manometer |
| 5. Verende koppeling | 10. Hoofdleiding | 16. Ampèremeter |
| | 11. By-pass | 17. Insnoering |

deel heeft als afmetingen : 3.000 x 770 mm.

2.4. VOORNAAMSTE AFMETINGEN

De voornaamste afmetingen van de pomp zijn weergegeven in fig. 5.

2.5. ONDERDELEN VAN DE MACHINE (fig.5 en 6)

2.6. BESCHRIJVING VAN DE VOORNAAMSTE ONDERDELEN VAN DE DKB-140

2.6.1. Trechter

De trechter bestaat uit twee delen : een conisch en een cilindrisch gedeelte.

In het conisch gedeelte zijn 3 perslucht-aansluitingen met een centrale bediening (fig. 7). Deze persluchtinjectoren beletten het aanladen van het droge mengsel en verzekeren een regelmatige bevoorrading van de transporschroef.

In de trechter zijn vensters voorzien om het peil van het droge produkt te controleren (fig. 7).

Het deksel van de trechter heeft een vulschuif en een aansluiting voor een filterzak. De trechter mag geenszins onder druk komen te staan. De perslucht van de injectoren en de perslucht van een eventuele terugslag kan ontsnappen langs de filterzak. (Een terugslag ontstaat als de tegendruk in de buisleiding te groot is).

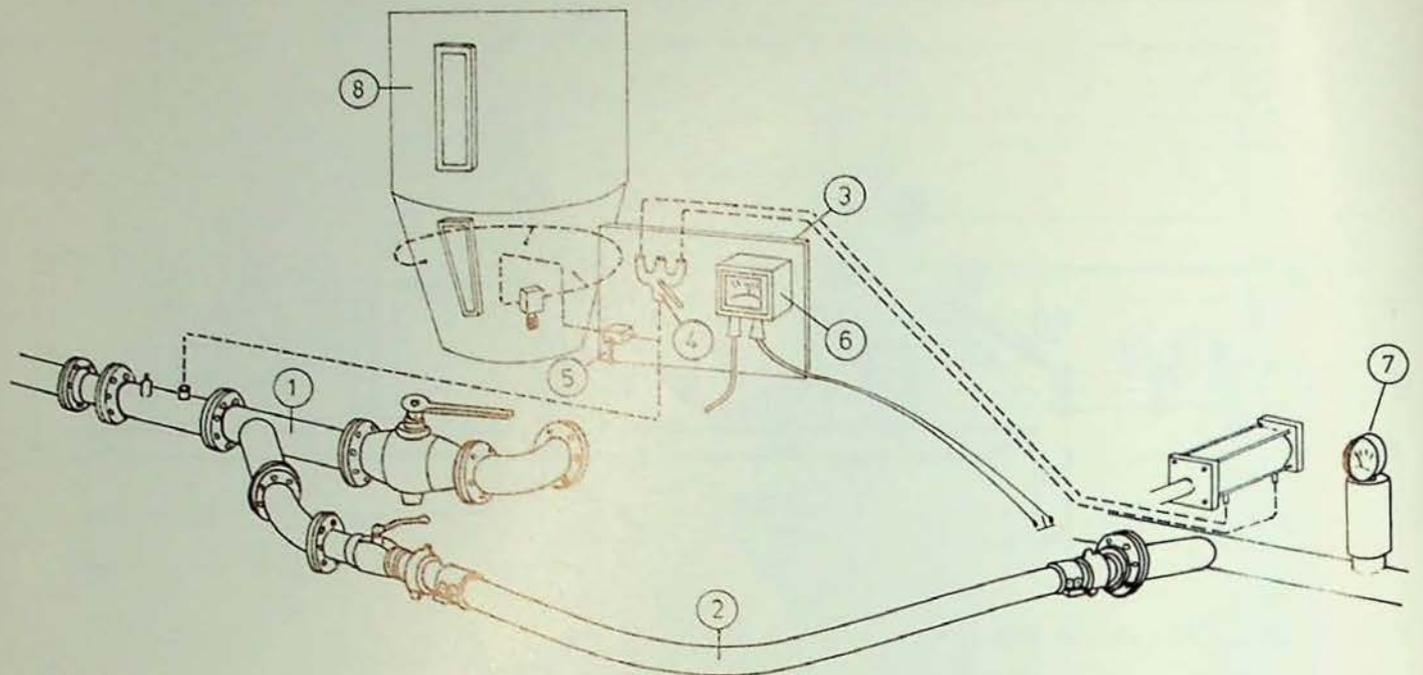


Fig. 7 : Bedienings- en controle-installatie van de pomp

1. Hoofdleiding met afsluitkraan
2. By-pass met afsluitkraan
3. Bedieningspaneel
4. 4-wegenventiel

5. Kraan voor de persluchttoevoer naar de injectoren in de trechter
6. Een ampèremeter voor de belasting van de motor
7. Manometer
8. Controlevenster

2.6.2. Transportschroef (fig. 6)

De transportschroef dient om het droge mengsel op continue wijze in de drukkamer te brengen. De schroef bestaat uit drie delen. Deel 1 en 2 zijn uitgevoerd in staal. Deel 3 is onderhevig aan de grootste slijtage en daarom bedekt met carbiden. De spoed van de schroef varieert met de aard van het mengsel. De drie delen zijn op een as geschoven en vastgehecht met een speciale moer.

2.6.3. De drukkamer (fig. 5 en 6)

Dit is het hart van de machine. Hier gebeurt de mengeling van het droge produkt met de perslucht. De perslucht passeert over smoringen met een diameter van 20 tot 36 mm (14,17). Om te beletten dat de perslucht van de drukkamer via de transportschroef naar de trechter stroomt wordt een afsluitklep (9) gemonteerd met een tegenwicht en een veer. Deze afsluitklep sluit nooit 100 % (contact staal-staal). De dichting tussen de drukkamer en de trechter bestaat dan ook uit een stop van droog produkt gevormd tegen de afsluitklep. Om deze stop te vergroten kan er nog een ring van 10 mm gemonteerd worden op de afsluitklep. Deze klep zorgt er bovendien voor dat de drukkamer regelmatig bevoorradt wordt.

2.6.4. By-pass met automatisch ventiel (fig. 7 en 8)

Wanneer de leiding verstopt geraakt of bij het leegblazen van de blaasleiding in het begin of op het einde van de post gebruikt men een by-pass. Dit is een persluchtleiding die de drukkamer overbrugt. Een ventiel, bediend door een dubbelwerkende zuiger op perslucht, sluit de hoofdleiding af en opent de by-pass en omgekeerd.

2.6.5. Bedieningen (fig. 7)

Al de bedieningen zijn te Winterslag vervaardigd en staan centraal gemonteerd.

De bedieningen bestaan uit :

- een hoofdleiding met een afsluitkraan (1)
- een by-pass met een afsluitkraan (2)
- een bedieningspaneel met :
 - . een bediening voor de persluchtcilinder van de by-pass (4)
 - . een bediening voor de persluchtinjectoren van de trechter (5)
 - . een ampèremeter om de belasting van de motor af te lezen (6)
 - . een manometer (7).

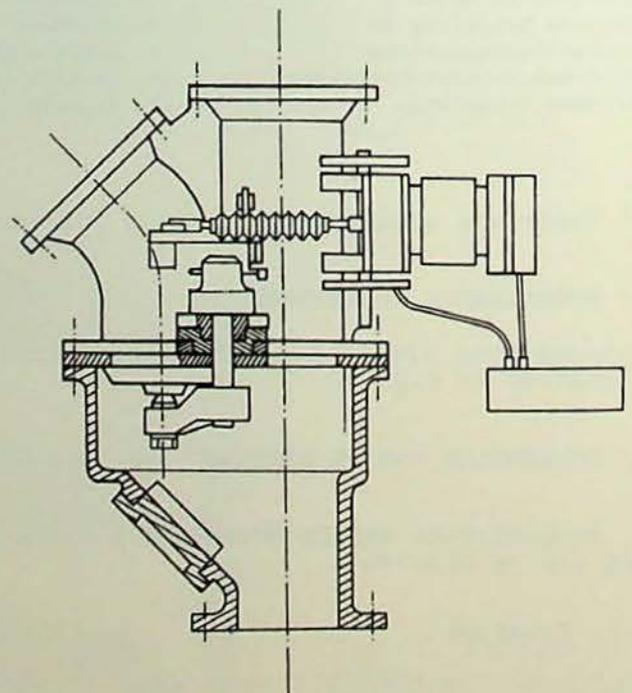


Fig. 8 : By-pass-systeem

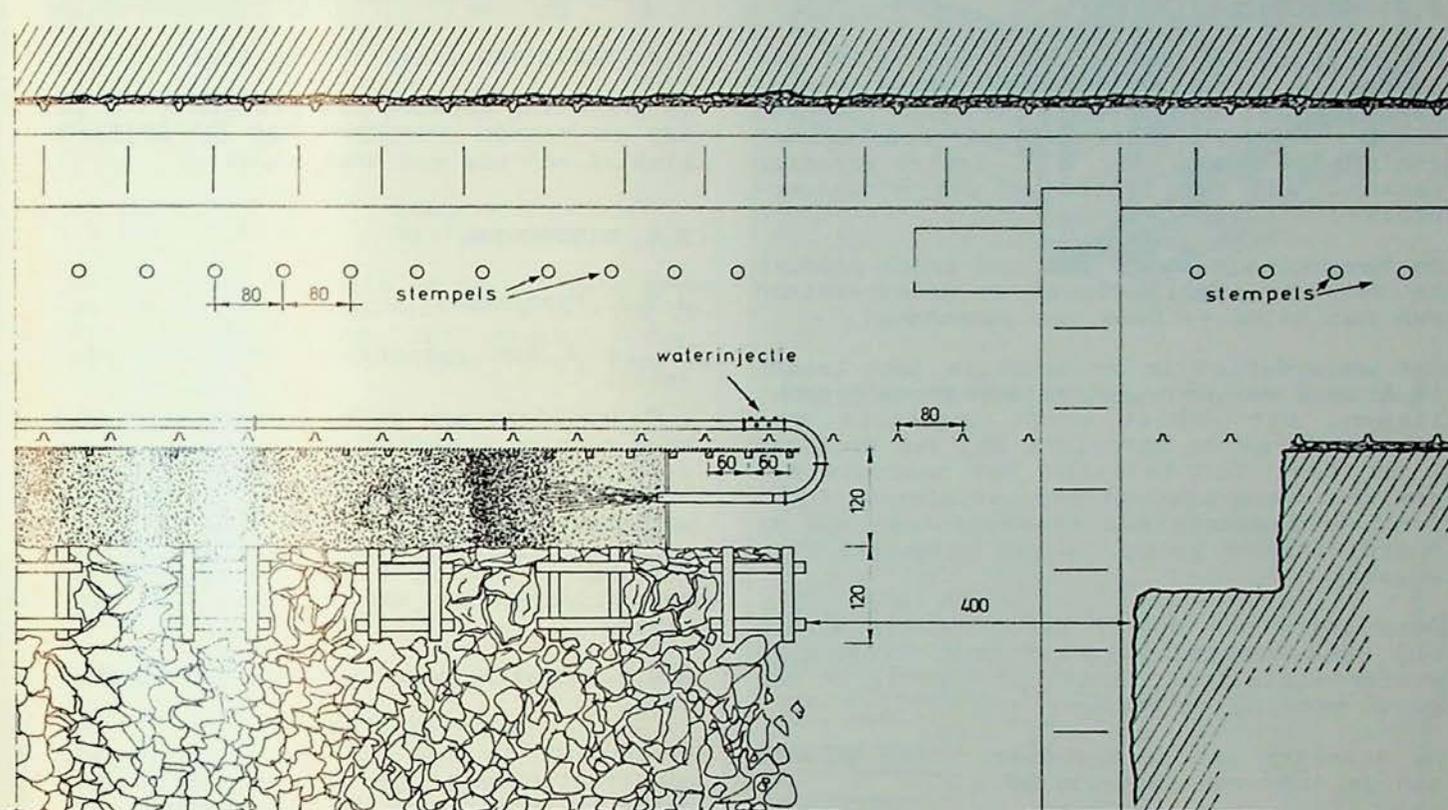
De ampèremeter en de manometer zijn de twee controlemiddelen voor de machinist van de blaasmachine. Hij regelt de draaisnelheid van de transportschroef naargelang het gewenste debiet en de tegendruk (van 3 tot 3,5 bar bij normale belasting).

Een geschikt communicatiemiddel (b.v. parlofoon) tussen de DKB-140 en het uiteinde van de blaasleiding is noodzakelijk. Tijdens het blazen mag de trechter nooit leeglopen. Het peil wordt gecontroleerd door de kijkvensters (8).

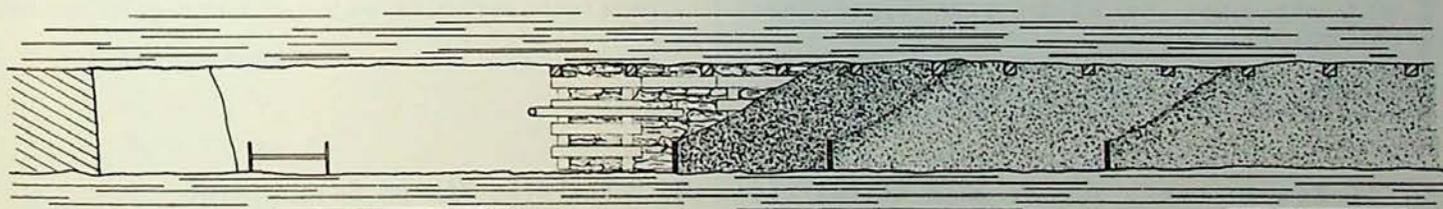
3. CONSTRUCTIE VAN DE DAM

Het poedervormig mengsel kalksteen-cement wordt met perslucht in buisleidingen aangevoerd tot aan de pijleruiteinden.

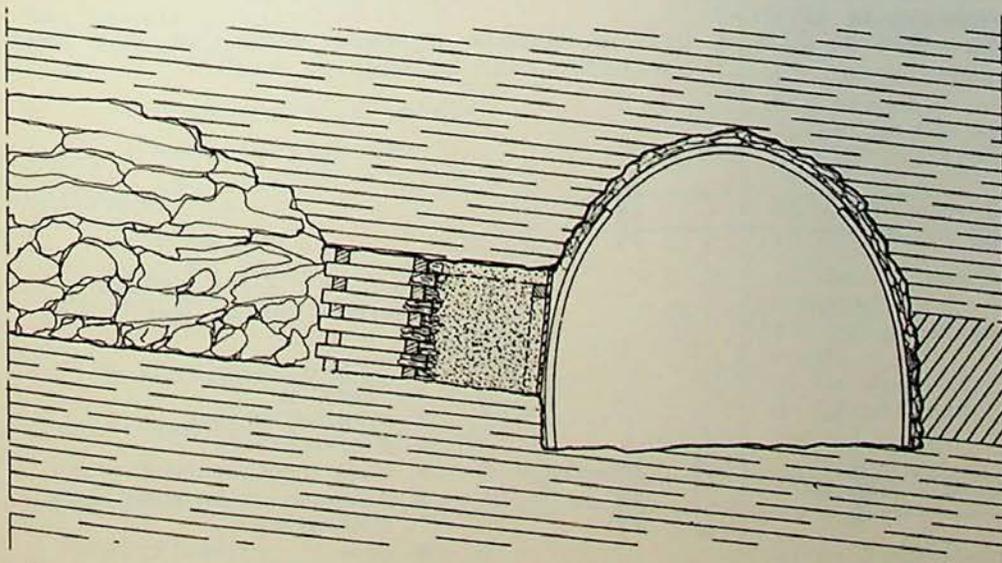
De bevochtiging van het mengsel gebeurt aan het uiteinde van de blaasleiding door een zogenaamde mengbuis. Na deze mengbuis volgen nog een bochtstuk en een rubberen dam om de mengeling te vervolmaken en ook om de gewenste richting aan het mengsel te geven.



a)



b)



c)

Fig. 9 : Zicht van het pijleruiteinde waar de damvulling wordt opgericht

3.1. BUISLEIDINGEN

Op dit ogenblik bestaat de blaasleiding uit buizen van $\varnothing 100$. Alleen het laatste deel is met buizen van $\varnothing 125$.

De overgang op buizen van $\varnothing 125$ heeft het mogelijk gemaakt de uittreesnelheid van de produkten te beperken tot ± 35 m/s. Hierdoor is de stofontwikkeling afdoende bestreden.

3.2. MENGBUIS

De mengbuis bestaat uit een buis $\varnothing 125$ met daarop 6 sproeiërs spiraalvormig gemonteerd. Elke sproeier is met een rubberen slang verbonden met de waterverdeler met één enkele kraan (fig. 11). Iedere sproeier bestaat uit een filter en een stralerverstuiver.

De hoeveelheid water per ton droog produkt is zeer belangrijk omdat de drukweerstand van het beton er nauw mee samenhangt.

Het waterdebiet in de mengbuis moet tussen 13 à 14 % van het gewicht aan droog produkt liggen. Dit debiet wordt ingesteld door de keuze van de sproeiërs bij een druk van ± 20 bar. Dit betekent dat naarmate het gewicht droog produkt per uur afneemt (b.v. door de blaasafstand te vergroten) ook de instelling en keuze van de sproeiërs verandert.

Deze sproeiërs moeten gecontroleerd worden bij elke onregelmatigheid (b.v. overmatige stofontwikkeling, teveel druk nodig om een goede menging te bekomen, enz ...).

De diameter van de sproeiërs wordt bepaald aan de hand van twee criteria :

- . Hij moet zo nauw mogelijk zijn om een bepaald debiet bij hoge druk te geven. Hoge druk betekent betere bevochtiging van de droge stof.
- . Hij mag niet te klein zijn wegens het verstoppingsgevaar.

Wij kozen 6 sproeiërs type Lechner 612.402; debiet voor de 6 samen : 18 liter/min bij 22 bar.

In de Kempen heeft men er alle belang bij de dammen zo dicht mogelijk bij het pijlerfront op te richten, wegens het zwak nevengesteente. Om dit te verwezenlijken brengt men de mengbuis in de galerij. Het buisgedeelte er achter heeft dan nog een voldoende lengte om een goede menging te geven en de dam is dan kort genoeg tegen de pijlertransporteur.

Op dit ogenblik gebeurt de injectie in de onderhoudspost. De leiding wordt verlengd tot over de pijlerpanzer, maakt een bocht in de kleine nis en keert tenslotte terug over de panzer. Op die manier blaast men een dam tot op ± 1 m van de pijlerpanzer.

3.3. EINDBUIS (fig. 10)

Het uiteinde van de blaasleiding bestaat uit een rubberen slang. Dit gedeelte is tamelijk gemakkelijk te richten.

3.4. BEKISTING (fig. 12a en 12b)

De bekisting gebeurt met planken (3 m lengte) en houten stutten. Aan de pijlerkant plaatst men nog een houtstapel.

3.5. UITVOERING

3.5.1. Personeel

Er is 4 man personeel nodig bij de injectie :

- . 2 arbeiders aan de blaasmachine + onderhoud machine + machinist.
- . 2 arbeiders aan het uiteinde van de blaasleiding : waterregeling + buizen verlengen.

Het maken van de bekisting gebeurt door het rippersoneel aan kop of voet van de pijler.

3.5.2. Afmeting van de dam en werkgegevens (fig. 9)

De breedte is 0,8 maal de laagopening. De constructielengte per injectiepost 5 à 6 meter (= injectie om de twee dagen).

Werkgegevens :

- . druk bij leegloop : 3,2 bar
- . persluchtverbruik bij 5,5 bar : ± 30 m³/min
- . blaastijd : 1,5 h
- . hoeveelheid : 12 ton droog mengsel.

4. BEREKENING VAN DE BUISLEIDING

4.1. BASISVOORWAARDEN VOOR DE BEREKENING

a) De snelheid in de buisleiding

Uit voorgaande proeven weten we dat twee snelheden zeer belangrijk zijn :

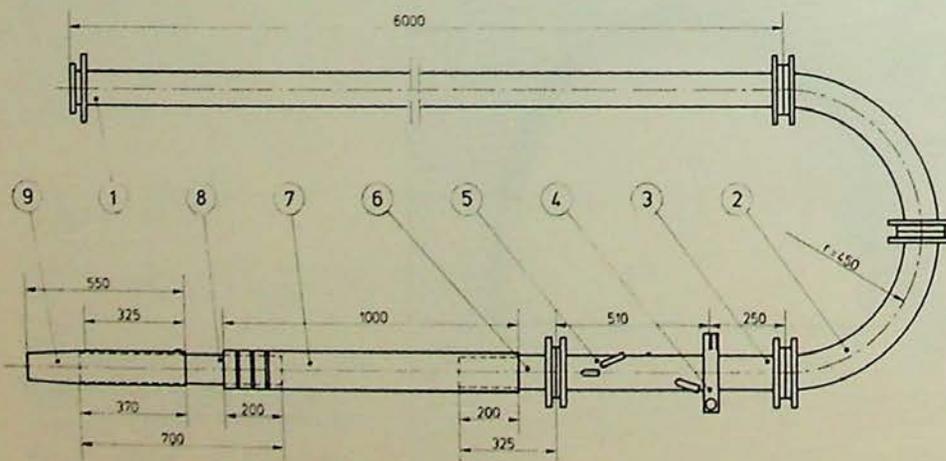


Fig. 10 : Zicht van het uiteinde van de buisleiding

1. Buis
2. Elleboog
3. Verbindingsstuk
4. Snelkoppeling
5. Waterinductorslang
6. Aanpasser voor gummislang
7. Gummislang
8. Buis
9. Injectiekop

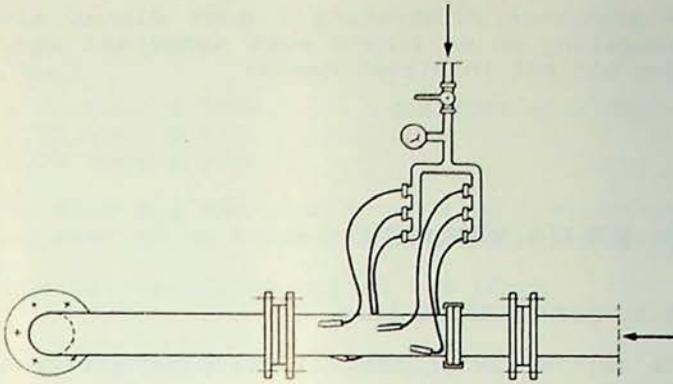


Fig. 11 : Waterverdeler met enkelvoudige bediening met manometer voor drukcontrole

- 1) $v \text{ min. } \geq 12 \text{ m/s}$ minimum snelheid
- 2) $v \text{ max. } \leq 40 \text{ m/s}$ maximum snelheid

$v \text{ min.}$: Deze snelheid is de uiterste grens omdat onder deze snelheid er afzetting optreedt in de buizen. Het produkt wervelt niet meer in de lucht maar hoort zich op op de buiswand.

Resultaat :

- . onregelmatig debiet
- . verstoppingen

$v \text{ max.}$: Deze snelheid mag men niet overschrijden of wille van de optredende wrijvingsverliezen.

Dus : $12 \text{ m/s} \leq v \leq 40 \text{ m/s}$

b) Gebruikte formules

1) $PV = nRT$ Algemene gaswet.

2) Luchtdebiet Q

$$Q_L = v_A \times A \times P_{to}$$

v_A = aanvangssnelheid

$$P_{to} = P_{dyn.} + P_{stat.}$$

A = opp. buisleiding

3) $P_1 v_1 = P_2 v_2$

$$P_1 v_1 A_1 = P_2 v_2 A_2$$

4) $P_{tegendruk} =$

$$\frac{Q_{\text{materiaal}} \times L_{\text{langte buis}}}{\text{Materiaalfactor} \times \text{buisfactor}} \quad (\text{empirisch})$$

met hierin :

$Q_{\text{mat.}}$ = ton/h

L = buislengte in meter

$F_{\text{mat.}}$ = materiaalfactor

buisfactor is :

- 1 voor NW 100
- 1,75 voor NW 125
- 2,75 voor NW 150

4.2. PRAKTIJKGEGEVENS

- . Voedingsdruk $P_V = 5 \text{ bar}$
- . Tegendruk $P_T = 2,8 \text{ à } 4,2 \text{ bar}$
- . Debiet lucht $Q_L = 30 \text{ m}^3/\text{min}$
- . Stroomsterkte $I = 75 \text{ A}$

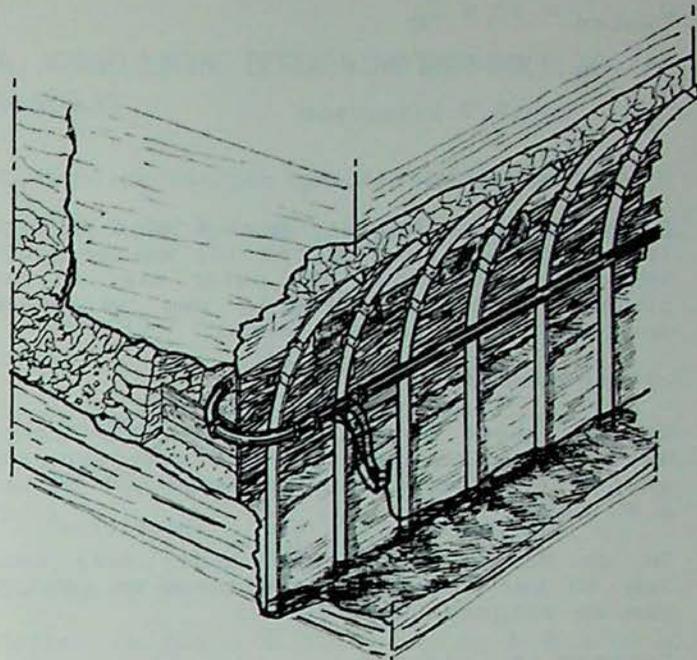


Fig. 12a : Schematisch zicht van de bekisting

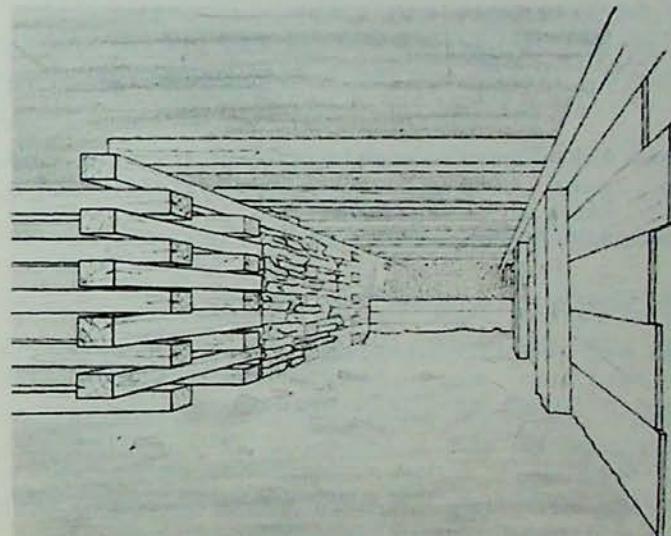


Fig. 12b : Vereenvoudigde bekisting

- . Debiet materiaal $Q_M = 10 \text{ ton/h}$
- . Leiding $\emptyset = \text{NW } 100 \text{ of } \text{NW } 125$

4.3. PROBLEEMSTELLING

1. De stofbestrijding bij uitblazen van het produkt.
2. De juiste mengeling water- produkt.
3. Continu transport van het produkt.

De problemen kunnen opgelost worden door in te spelen op de volgende factoren :

- a) De hoeveelheid ingespoten water in de mengkop.
- b) De druk waarmee het water ingespoten wordt.
- c) De diameter van de buizen.
- d) De uittredesnelheid aan de spuitlans.

4.4. OPLOSSINGEN

- a) De hoeveelheid water

$$Q_{\text{water}} = 10 \% Q_M$$

$$\text{met } Q_M = 10 \text{ ton/h}$$

$$Q_W = 16,7 \text{ liter/min}$$

b) Uittredesnelheid

De uittredesnelheid v_u moet ≤ 40 à 45 m/s. Indien de snelheid groter is, zal er stofvorming zijn omdat het water niet in het produkt kan doordringen. Dus werd een spuitkop $\varnothing 125$ geïnstalleerd.

c) Injectiedruk

Om een goede mengeling te krijgen tussen het persluchtmengsel en het geïnjecteerde water is de waterdruk verhoogd tot 20 bar à 40 bar.

Om de hoeveelheid water onder deze druk van 40 bar toe te voeren maken we gebruik van de volgende sproeiers :

Lechner nr. 612.406

$$\text{waarvoor geldt } Q_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{\sqrt{P_1}} \times Q_1$$

Q_1 = aangegeven in de catalogoog =
1,58 liter/min bij 5 bar

$$\text{Dus } Q_2 = \frac{\sqrt{20}}{\sqrt{5}} \times 1,58 = 3,16 \text{ liter/min}$$

Met 6 sproeiers verkrijgen we :

$$6 \times 3,16 = 18,96 \text{ liter/min}$$

hetgeen gewenst is.

d) Continu transport van produkt

Om een continu transport van produkten te verkrijgen moet het produkt-luchtmengsel een minimum snelheid hebben.

$$v_{\text{min.}} = 12 \text{ m/s}$$

Om de wrijving niet te groot te maken moet de snelheid beperkt worden.

$$v_{\text{max.}} = 50 \text{ m/s}$$

Vandaar dat de leiding bestaat uit buizen van $\varnothing 100$ en $\varnothing 125$.

4.5. PRAKTISCHE TOEPASSING

De spuit - mengkop (fig. 10 en 11)

Uitgevoerd in buisleiding $\varnothing 125$.

Op het einde van de leiding wordt het Wülfrath-lucht-mengsel gemengd met water. In de mengkop moet de watertoevoer geregeld kunnen worden (men stelt ± 10 % voorop) terwijl de lengte belangrijk is om de mengeling te kunnen maken. Bij het in dienst nemen moet de mengkop dus uitgetest worden.

De mengkop is als volgt samengesteld :

- overgangsstuk $\varnothing 125$ met snelverbinding;
- waterverdeler : buis met 6 spiraalvormig geplaatste watertoevoeren (elk voorzien van een ingebouwde filter). Door b.v. slechts 3 of 4 toevoeren te gebruiken kan de waterhoeveelheid geregeld worden;
- centrale bedieningskraan met verdeel-slangen;

- gewapende rubberslang : doet dienst als mengslang en de lengte moet aangepast worden bij het in dienst nemen;

- konische spuitkop.

5. BEREKENINGSVOORBEELDEN

5.1. SITUATIEPLAN (fig. 1)

De leiding is op het situatieplan getekend A B C D E.

Waar :

A B	=	15 m	$\varnothing 100$
B C	=	100 m	$\varnothing 150$ = (boring tussen 2 niveaus)
C D	=	500 m	$\varnothing 100$
D E	=	700 m	$\varnothing 125$

Totaal 1.315 m

5.2. GEBRUIKTE FORMULES EN GEGEVENS

$$Q_L = v_A \times A \times P_{\text{tot}}$$

$$v_A \geq 12 \text{ m/s}$$

$$\Delta P = \frac{\text{ton/h} \times L}{f_{\text{mat.}} \times f_{\text{buis}}} \quad A \varnothing 100 = 2,00785 \text{ m}^2$$

$$A \varnothing 125 = 0,012656 \text{ m}^2$$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad A \varnothing 150 = 0,01766 \text{ m}^2$$

5.3. BEREKENING v_A

$$Q_L = 12 \text{ m/s} \times 0,00785 \text{ m}^2 \times 4,2 \text{ bar} \times 60$$

$$Q_L = 23,73 \text{ m}^3/\text{min}$$

We nemen $Q_L = 30$ à $35 \text{ m}^3/\text{min}$

hetgeen een v_A geeft van 15 à 17 m/s.

5.4. BEREKENING VAN HET TE VERWACHTEN DEBIET

Het te verwachten debiet wordt berekend uit de toelaatbare drukval.

Uit proeven ter plaatse zien we dat bij voedingsdruk $P_v = 5,1$ bar, men maximaal 4,2 bar tegendruk aan de machine mag krijgen. Dus de ΔP_{totaal} is 4,2 bar.

$$\Delta P_{\text{tot}} = \Delta P_{AB} + \Delta P_{BC} + \Delta P_{CD} + \Delta P_{DE}$$

ΔP is afhankelijk van het verstuurd debiet materiaal.

Kiezen we 8 ton/h :

$$\Delta P = \frac{\text{ton/h} \times L}{\text{materiaalfactor} \times \text{buisfactor}}$$

$$\Delta P_{AB} = \frac{8 \times 15 \text{ m}}{1.800 \times 1} = 0,066 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{BC} = \frac{8 \times 100}{1.800 \times 2,75} = 0,16 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{CD} = \frac{500 \times 8}{1.800 \times 1} = 2,22 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{DE} = \frac{8 \times 700}{1.800 \times 1,75} = 1,77 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{\text{tot}} = 4,22 \text{ bar}$$

$f_{\text{buis}} =$

1 voor \emptyset 100
1,75 voor \emptyset 125
2,75 voor \emptyset 150

We zien dus dat voor 8 ton/h de toelaatbare drukval en de berekende drukval gelijk zijn.

Dus het verwachte debiet = 8 ton/h.

5.5. CONTROLE VAN DE BUISSNELHEDEN

$P_1 v_1 = P_2 v_2$ expansie van perslucht in de buis
 $v_1 A_1 = v_2 A_2$ behoud van debiet per sectie

Beginsnelheid $v_A = 15 \text{ m/s}$

In de sectie B \emptyset 100

$\Delta P_{AB} = 0,066 \text{ bar}$ $P_A = 5,1 \text{ bar}$ $P_B = 5,034 \text{ bar}$

$v_A = 15 \text{ m/s}$ $v_B = \frac{5,1}{5,034} \times 15 \text{ m/s} = 15,2 \text{ m/s}$

In de sectie B \emptyset 150

$v'_B = v_B \times \frac{A_{100}}{A_{150}} = v_B \times \frac{0,00785}{0,01766} = 6,75 \text{ m/s}$

In de sectie C \emptyset 150

$\Delta P_{BC} = 0,16 \text{ bar}$ $P_C = 5,034 - 0,16 = 4,874 \text{ bar}$

$v'_B = 6,75 \text{ m/s}$ $v_C = v'_B \times \frac{5,034}{4,874} = 6,97 \text{ m/s}$

In de sectie C \emptyset 100

$v'_C = v_C \times \frac{0,01766}{0,00785} = 15,69 \text{ m/s}$

In de sectie D \emptyset 100

$\Delta P_{CD} = 2,22 \text{ bar}$

$P_D = 4,874 \text{ bar} - 2,22 \text{ bar} = 2,654 \text{ bar}$

$v_D = v'_C \times \frac{4,874}{2,654} = 28,82 \text{ m/s}$

In de sectie D \emptyset 125

$v'_D = v_D \times \frac{A_{100}}{A_{125}} = 28,82 \times \frac{0,00785}{0,012656} = 17,85 \text{ m/s}$

In de sectie E \emptyset 125 = uittreesnelheid in vrije lucht

$\Delta P_{DE} = 1,77 \text{ bar}$ $P_E = 2,654 - 1,77 = \pm 0,9 \text{ bar}$

$v_{\text{uit}} = v_D \times \frac{2,654}{1,77} = 17,85 \times \frac{2,654}{1,77} = 26,76 \text{ m/s}$

$= v_D \times \frac{2,654}{1} = 47,37 \text{ m/s}$

6. VERGELIJKING BEREKENING EN PRAKTIJK-GEGEVENS

Gemiddelde waarden genomen op 15.01.1983.

De spuitkop bevindt zich op 1.320 m van de machine.

1. P_{voeding} 5,1 bar
2. Q_L 30 à 33 m³/min
3. P_{tegen} 3,9 à 4,2 bar
4. I_{motor} 75 A
5. $Q_{\text{materiaal}}$ 5 à 8 containers = 8 à 12,8 ton
6. Blaastijd 1 à 1 h 30

Debiet is dus 8 à 12,8 ton op 1 à 1 h 30 = 8 ton/h.

Deze waarden komen zeer goed overeen met de berekende waarden.

7. HET BELANG VAN DE SAMENSTELLING VAN HET DROOG BETONMENGSEL

Het mengsel moet een snel bind- en hardingsvermogen bezitten. Daarbij moet het gehalte aan fijne deeltjes, kleiner dan 75 μ , minder dan 25 % bedragen van het droog gewicht.

De drukweerstand na 24 uur moet groter zijn dan 10 N/mm² en na 28 dagen groter dan 30 N/mm².

Vooraf het gehalte aan fijne deeltjes kleiner dan 75 μ is belangrijk. Om de stofontwikkeling te beperken is men steeds geneigd meer water toe te voegen dan noodzakelijk.

De drukweerstand van beton hangt nauw samen met het watergehalte bij het aanmaken. Hoe groter het aandeel van kleine deeltjes hoe meer het watergehalte zal afwijken van de ideale samenstelling en hoe lager de uiteindelijke druksterkte.

8. METINGEN I.V.M. HET BEHOUD VAN DE GALERIJ

Het Nieb heeft twee campagnes van convergentiemetingen uitgevoerd in de voetgalerij van pijler 3361 (fig. 13). De eerste meetcampagne had plaats waar de galerijversteving gebeurde met houtstapels (eiken spoorwegdwarsliggers) S'I, S'II, S'III. De tweede meetcampagne ter hoogte van de betondam S'I, S'II, S'III.

De eerste resultaten (fig. 14) hebben aangetoond dat de convergentie van het dak en de zwelling van de vloer verminderde met de betondam, t.o.v. de houtstapels.

De gesteentedruk ter plaatse van de meetsecties is natuurlijk niet volkomen identiek maar de resultaten zijn toch zeer bemoedigend.

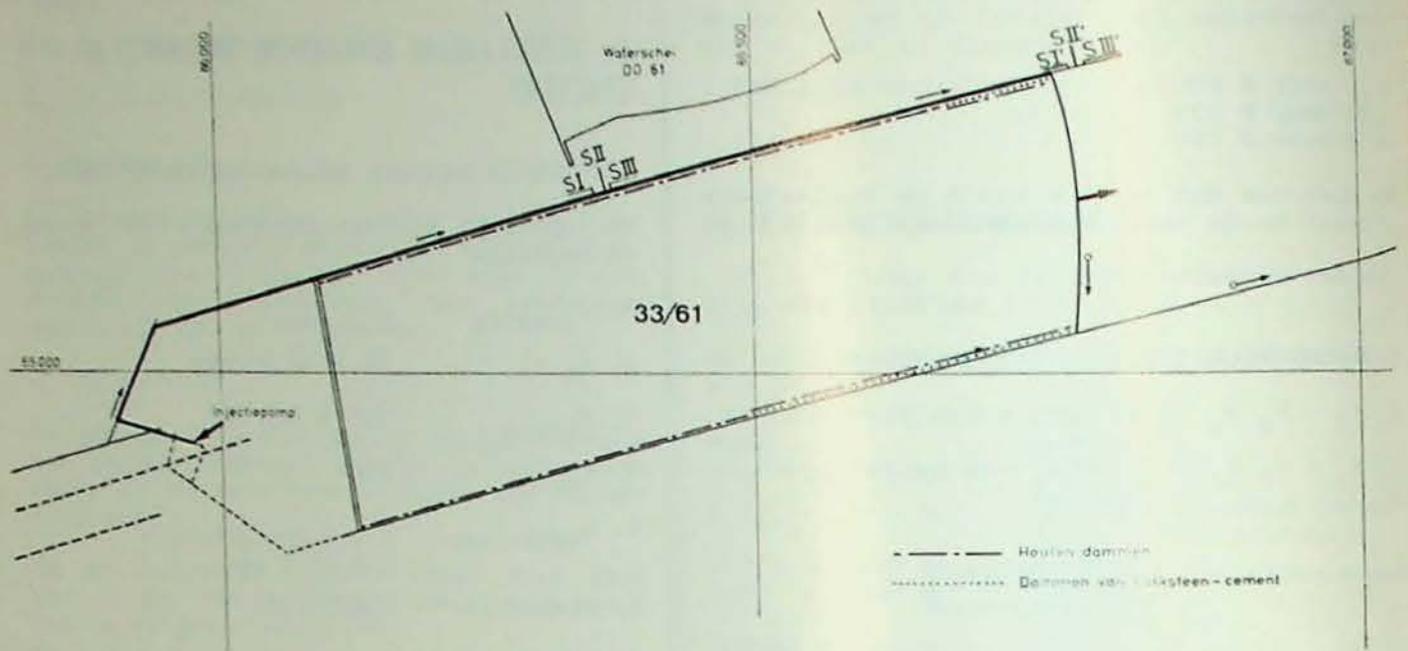


Fig. 13 : Liggingsplan van de secties voor convergentiemetingen in pijler 336.

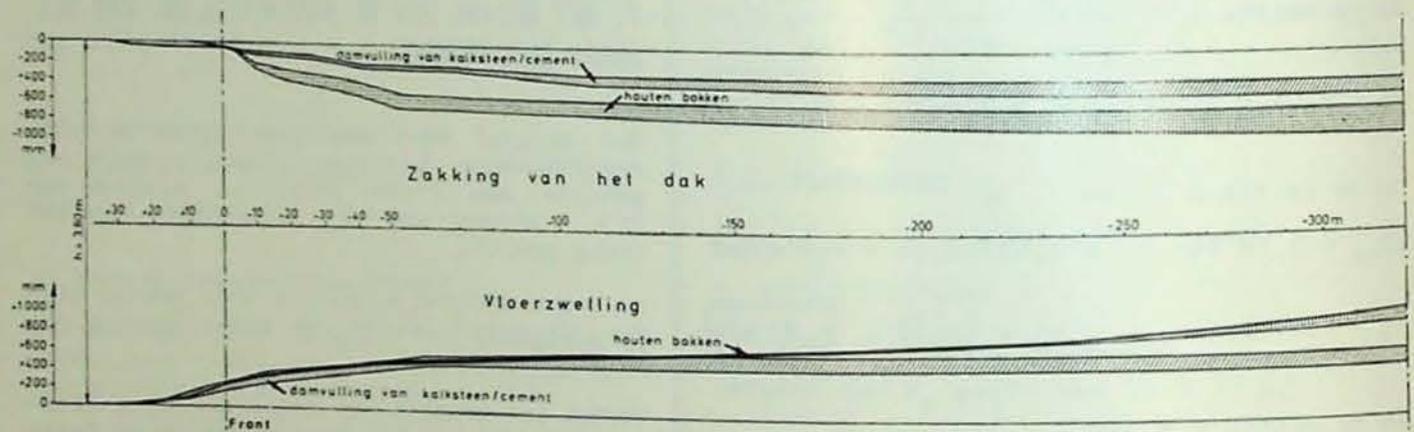


Fig. 14 : Vergelijking van de resultaten van de convergentiemetingen in het geval van houten dammen en dammen van kalksteen-cement in pijler 3361

9. BESLUITEN

Het blazen van betondammen wordt beheerst door 4 technische factoren :

- . Produktbehandeling tot een minimum beperken.
- . Ononderbroken bevoorrading van de blaas-machine tijdens het blazen.
- . De droge produkten beschermen tegen vocht en vreemde voorwerpen.
- . De stofontwikkeling beperken tijdens de verschillende operaties.

De huidige techniek met vervoer in zakken

vergt veel manipulatie. Het gebruik van een silo op de bovengrond en aansluitend vervoer in bulk lost dit probleem op.

De bevoorrading vanuit een voorgeschakelde bunker garandeert een continue aanvoer van droog produkt naar de blaasmachine.

De stofontwikkeling is volkomen uitgeschakeld door een verbetering van het water-injectiesysteem en overgang naar buizen van diameter 125.

De techniek van het blazen van betondammen schenkt volledige voldoening. Wat het behoud van de galerij betreft is verder onderzoek nog aan te raden.

La modélisation de l'épreuve de friction au tambour

Jozef BRACKE, Pierre BROWAEYS *, Michel TAILLET **

RESUME

L'épreuve de friction au tambour réalisée sur un échantillon de bande transporteuse destinée au fond est l'un des deux essais d'agrégation belge, repris quasi tel quel par les Communautés européennes, comme essai d'homologation.

La modélisation mathématique de cet essai a pour but de prévoir notamment l'évolution de la température du tambour en fonction du temps.

Pour réaliser cette modélisation, il faut d'abord opérer des simplifications quant à la géométrie de l'essai, à la nature du flux de chaleur traversant le tambour et à la cause de sa création.

Moyennant des hypothèses simplificatrices, une mise en équations des transports de chaleur dans le tambour et du flux thermique est possible.

On peut passer ensuite à la modélisation numérique de l'épreuve au tambour, grâce aux énormes capacités de l'ordinateur, et à la résolution numérique de l'équation du transfert de chaleur.

Cette modélisation nécessite la simulation des phénomènes suivants :

- la production d'énergie calorifique;
- les caractéristiques de transfert de chaleur de la courroie et du tambour;
- l'usure de la courroie.

La procédure de simulation comprendrait donc les étapes suivantes :

- détermination empirique du coefficient de frottement;
- calcul de la durée de l'essai par méthode statistique;
- sur base de ces deux valeurs, sélection d'une courbe d'évolution du coefficient de frottement et d'une loi d'usure de la courroie transporteuse;
- détermination empirique de la résistance à la diffusion thermique de la courroie;
- calcul à chaque instant du flux entrant dans le tambour;
- intégration numérique de l'équation différentielle du transfert de chaleur et détermination de la température maximale.

SAMENVATTING

De trommelwrijvingsproef op een monster van een transportband voor de ondergrond is een van de twee Belgische erkenningsproeven die praktisch als dusdanig zijn overgenomen door de Europese Gemeenschappen als homologatieproef.

De uitwerking van het mathematische model van deze proef heeft tot doel onder meer de evolutie te voorzien van de temperatuur van de trommel naargelang van de tijd.

Om dit model uit te werken dient vooreerst de geometrie van de proef, de aard van de warmteflux doorheen de trommel en de reden van zijn ontwerp vereenvoudigd te worden.

Mits deze vereenvoudigende hypotheses is een vergelijking mogelijk tussen het warmtetransport in de trommel en de thermische flux.

Daarna kan overgegaan worden tot de uitwerking van het numeriek model van de trommelproef, dank zij de enorme capaciteiten van de computer, en tot de numerieke oplossing van de vergelijking van de warmte-overdracht.

Deze modeluitwerking vereist de simulatie van de volgende verschijnselen :

- de produktie van warmte-energie;
- de kenmerken van warmte-overdracht van de band en de trommel;
- de slijtage van de band.

De simulatieprocedure zou dus de volgende fases omvatten :

- empirische bepaling van de wrijvingscoëfficiënt;
- berekening van de duur van de proef door statistische methode;
- op grond van deze twee waarden, selectie van een evolutiecurve van de wrijvingscoëfficiënt en van de slijtagewet van de transportband;
- empirische bepaling van de weerstand t.o.v. de thermische diffusie van de band;
- berekening, op ieder ogenblik, van de flux die de trommel ingaat;
- numerieke integratie van de differentiële vergelijking van de warmte-overdracht en bepaling van de hoogste temperatuur.

* Respectivement Directeur de la Division de Colfontaine et Ingénieur Chargé de Recherches, Inieux, rue Grande 60, B-7260 Colfontaine.

** Ingénieur civil des Mines attaché au Service d'Exploitation des Mines de l'ULB, avenue F.D. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles.

ZUSAMMENFASSUNG

Zu den beiden belgischen Zulassungsversuchen, welche von der Europäischen Gemeinschaft nahezu ohne Änderungen übernommen worden sind, gehört der Reibungsversuch auf einer Trommel mit einem Probestück eines untertage einzusetzenden Förderbandes.

Das mathematische Modell von diesem Versuch beabsichtigt insbesondere den zeitlichen Temperaturanstieg der Trommel.

Um dieses Modell entwickeln zu können, sollen die Versuche zunächst unter vereinfachten Bedingungen durchgeführt werden, was den Aufbau des Versuches, den Wärmefluss durch die Trommel, und dessen Entstehungsgrund anbetrifft.

Unter diesen vereinfachten Bedingungen kann die Gleichung des Wärmetransportes innerhalb der Trommel und des Wärmeflusses erstellt werden.

Die enormen Möglichkeiten des Computers erlauben die rechnerische Lösung der Wärmeübergangs-Gleichung, sowie die rechnerische Ausarbeitung der Modellerstellung des Trommelversuches.

Die Modellausarbeitung erfordert die Simulation der folgenden Vorgänge :

- die Erzeugung von Wärmeenergie
- die Eigenschaften der Wärmeübertragung des Förderbandes und der Trommel
- der Verschleiss des Förderbandes.

Deshalb soll das Simulationsverfahren die nachfolgenden Schritte umfassen :

- Empirische Bestimmung des Reibungskoeffizienten
- Berechnung der Versuchsdauer nach der statistischen Methode
- Anhand dieser Ergebnisse soll die Charakteristikevolution des Reibungskoeffizienten und die Gesetzmässigkeit des Verschleisses des Förderbandes erstellt werden
- Empirische Bestimmung des Wärmediffusionswiderstandes des Förderbandes
- Eine Berechnung des Wärmeflusses in die Trommel in Abhängigkeit der Zeit
- Rechnerische Integration der Differentialgleichung des Wärmeübergangs und Bestimmung der Höchsttemperatur.

1. INTRODUCTION

En Europe, toute courroie transporteuse destinée aux mines souterraines doit être légalement agréée. Malheureusement, faute d'une coordination efficace, les essais d'homologation et de contrôle mis au point dans les différents pays membres de la CEE sont très diversifiés, tant par la taille des échantillons que par les propriétés testées.

Dans un effort d'harmonisation des législations, l'Organe Permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les Mines de Houille a proposé l'utilisation généralisée d'une épreuve de contact au feu en grande galerie et d'une épreuve de frottement au tambour, toutes deux fort proches des essais d'agrément belges.

Diverses tentatives ont été menées pour

SUMMARY

The drum friction test realized on an underground belt conveyor sample is one of the two Belgian certification tests, quasi taken over as they are by the European Communities, as approval tests.

The mathematical modelling of this test aims at the prediction of the drum temperature evolution as a function of time.

To realize this modelling, the geometry of the test, the nature of the heat flux crossing the drum and the cause of its creation must first be simplified.

Provided these simplifying hypotheses, a comparison of the heat transport in the drum and of the thermal flux is possible.

Then, the numerical modelling of the drum test, thanks to the computer's enormous capacities, and the numerical solution of the heat transfer equations can be realized.

This modelling requires the simulation of the following phenomena :

- thermal energy production;
- characteristics of the belt conveyor and drum heat transfer;
- belt wear.

The simulation process would include the following stages :

- empirical determination of the friction coefficient;
- calculation of the test duration by statistical methods;
- on the basis of these two values, selection of an evolution curve of the friction coefficient and of a wear law for the belt conveyor;
- empirical determination of the belt conveyor's thermal diffusion resistance;
- calculation of the flux, entering the drum;
- numerical integration of the differential equation of the heat transfer and determination of the maximum temperature.

réduire la taille des échantillons, tout en maintenant le niveau de sécurité, assuré par les deux épreuves recommandées au niveau européen. Certains chercheurs ont essayé de modifier l'un ou l'autre essai existant déjà à l'échelle réduite, de manière que les courroies acceptées ou refusées lors des grands essais le soient également sur base des critères de sélection des petits essais, éventuellement adaptés.

Pour notre part, nous avons présenté dans un article précédent [3] des essais de corrélation des résultats d'essais à échelle réduite à ceux des deux essais européens. Aucune relation statistique ne s'est malheureusement révélée satisfaisante. Toutefois, nous disposons actuellement d'un outil informatique qui nous permettrait de répéter aisément ces calculs statistiques afin de juger le niveau de sécurité qu'offriraient les petits essais,

nouvellement modifiés, vis-à-vis des essais belges.

Cependant, il nous faut insister sur le fait que la modification d'un essai à échelle réduite et les relations statistiques ne permettent ni d'apprécier les phénomènes physiques et chimiques réellement en cause lors des incendies de courroies, ni de fixer des critères de sélection ayant pour base cette connaissance.

Ces essais, admis ou proposés, agrément ou rejettent une bande transporteuse à partir de considérations empiriques et ne reposent sur aucune interprétation théorique. Une éventuelle relation statistique entre deux essais effectués à des échelles différentes ne serait donc pas forcément conservée lorsque des courroies fabriquées à partir de nouveaux matériaux seraient testées.

2. DESCRIPTION DE L'ESSAI REEL

L'épreuve normalisée au tambour simule l'échauffement d'une bande bloquée, tandis que le tambour moteur continue à tourner.

Elle consiste à faire tourner à 200 tr/min $\pm 1\%$ pendant un temps déterminé un tambour d'acier de 200 mm de rayon contre une éprouvette de 150 x 1000 mm qui embrasse le tambour sur 180° (fig. 1) et qui est maintenue fixe et tendue. Six éprouvettes sont découpées dans le sens longitudinal et l'on procède à 6 essais :

- deux essais dans les conditions décrites ci-dessus;
- deux essais avec projection de 50 g de charbon fin toutes les 15 min entre les brins de la courroie testée;
- deux essais avec projection de charbon, sous un courant d'air maintenu à une vitesse de 1,5 m/s.

Près du tambour, les deux brins sont horizontaux. Plus loin, le brin inférieur passe sur un rouleau et descend verticalement à son extrémité; on y pend un poids de 35 kg pendant les 30 premières minutes, 50 kg pendant les 30 minutes suivantes et enfin, si l'essai se prolonge au-delà d'une heure, le poids de traction est porté à 70 kg. Le critère d'homologation des courroies est la température atteinte par le tambour; elle ne peut jamais dépasser 300 °C. Cette température est actuellement mesurée à l'aide de 3 thermocouples. Ils sont situés dans la section médiane du tambour, écartés de 120° et à 0,5 mm de la surface extérieure.

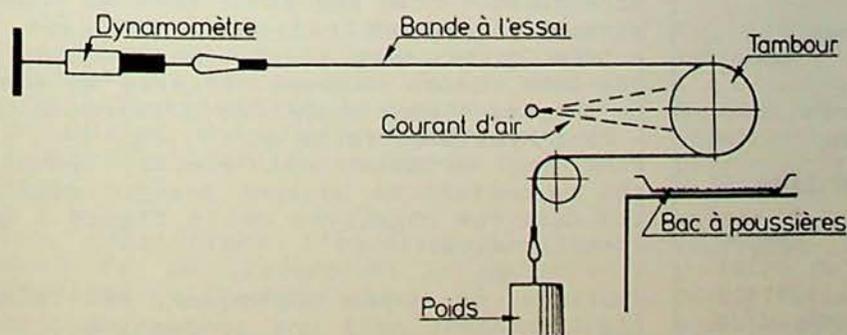


Fig. 1 : Schéma de principe de l'épreuve de friction au tambour

3. DESCRIPTION GENERALE DU MODELE

3.1. INTRODUCTION

Toute modélisation mathématique comprend des simplifications de la géométrie du système à simuler et une idéalisation des phénomènes étudiés.

3.2. GEOMETRIE DU MODELE

La géométrie simplifiée, qui a servi de support à la simulation mathématique, est représentée à la figure 2.

Nous avons considéré :

- une courroie mince, d'épaisseur e ;
- un tambour cylindrique de rayon R et de longueur infinie;
- le tambour est embrassé sur 180° par la courroie; il tourne autour de son axe.

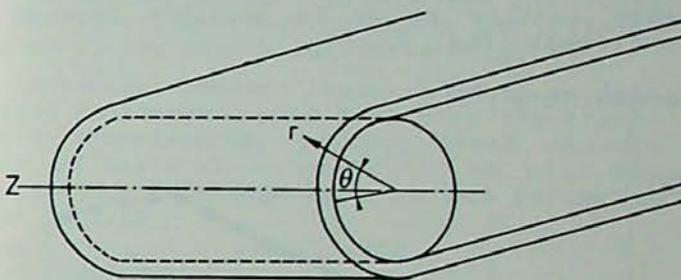


Fig. 2 : Géométrie du modèle

L'origine du référentiel est située en un point quelconque de l'axe du tambour. Nous avons adopté des coordonnées cylindriques (r, θ, Z) . L'axe Z coïncide avec l'axe du cylindre. r et θ se déplacent dans le plan perpendiculaire à l'axe Z .

3.3. MODELISATION DU FLUX DE CHALEUR

Lors de l'essai réel, la moitié seulement de la face latérale du tambour, qui tourne à 200 tr/min, est à chaque instant en contact avec la bande testée. Il en résulte que le flux de chaleur radial au travers du tambour est de nature périodique, une moitié du cycle correspondant à l'échauffement du métal par frottement, l'autre moitié, au refroidissement de la surface par radiation dans l'air. Pour décrire mathématiquement ce comportement, on peut adopter deux attitudes. La première consiste à prévoir, dans l'équation de la quantité de chaleur générée à l'interface, des termes sinusoïdaux qui expriment que le métal est soumis alternativement à un flux positif (transformation de l'énergie mécanique en chaleur) et négatif (radiation dans l'air à température ambiante). L'autre attitude revient à négliger la nature alternative du phénomène et d'appliquer à l'interface un flux monotone, sorte de moyenne sur la période. La seconde option, mathématiquement plus simple, nous a paru préférable

pour ne pas rendre le modèle trop compliqué et donc inapplicable.

D'autre part, parmi les phénomènes à modéliser, l'un des plus complexes à aborder est l'usure de la courroie par abrasion. En effet, la dégradation s'opère en plusieurs étapes, correspondant à la nature de la surface en contact avec le tambour (revêtement, carcasse ...). De plus, à l'usure mécanique s'associe un ramollissement de la partie chauffée de la courroie transporteuse. Sur le métal se dépose alors une couche de caoutchouc qui modifie les conditions de frottement. En outre, la fusion s'accompagne de modifications chimiques dont la nature endothermique ou exothermique influence certainement le flux de chaleur.

Dans le cas des courroies étudiées (monopli en PVC), nous avons pu constater, sur les courbes de relevé des températures, la succession de trois phases distinctes correspondant à l'usure du revêtement, de la carcasse textile et de la deuxième face du revêtement (fig. 3).

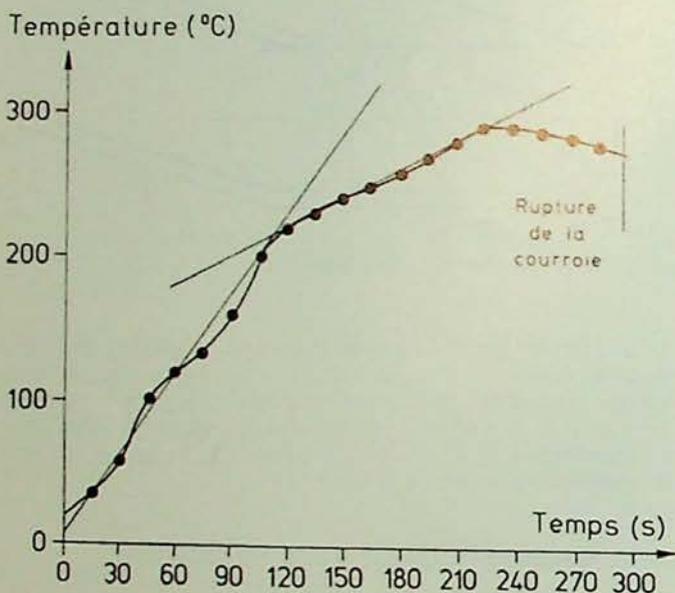


Fig. 3 : Evolution des températures en cours d'essai

En résumé, la modélisation mathématique que nous avons opérée se base sur les considérations suivantes :

- La géométrie de l'essai est simplifiée. Le tambour est assimilable à un cylindre infini. Dès lors, les effets de bords ne sont pas pris en considération.
- La nature périodique du flux de chaleur traversant le tambour est décrite mathématiquement par le calcul d'un flux moyen.
- Le flux de chaleur est créé uniquement par frottement à l'interface entre la courroie et le tambour.

4. MISE EN EQUATION

4.1. TRANSFERTS DE CHALEURS DANS LE TAMBOUR

Exprimons à présent que, durant l'expérience, le tambour, constitué d'un acier homogène, subit des variations de l'énergie interne qui sont dues à l'existence d'un gradient de température qui est le résultat du phénomène de conduction thermique.

$$\rho_2 \frac{\partial U_2}{\partial t} = \rho_2 \hat{c}_{p2} \frac{\partial T_2}{\partial t} = \nabla \cdot \vec{F}_2 = k_2 \nabla^2 T_2 \quad (1)$$

D'une façon générale, dans les équations, nous avons l'indice 1 pour indiquer que le coefficient ainsi indicé représente une grandeur caractérisant la courroie. L'indice 2 est affecté aux grandeurs propres au tambour, l'indice 0 étant réservé aux coefficients à l'interface.

Dans l'équation ci-dessus figurent :

- ρ_2 : la masse spécifique du tambour M/L^3
- U_2 : l'énergie interne du tambour L^2/t^2
- \hat{c}_{p2} : la capacité calorifique par unité de masse L^2/t^2T
- \vec{F}_2 : le vecteur du flux de chaleur dans le tambour ML^2/t^3
- k_2 : la conductibilité thermique du tambour ML/t^3T

4.2. FLUX DE CHALEUR

La cause de l'existence du gradient de température est le flux de chaleur créé par frottement. Appelons p la pression d'application de la courroie sur le tambour, v la vitesse relative entre les deux surfaces, f le coefficient de frottement, et w la puissance engendrée par le flux de chaleur qui vaut

$$w = f.p.v \quad (2)$$

En effet, supposons que les variations éventuelles des coefficients ρ et \hat{c}_p du tambour et de la courroie influencent peu la température du tambour. Dans ces conditions, l'évolution temporelle des coefficients de frottement mesurés en cours d'essai, et celle de la dérivée par rapport au temps de la température au tambour devraient présenter des similitudes.

Ces hypothèses ont été l'objet de vérifications expérimentales réalisées sur 34 courroies testées dans les installations de l'Iniex à Pâturages.

La figure 4 présente l'évolution temporelle du coefficient de frottement au cours de l'épreuve au tambour effectuée sur la courroie n° 1275 (selon la numérotation de l'Iniex). Sur la figure 5 sont présentées les valeurs calculées des dérivées temporelles des températures relevées au tambour au cours du même essai.

La similitude de ces courbes est manifeste. Toutefois, quelques différences de comportement sont à considérer :

- La courbe 4 fait apparaître trois extremums inégaux, tandis que deux d'entre eux sont égaux sur la figure 5. Les mesures étant effectuées toutes les 15 s, nous ne pouvons garantir que ces extremums ne sont pas situés entre deux points de mesures et, dès lors, leurs valeurs définies au moment de la mesure sont entâchées d'imprécision.
- Si l'hypothèse faite que $\rho_1, \rho_2, \hat{c}_{p1}, \hat{c}_{p2}$ sont peu variables est exacte, aucun de ces paramètres ne pouvant devenir négatif, les dérivées négatives de la figure 5 sont inexplicables.

Exprimées en termes physiques, ces valeurs signifieraient qu'à une production d'énergie thermique par frottement, correspondrait une diminution de température au

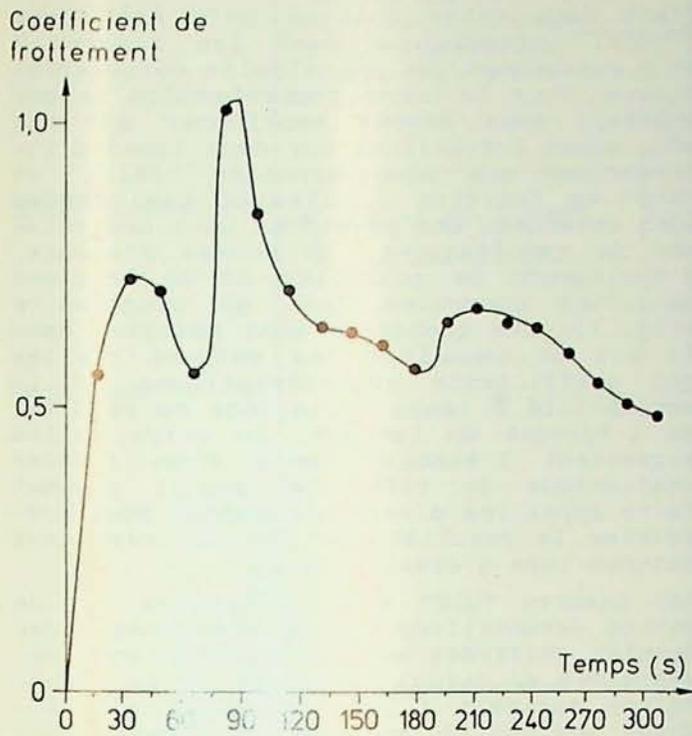


Fig. 4 : Evolution temporelle des coefficients de frottement

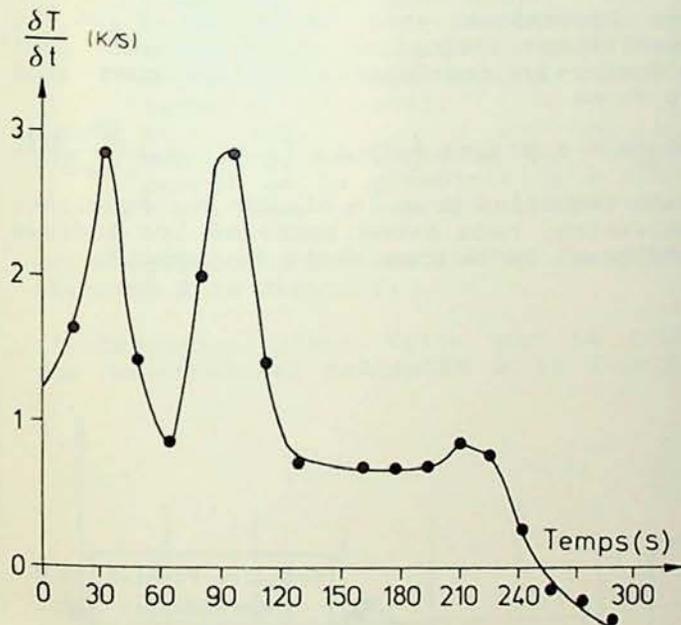


Fig. 5 : Evolution des dérivées temporelles de la température

tambour. En effet, la dérivée s'annule et devient négative avant que la courroie se brise. Ce phénomène n'est pourtant aberrant qu'en apparence, puisque, en fait, seule une partie du flux thermique créé par frottement est évacué par le tambour. Le complément est transmis à l'atmosphère ambiante, au travers de la courroie. Or, la diminution de l'épaisseur de la courroie, par usure mécanique, entraîne une augmentation de la fraction d'énergie évacuée au travers de celle-ci.

En effet, considérons l'équation du flux de chaleur F_1 au travers de la courroie de coefficient de transfert k_1

$$F_1 = -k_1 \frac{T_a - T_0}{e}$$

dans laquelle T_a représente la température ambiante (pour simplifier, nous supposons

qu'elle vaut 0), T_0 la température à l'interface courroie-tambour et e l'épaisseur de la bande transporteuse. Pour $T_a = 0$, l'équation devient :

$$F_1 = k_1 \frac{T_0}{e} \quad (3)$$

On constate que, lorsque T_0 augmente et e diminue, le flux évacué par la courroie augmente. D'autre part, la somme des flux traversant la courroie et entrant dans le tambour doit correspondre à l'énergie engendrée par frottement (équation 2).

Dès lors, pour une production d'énergie constante (f , p , v constants), mais pour une épaisseur de courroie diminuant, la fraction effective du flux entrant dans le tambour diminue au cours du temps. Ce phénomène est, selon nous, à l'origine de l'apparition des dérivées négatives sur la courbe d'évolution de la dérivée temporelle des températures. Ce processus d'usure mécanique de la courroie est difficile à modéliser. On renseigne dans la littérature [2] les étapes suivantes (fig. 6) :

- Le rodage, pendant lequel l'usure se fait assez rapidement, mais à vitesse régulièrement décroissante, l'usure étant mesurée par la perte du volume $V(t)$; on peut admettre que le rodage suit une loi parabolique du type

$$\frac{dV(t)}{dt} = \frac{a}{V(t)} ; V(t) = \sqrt{2at}$$

- La marche normale durant laquelle la vitesse d'usure est plus faible et constante

$$\frac{dV(t)}{dt} = \beta ; V(t) = \beta t + \rho$$

- Le vieillissement, étape durant laquelle il y a reprise de l'usure qui s'accélère jusqu'à la rupture

$$\frac{dV(t)}{dt} = \gamma^V ; v(t) = v_0 e^{\gamma t}$$

(dans ces équations, les coefficients α, β, γ , caractérisent le matériau, ρ dépendant de la valeur de $V(t)$ à la fin de la première étape).

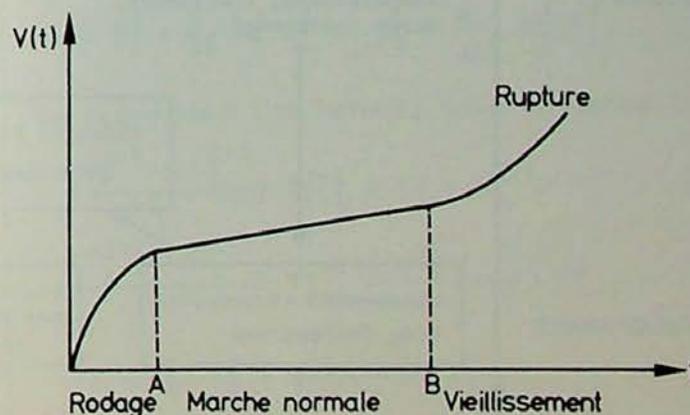


Fig. 6 : Etapes de l'usure d'un matériau par frottement

Si l'on admet que ces divers types de lois mathématiques se vérifient dans le cas des courroies transporteuses, il est possible d'associer une courbe de ce type à une valeur du coefficient de frottement de la courroie.

Cette façon de procéder nous semble une voie possible vers la simulation du processus d'usure et de l'évolution de la répartition des flux, d'autant plus que les récents essais que nous avons effectués ont mis en évidence une corrélation à un très

haut degré de sécurité entre le coefficient de frottement moyen (entre la courroie et le tambour) et la durée de l'épreuve.

5. MODELISATION NUMERIQUE DE L'EPREUVE AU TAMBOUR

5.1. INTRODUCTION

Les méthodes mécaniques et les énormes capacités de mémoire de l'ordinateur confèrent à la simulation mathématique une adaptabilité inégalable par les méthodes analytiques. Parmi elles, nous avons retenu la méthode des différences finies qui s'appuie sur des concepts mathématiques simples que l'on peut adapter à de nombreux problèmes. Nous l'avons utilisée ici, pour la résolution d'une équation différentielle aux dérivées partielles du type parabolique, avec conditions aux limites variables et conditions initiales.

5.2. DESCRIPTION DU LOGICIEL

Les techniques numériques offrent la possibilité d'utiliser des coefficients variables dans le temps et dans l'espace, d'imposer des contraintes aux limites complexes, d'introduire des éléments de retard, des temps morts, ... bref, de suivre la réalité physique aussi fidèlement que le permet notre connaissance des phénomènes. Il est, en outre, possible de combler quelque peu notre incompréhension de certains éléments en fournissant à l'ordinateur un grand nombre de données numériques issues de mesures auxquelles on peut se référer pour orienter les calculs.

C'est dans cette optique qu'a été conçu l'outil informatique dont les figures 7 et 8 reprennent les principales caractéristiques. Pour la bonne compréhension de ces schémas, nous devons mentionner que nos programmes travaillent sur deux types d'informations que nous appelons "INIEX" et "ULB" en fonction du lieu où ces données sont obtenues. Les premières sont des relevés de températures, de durées d'essais, d'épaisseurs de courroies et de tensions dans les courroies lues au dynamomètre (fig. 1). Ces grandeurs sont mesurées dans le but de connaître les valeurs réelles des coefficients caractéristiques et la sensibilité à leurs variations du résultat de l'épreuve au tambour. En outre, elles permettent l'établissement d'un fichier statistique de référence auquel peuvent faire appel les divers programmes pour confronter le résultat des calculs avec ceux obtenus lors d'essais réels.

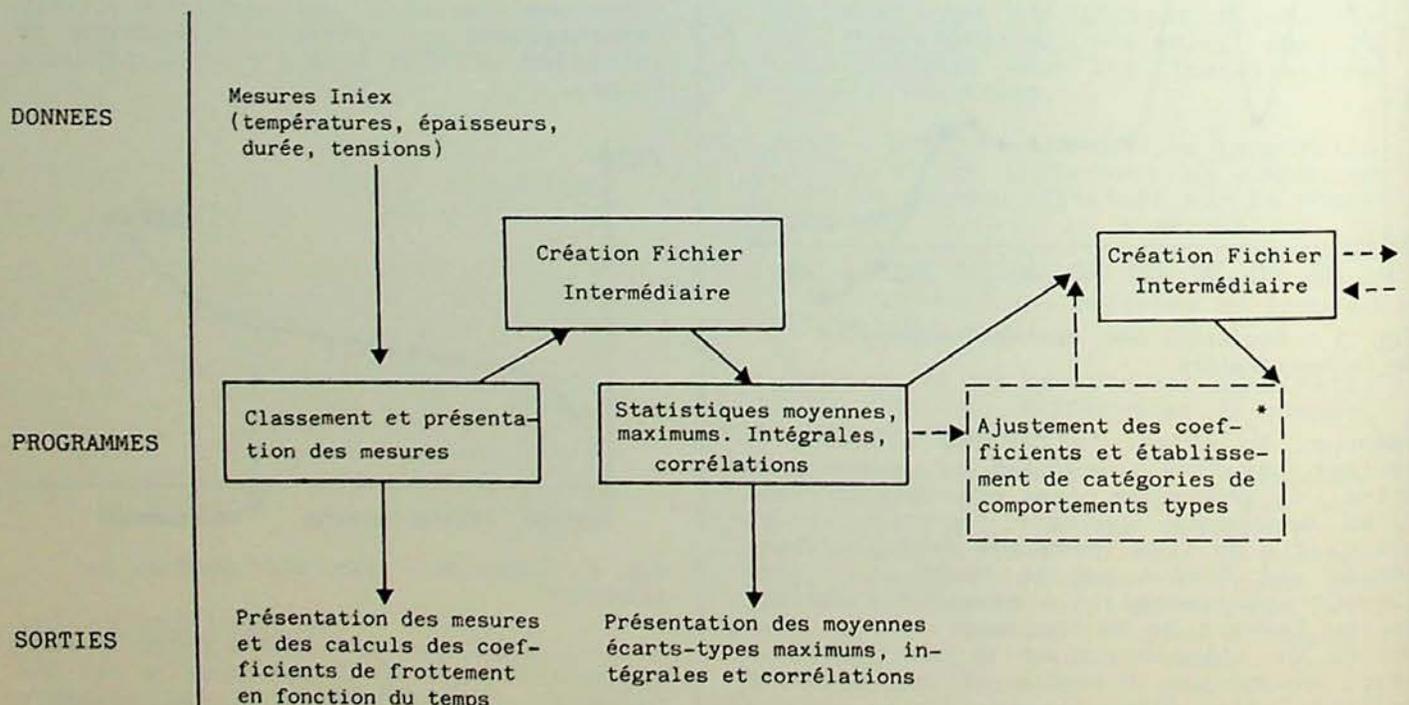
Les mesures "ULB" sont effectuées sur de petits échantillons. Elles comprennent des données chiffrées sur les coefficients nécessaires au calcul numérique de la température maximale : les capacités calorifiques, les coefficients de frottement mesurés au tribomètre, les coefficients de transfert de chaleur et les masses spécifiques.

5.3. Résolution numérique de l'équation du transfert des chaleurs

Des hypothèses introduites au § 3, il résulte que l'équation (1) à résoudre peut s'écrire en coordonnées cylindriques sous la forme :

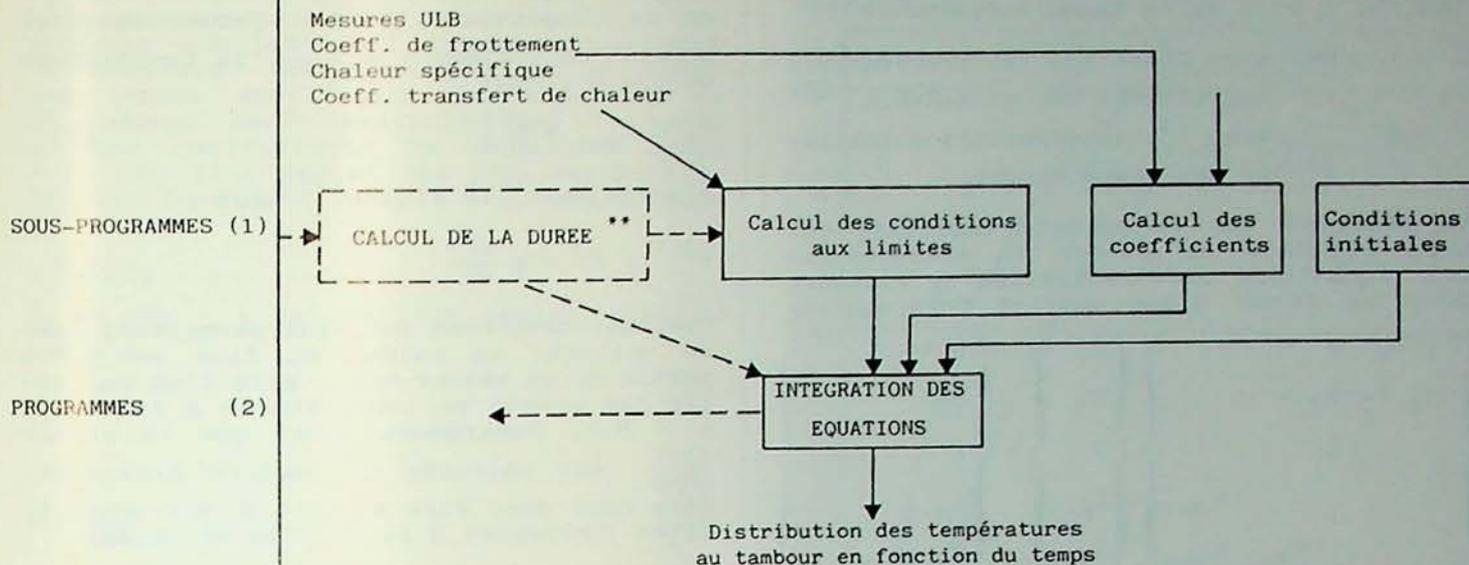
$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = K(x,t) \left(a(x,t) \frac{\partial T}{\partial x} + b(x,t) \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) \quad (4)$$

dans laquelle, pour la clarté des équations suivantes, nous avons supprimé les indices indiquant qu'il s'agissait du tambour.



* Ce programme n'est pas encore réalisé, mais la partie du fichier intermédiaire provenant du programme statistique existe déjà.

Fig. 7 : Schéma du logiciel



** Le sous-programme n'est pas encore réalisé.

Fig. 8 : Schéma du logiciel

$T(x,t)$ est la température en un point du tambour à un moment donné,
 $K(x,t)$ est la diffusivité thermique du tambour (nous lui avons conféré une forme à la fois variable dans le temps et l'espace),
 $a(x,t)$ et $b(x,t)$ sont les coefficients qui tiennent compte de la géométrie ($a = 1/x$ et $b = 1$ dans le cas d'un cylindre).

Cette équation a été résolue sur le domaine illustré à la figure 9.

L'intégration s'est faite sur la grille des températures présentée à la figure 9

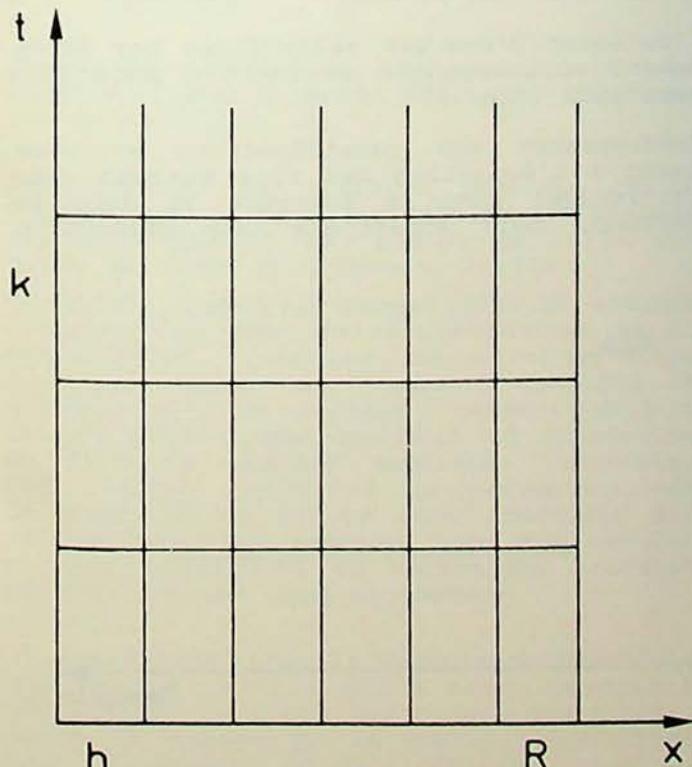


Fig. 9 : Domaine d'intégration de l'équation différentielle

et dont les mailles ont les dimensions h et k telles que, à tout moment, on ait $x = ih$ et $t = jk$. Dès lors la température en un point de la grille, c'est-à-dire en un endroit de l'espace et à un moment donné, sera notée $T_{i,j}^j$.

Pour des raisons de difficultés de convergence, nous avons adopté une méthode de résolution des équations du type implicite. Nous obtenons ainsi :

$$T_i^{j+1} - \frac{1}{2} \left\{ (D_i^{j+1} - C_i^{j+1}) T_{i-1}^{j+1} + (-2D_i^{j+1}) T_i^{j+1} + (C_i^{j+1} + D_i^{j+1}) T_{i+1}^{j+1} \right\} = T_i^j + \frac{1}{2}$$

$$\left\{ (D_i^j - C_i^j) T_{i-1}^j + (-2D_i^j) T_i^j + (C_i^j + D_i^j) T_{i+1}^j \right\}$$

avec $C_i^j = \frac{k}{2h} a_i^j K_i^j$ et $D_i^j = \frac{k}{4h^2} b_i^j K_i^j$

En regroupant les termes, nous obtenons :

$$- \left(\frac{D_i^{j+1} - C_i^{j+1}}{2} \right) T_{i-1}^{j+1} + (1 + D_i^{j+1}) T_i^{j+1} - \left(\frac{C_i^{j+1} + D_i^{j+1}}{2} \right) T_{i+1}^{j+1} = \left(\frac{D_i^j - C_i^j}{2} \right) T_{i-1}^j + (1 - D_i^j) T_i^j + \left(\frac{C_i^j + D_i^j}{2} \right) T_{i+1}^j$$

que nous noterons :

$$- \alpha_i T_{i-1} + \beta_i T_i - \gamma_i T_{i+1} = \delta_i \quad (5)$$

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$, sont calculés en $t = (j+1)k$ au contraire de δ_i qui dépend des valeurs des températures en $t = jk$ et vaut

$$\delta_i = \frac{D_i^j - C_i^j}{2} T_{i-1}^j + (1 - D_i^j) T_i^j + \frac{C_i^j + D_i^j}{2} T_{i+1}^j$$

Dans le problème qui nous occupe, nous délimiterons les valeurs prises par les indices i et j de la façon suivante :

$1 \leq i \leq M-1$ avec T_0^j et T_M^j , les températures aux limites $x=0$ et $x=R=M.h$
 $1 \leq j$ avec T_1^0 , la répartition initiale des températures.

On démontre que la méthode implicite est très efficace et permet la présentation des équations différentielles à résoudre sous la forme d'une matrice tridiagonale

$$\begin{pmatrix} \beta_1 - \gamma_1 & 0 & 0 & \dots \\ -\alpha_2 & \beta_2 - \gamma_2 & 0 & \dots \\ & \vdots & & \\ & & -\gamma_{M-2} & \\ & & & -\alpha_{M-1} & \beta_{M-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_{M-2} \\ T_{M-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_1 + \alpha_1 T_0 \\ \delta_2 \\ \vdots \\ \delta_{M-2} \\ \delta_{M-1} + \gamma_{M-1} T_M \end{pmatrix}$$

Pour résoudre ces équations, nous avons préféré à la méthode d'élimination de Gauss, la relation suivante :

$$T_i = w_i T_{i+1} + g_i \quad (6)$$

Cette technique de résolution est équivalente à la méthode de Gauss. Elle présente, par rapport à cette dernière, l'avantage de ne pas provoquer d'augmentation de l'erreur par calcul telle que celle qui résulte des substitutions dans la méthode gaussienne. D'autre part, elle nécessite un nombre restreint de mémoires dans l'ordinateur.

Cette formule exprime le principe même de la méthode des différences finies qui consiste à linéariser les températures entre deux points consécutifs. Les coefficients w_i et g_i prendront des valeurs adaptées à chaque couple de points $(i, i+1)$. Il résulte également de ce principe que

$$T_{i-1} = w_{i-1} T_i + g_{i-1}$$

En remplaçant ces deux relations dans l'équation (5), on obtient

$$T_i = \frac{\gamma_i}{\beta_i - \alpha_i w_{i-1}} T_{i+1} + \frac{\delta_i + \alpha_i g_{i-1}}{\beta_i - \alpha_i w_{i-1}}$$

et donc

$$w_i = \frac{\gamma_i}{\beta_i - \alpha_i w_{i-1}} \quad \text{et} \quad g_i = \frac{\delta_i + \alpha_i g_{i-1}}{\beta_i - \alpha_i w_{i-1}}$$

Cette méthode permet à chaque instant de calculer de proche en proche les valeurs des températures à l'intérieur du tambour.

Il est toutefois nécessaire de fixer mathématiquement le comportement du système à ses limites 0 et M. Nous avons choisi d'exprimer qu'en $i = 0$, la température de l'axe est à tout moment proportionnelle à la température T_1 , soit :

$$T_0 = 0,95 T_1 + 0$$

Dès lors, $w_0 = 0,95$ et $g_0 = 0$.

Quant à la température en $x = R$, elle est calculée à partir du flux de chaleur entrant dans le tambour :

$h \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_i = T_{i+1} - T_i$ étant la dérivée spatiale de la température qui est proportionnelle au flux de chaleur $F = \lambda \frac{\partial T}{\partial x}$, la température en $i = M-1$ vaut :

$$T_M = T_{M-1} + h \frac{F}{\lambda} \quad (7)$$

D'autre part, le flux F^{j+1} vaut :

$$F^{j+1} = F^j + k \frac{\partial F^j}{\partial t} \quad (8)$$

Ces deux dernières formules permettent donc de calculer la valeur du flux en $j+1$ à partir de sa valeur en j , puis d'en convertir les effets en températures à la limite $x = M.h$. Remarquons aussi que la valeur T_{M-1}^{j+1} est calculée de manière explicite. Elle peut donc être sujette à des instabilités inhérentes à la méthode de calcul.

6. EXEMPLE D'APPLICATION DU MODULE

6.1. INTRODUCTION

Au stade actuel de nos travaux, il est possible d'effectuer une première application des résultats obtenus. Pour cet exemple, la géométrie du modèle est conforme à la description du § 3.2. L'évolution de la température est étudiée en fonction du temps le long d'un rayon du cylindre. La symétrie du cylindre est prise en considération et le rayon du tambour vaut 20 cm.

La température initiale est en tout point égale à zéro. L'équation à résoudre est :

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = K \left(\frac{1}{x} \frac{\partial T(x,t)}{\partial x} + \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} \right)$$

Nous avons choisi $K = 1 \text{ m}^2/\text{s}$.

6.2. SIMULATION DU FLUX

L'émission d'énergie calorifique par frottement sera supposée se faire à puissance constante (fig. 10).

Conformément aux considérations exposées quant à l'évolution des flux entrant respectivement dans la courroie et dans le tambour, nous admettrons une diminution

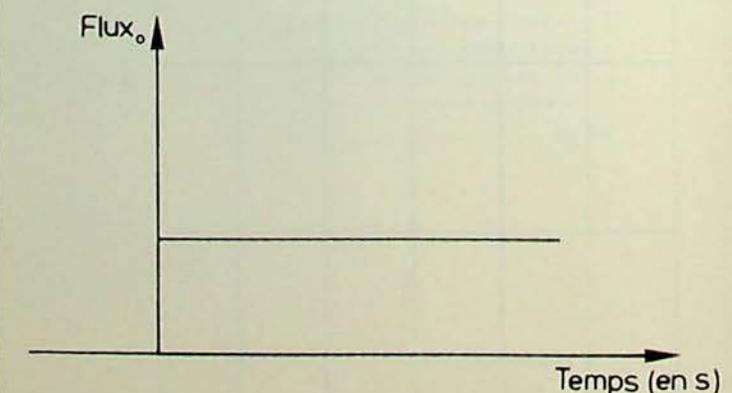


Fig. 10 : Flux de chaleur produit par frottement

de la fraction d'énergie calorifique transmise au tambour. Arbitrairement, nous imposerons que les coefficients de transfert de chaleurs, les capacités calorifiques, les masses spécifiques des courroies et du tambour sont constants dans le temps et les coefficients de transfert égaux à 1. Les flux seront dès lors représentés par des équations linéaires du temps (fig. 11).

$$F_1 = 100 + t$$

$F_2 = 100 - t$ est le flux entrant dans le tambour.

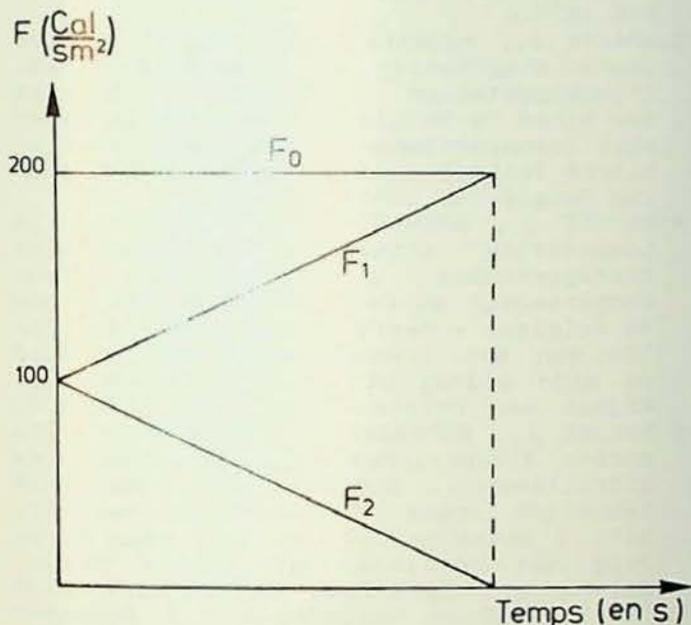


Fig. 11 : Répartition du flux entre le tambour et la courroie : évolution temporelle

6.3. RESULTATS

Dans ces conditions, la résolution des équations nous a permis de tracer les courbes de la figure 12.

On constate que l'allure générale de la courbe, compte tenu des valeurs arbitraires des coefficients, est proche de celle obtenue au cours de l'épreuve réelle.

Ce modèle simplifié permet déjà de simuler l'apparition des dérivées négatives de la température. Il montre, en outre, qu'alors que le cœur du tambour continue à s'échauffer, la surface commence déjà à se refroidir comme suite à la diminution du flux de chaleur appliqué. Toutefois, les courbes calculées ne présentent pas de ruptures de pentes aussi marquées que celles que l'on observe lors des mesures et qui témoignent de variations brutales du flux entrant dans le tambour.

Il est évident que la formule mathématique simplifiée du flux qui a servi de base à nos calculs ne tient pas compte des changements de nature de la surface en contact avec le tambour, ni de l'influence complexe de l'élévation de la température sur les coefficients physico-chimiques.

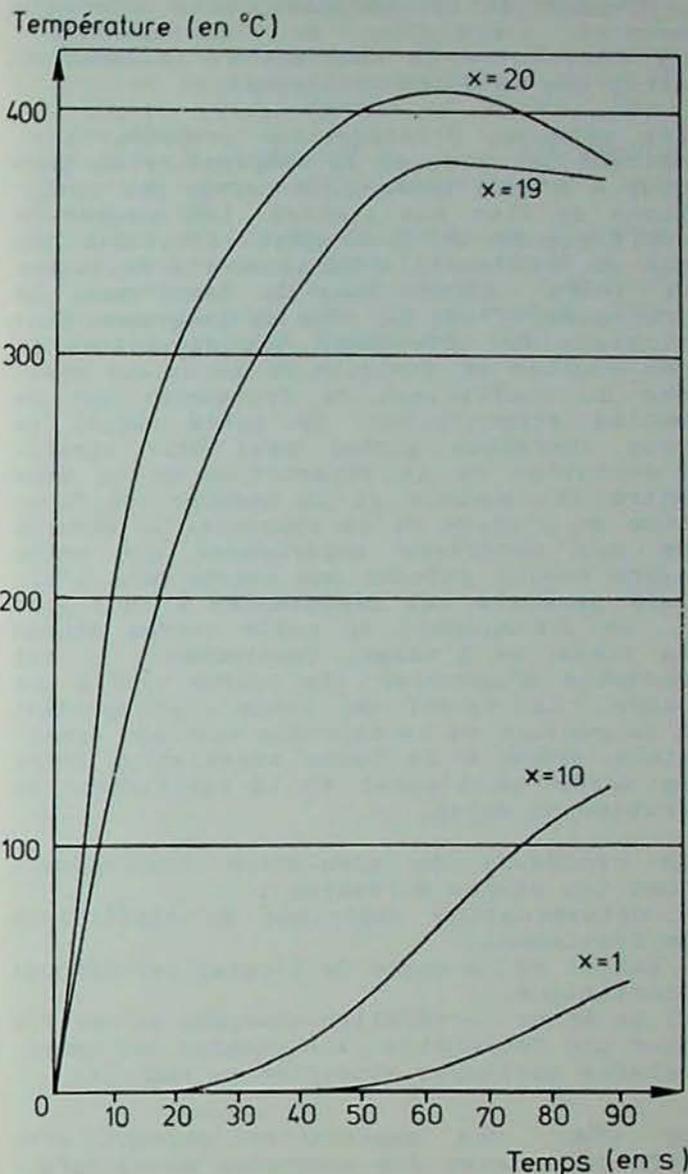


Fig. 12 : Température au tambour : évolution temporelle calculée

7. CONCLUSIONS

La modélisation de l'épreuve au tambour nécessite la simulation des phénomènes suivants :

- La production d'énergie calorifique. Si la vitesse relative du tambour ne varie pas et si la pression d'application de la courroie sur le tambour est constante, l'énergie produite est directement proportionnelle au coefficient de frottement. Il est possible de tenir compte de modifications de la vitesse relative en exprimant qu'elle est couplée à la valeur instantanée du coefficient de frottement de façon telle que la puissance de frottement équivaut à la puissance disponible au moteur.

- Les caractéristiques de transfert de chaleur de la courroie et du tambour. Les paramètres de transfert de chaleur, de capacité calorifique et de masse spécifique du tambour sont déterminés une fois pour toutes. Quant à celles des différentes courroies, il sera bon de déterminer l'influence de chacun des paramètres afin d'estimer dans quelle mesure il est nécessaire d'en connaître les variations.

- L'usure de la courroie. Cette usure détermine l'évolution de la répartition du flux entre la courroie et le tambour, ainsi que la durée de l'essai.

Les méthodes d'intégration proposées permettent de calculer la température au tambour à chaque instant, à partir des conditions de flux aux limites. Les mesures de coefficients de frottement effectuées ont mis en évidence la similitude d'évolution de leurs valeurs dans le temps pour 34 courroies. C'est le rôle du programme statistique de déterminer les paramètres de ces courbes en fonction de la valeur mesurée du coefficient de frottement sur de petits échantillons. De cette façon, le flux thermique global peut être simulé. L'évolution de la répartition de ce flux entre la courroie et le tambour est fonction de l'usure de la courroie. Il résulte de nos premières expériences que cette usure évolue suivant une courbe dont l'allure générale est représentée à la figure 6. De l'étalement de cette courbe dépend la durée de l'essai. Inversement, il est possible d'associer une courbe type à une durée. La valeur du temps correspondant à la rupture de la courroie nous est accessible grâce à la bonne corrélation entre la durée de l'essai et le coefficient de frottement moyen.

La procédure de simulation comprendrait donc les étapes suivantes :

- détermination empirique du coefficient de frottement,
- calcul de la durée de l'essai par méthode statistique,

si la bonne corrélation observée se vérifie pour une fourchette plus étendue des températures maximales atteintes au tambour.

De même, des expériences devront être effectuées avec des courroies ne satisfaisant pas aux critères de sélection ou dont la nature chimique diffère de celles étudiées jusqu'à présent.

Nous disposons pour ce faire des résultats d'épreuves effectuées sur des courroies en néoprène :

- sur base de ces deux valeurs, sélection d'une courbe d'évolution du coefficient de frottement et d'une loi d'usure de la courroie transporteuse;
- détermination empirique de la résistance à la diffusion thermique de la courroie, tenant compte des coefficients de transfert de chaleur, de la capacité calorifique, de la masse spécifique et de leurs éventuelles variations dans le temps;
- calcul à chaque instant du flux entrant dans le tambour;
- intégration numérique de l'équation différentielle du transfert de chaleur et détermination de la température maximale.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous leurs collaborateurs de l'ULB, l'INIEX et la CCT qui les ont assistés par leurs conseils dans la réalisation des essais ou l'approvisionnement de matériel et de matériau.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 ASTM. Standard method for measuring the minimum oxygen concentration to support candle-like combustion of plastics (oxygen index). D 2863-76, Philadelphia 1976.
- 2 BAUWENS J.C. Résistance des matériaux. PUB 1977.
- 3 BRACKE J., BROWAEYS P., TAILLET M. Les tests d'agrégation de courroies. Essai d'interprétation statistique. Annales des Mines de Belgique - Aannemingsbesteden voor transportbanden. Proefverslag statistische interpretatie. Annalen der Mijnen van België, 3, 1981, 277-294.
- 4 BRACKE J., BROWAEYS P., TAILLET M. La composition chimique des courroies transporteuses influence-t-elle leur comportement au feu ? Annales des Mines de Belgique - Heeft de homogene fabricatie van een transportband een invloed op zijn gedrag bij vuur ? Annalen der Mijnen van België. 7-8, 1981, 589-604.
- 5 BRACKE J., BROWAEYS P., VERMOTE W. Dix années d'expérience avec des courroies difficilement inflammables. Bulletin Technique Iniex "Sécurité et Salubrité", 7 décembre 1973 - Tien jaar ervaring met moeilijk ontvlambare transportbanden. Technisch Tijdschrift Nib "Veiligheid en Gezondheid", 7 december 1973.
- 6 BROWN C. Safety aspects of control and operations of belt conveyors in coal mines. U.S. Bureau of Mines, Inf. Circ. 7749, Philadelphia 1956.
- 7 IDELBERGER H. Zur Theorie der Antriebe von Gurtförderern. Glückauf, 2. Juli 1955, 755-766.
- 8 INICHAR. Risques d'incendies dus aux convoyeurs à courroie et dispositifs de protection. Bulletin Technique "Mines", n° 33 et 34, août 1952.
- 9 INIEX. Rapport 1971 - NIEB. Verslag 1971.
- 10 idem 1972.
- 11 idem 1973.
- 12 idem 1975.
- 13 idem 1976.
- 14 idem 1978.
- 15 INM. Rapport sur les travaux de 1960 de l'Institut National des Mines à Pâturages.
- 16 idem 1961.
- 17 idem 1962 - Verslag over de werkzaamheden van het jaar 1962 van het Nationaal Mijninstituut te Pâturages.
- 18 idem 1963.
- 19 idem 1964.

- 20 ISO. Recommandation ISO R 340. Résistance des courroies transporteuses à la flamme - spécifications et méthode d'essai. Organisation Internationale de Normalisation, 1977.
- 21 Moniteur Belge. Arrêté ministériel relatif aux bandes de convoyeurs utilisées dans les travaux souterrains de mines de houille, n° 230, 02.09.1961 - Belgisch Staatsblad. Ministerieel Besluit betreffende de banden van transporteurs gebruikt bij de ondergrondse werken van de steenkolenmijnen, nr. 230, 02.09.1961.
- 22 MURARD R. Probabilités et statistiques. Document Sim.
- 23 St-CLAIR. Gamma and beta functions applied to size distribution of mineral products. U.S. Bureau of Mines, Rep. Inv. 7309.
- 24 STASSEN J., STENUIT R., van KERCKHOVEN A. Code des mines, minières et carrières 1963.
- 25 TAILLET M. Etude de quelques phénomènes intervenant dans les tests d'inflammabilité des courroies transporteuses. Travail de fin d'études, Université Libre de Bruxelles, 1980.
-

ANNOUNCEMENTS

4th SYMPOSIUM ON AUTOMATION IN MINING, MINERAL AND METAL PROCESSING, Helsinki, August 22-25, 1983.

Sponsor : International Federation of Automatic Control, Technical Committee on Application.

Organized by : Finnish Society of Automatic Control with the participation of The Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers.

Contact : IFAC 4th MMM Symposium 1983, Secretariat, PO Box 192, SF-00101 Helsinki 10, Finland.

20 INTERNATIONAL CONFERENCE OF SAFETY IN MINES RESEARCH INSTITUTES, Sheffield, 1-12 October 1983.

The Conference is sponsored by the Health and Safety Executive (HSE). Its purpose is to exchange achievements of scientific workers engaged in safety problems in the mining industry. Papers on the state-of-the-art, recent results and future developments will be presented at the Conference. The Conference will comprise the following sessions (3-7 October) : Ignition sources - Combating methane hazards by ventilation methods, degassification - Methane and coal dust explosions - Mine fires - Emergency procedures, survival and rescue - Haulage and transport - Planning plant and systems safety - General problems in mine safety.

The technical visits include visits to research laboratories and coal mines in the Sheffield area (10-12 October).

Enquiries : Conference Co-Ordinator, 20 International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Dr B.A. Maguire, Health and Safety Executive, Red Hill, Sheffield S3 7HQ, United Kingdom. Tel. : 011 44(0)742 78141, telex : 668113RLSD G.

OYEZ Scientific and Technical Services Ltd. :

- . Implementing the Seveso directive, 23 September 1983, London
- . The management of electrostatic problems, hazards and applications, 28, 29 and 30 September 1983, Llandudno, North Wales
- . Loss control in the petroleum and process industries, 12 October 1983, London
- . Control and prevention of gas explosions, 30 November 1983, London.

Enquiries : Miss H. Raquet, Oyez Scientific and Technical Services Ltd., 3rd Floor, Bath House, 56 Holborn Viaduct, London EC1. Tel. : 01-236 4080.

SME-AIME FALL MEETING AND EXHIBIT, Salt Lake City, October 19-21, 1983.

Field trips scheduled to several mining operations in the area before the Meeting.

Contact : SME-AIME Meetings Department, Caller No.D, Littleton, CO 80127. Tel. : (303)973-9550, telex : 45 0446.

ITA TUNELES 1984, Caracas, Venezuela, 29 January - 1 February, 1984.

The International Tunnelling Association (ITA) has chosen Venezuela as the host country for its Xth annual meeting. Simultaneously, the Sociedad Venezolana de Obras Subterranas (Socvenos) organizes the 1st Latin American Congress of Underground Constructions. The main theme will be "Underground construction in heterogeneous soils".

Enquiries : Secretario General, ITA Tun. les 1984, Apartado 68265, Caracas 1-82A Venezuela.

27th INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, Moscow, 4-14 August, 1984.

This Congress is organized by the USSR National Committee for Geology, with the agreement of the International Union of Geological Sciences. Pre- and post-congress excursions are planned.

The exhibition Geoexpo'84 will be held alongside the Congress.

Contact : Organizing Committee of the 27th International Geological Congress, Institute of the Lithosphere of the Academy of Sciences of the USSR, 22 Staromonety, Moscow 109180, USSR. Tel. : 231 48 36, telex : Litos 411484.

MINERAL PROCESSING AND EXTRACTIVE METALLURGY, Kunming, People's Republic of China, 14-20 October 1984.

International Conference organized by the Institution of Mining and Metallurgy and The Chinese Society of Metals.

Contact : The Secretary, Institution of Mining and Metallurgy, 44 Portland Place, London W1N 4BR, United Kingdom.

Enrobage sous eau de déchets radioactifs par béton de résine polyester

Danièle BOULANGER (1), Francis DE BLANDER (2), Joseph GUILLAUME (3), Lucien HUMBLET (4), Claude MICHAUX (5), Dimitri TOTOLIDIS (6)

RESUME

Le béton de résine polyester (BRP) permet l'enrobage sous eau de déchets radioactifs métalliques. La formulation optimale du BRP est : 21 % de résine, 27 % d'alumine hydratée, 52 % de sable (BRP 21-27-52).

Seule la couche externe des enrobages coulés sous eau présente des caractéristiques mécaniques légèrement plus faibles qu'en coulée à sec. Le temps de polymérisation est analogue à celui observé en coulée à sec. L'imprégnation des pièces métalliques est excellente.

Le BRP 21-27-52 coulé sous eau est évalué :

- quant à ses propriétés physico-chimiques (densité, ségrégabilité, retrait, coefficient de dilatation thermique, comportement au feu, stabilité thermique, coefficient d'absorption linéaire et massique);
- quant à ses propriétés mécaniques (module d'élasticité et résistance);
- quant à la résistance à l'irradiation.

L'ensemble des caractéristiques étudiées montre que le BRP 21-27-52 coulé sous eau est un matériau d'enrobage compétitif par rapport au bitume et au béton hydraulique.

ZUSAMMENFASSUNG

Radioaktive Metallabfälle können mit Polyesterharzbeton unter Wasser überzogen werden. Die optimale Zusammensetzung des Polyesterharzbetons ist : 21 % Harz, 27 % Tonerdehydrat, 52 % Sand (Polyesterharzbeton 21-27-52).

Nur die äussere Schicht der unter Wasser gegossenen Ummantelungen weist gegenüber den im Trocknen gegossenen Ummantelungen leicht

SAMENVATTING

Het polyester harsbeton (PHB) maakt het mogelijk metalen radio-actieve afval onder water te bekleden. De optimale formule van PHB is : 21 % hars, 27 % gehydrateerde aluinaarde, 52 % zand (PHB 21-27-52).

Enkel de buitenste laag van de omhulsels, die onder water gegoten werden, vertoont ietwat zwakkere mechanische eigenschappen dan die van de omhulsels die droog gegoten werden. De polymerisatietijd is analoog met deze die werd waargenomen bij het droog gieten. De doorweking van de metalen stukken is uitstekend.

Het onder water gegoten PHB 21-27-52 wordt geëvalueerd :

- volgens zijn fysische scheikundige eigenschappen (dichtheid, segregatievermogen, krimpingswarmte-uitzettingscoëfficiënt, gedrag t.o.v. vuur, thermische stabiliteit, lineaire en massa-absorptiecoëfficiënt);
- volgens zijn mechanische eigenschappen (elasticiteitsmodulus en weerstand);
- volgens zijn bestralingsweerstand.

Het geheel der bestudeerde eigenschappen toont dat het onder water gegoten PHB 21-27-52 een concurrerend omhullingsmateriaal is in vergelijking met bitumen en hydraulisch beton.

SUMMARY

Polyester resin concrete (PRC) allows for the under water encasing of radio active refuse. The optimal formula of PRC is : 21 % resin, 27 % hydrated alumina, 52 % sand (PRC 21-27-52).

Only the external layer of the casings which are cast under water, have slightly weaker mechanical characteristics than those which are

- (1) Ingénieur à l'Institut Supérieur Industriel de l'Etat à Bruxelles (ISIB)
- (2) Dr. Sc., Chargé de Cours (ISIB)
- (3) Ingénieur Assistant (ISIB)
- (4) Ingénieur, Chef de Section, Société Européenne pour le Traitement Chimique des Combustibles Irradiés, Mol (Eurochemic)
- (5) Ingénieur, Chargé de Recherches Principal, Institut National des Industries Extractives (INIEX), Section Polymères
- (6) Ingénieur (ISIB)

schwächere mechanische Eigenschaften auf. Die Polymerisationszeit ist vergleichbar mit der, welche für den Trockenguss benötigt wird. Die Imprägnierfähigkeit des metallischen Materials ist ausgezeichnet.

Der unter Wasser gegossene Polyesterharzbeton wird wie folgt beurteilt :

. seine physikalisch-chemische Eigenschaften (Dichte, Absonderungsfähigkeit, Schwinden, Wärmeausdehnungskoeffizient, Feuerbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit, linearer und massenbezogener Absorptionskoeffizient);

. seine mechanische Eigenschaften (Elastizitätsmodul und Zähigkeit);

. seine Strahlenbeständigkeit.

Die Untersuchungen der Eigenschaften des unter Wasser gegossenen Polyesterharzbetons 21-27-52 zeigen, dass dieses Ummantelungsmaterial im Vergleich zum Bitumen und zum hydraulischen Beton konkurrenzfähig ist.

0. INTRODUCTION

Le cycle du combustible nucléaire produit à différents niveaux des déchets radioactifs solides métalliques de faible et moyenne activité dont la décontamination est difficile. Ces déchets solides sont généralement stockés pendant une période variable en piscine avant leur conditionnement définitif. Ils sont ensuite confinés principalement dans des fûts métalliques à revêtement intérieur en béton, dans des blocs en béton, ou par coulée de bitume ou de ciment en fûts.

Ces types de conditionnement présentent chacun des désavantages, tant du point de vue technique que du point de vue produit. La société Eurochemic (Société Européenne pour le Traitement Chimique des Combustibles Irradiés, Mol, Belgique) a proposé d'améliorer le conditionnement des résidus métalliques en utilisant comme matériau d'enrobage le béton de résine polyester et en réalisant cet enrobage sous l'eau dans la piscine de stockage elle-même. Après une étude préliminaire concluante réalisée par Eurochemic, un programme de recherche systématique a été entrepris par l'ISIB (Institut Supérieur Industriel de l'Etat, Bruxelles) en collaboration avec l'INIEX (Institut National des Industries Extractives, Liège). Le présent article fait la synthèse des résultats obtenus dans la caractérisation du béton de résine polyester destiné à l'enrobage sous eau de déchets métalliques radioactifs. La formulation optimale du béton de résine polyester (BRP) a été déterminée à l'INIEX sur base de ses qualités de coulabilité sous eau et d'imprégnation des pièces. Ont été également étudiés à l'INIEX les propriétés mécaniques, physiques et physico-chimiques du béton de résine polyester sélectionné et plus particulièrement son comportement au feu et sa stabilité thermique. Le produit a ensuite été testé quant à sa résistance à l'irradiation en bénéficiant de l'aide et des équipements de l'IRE (Institut des Radio-Éléments, Fleurus).

dry-cast. The polymerisation time is analogous to the one observed in dry casting. The impregnation of the metallic parts is excellent.

The PRC 21-27-52, cast under water, is evaluated :

. as to its physical-chemical features (density, segregation, shrinking, thermic dilatation factor, behaviour against fire, thermal stability, coefficient of linear and mass absorption);

. as to its mechanical features (elasticity and resistance modulus);

. as to its irradiation resistance.

The whole of the characteristics which we studied, indicates that the PRC 21-27-52, cast under water, is a competitive casing material as compared to bitumen and to hydraulic concrete.

I. TRAVAUX PRECEDENTS SUR L'ENROBAGE DE DECHETS RADIOACTIFS PAR BETON DE RESINE POLYESTER

Aucune étude ne concerne exactement la technique d'enrobage que nous étudions, si l'on considère que ses caractéristiques fondamentales sont :

- . l'enrobage de déchets radioactifs solides métalliques,
- . le milieu d'enrobage : béton de résine polyester,
- . la coulée sous eau.

L'enrobage de déchets radioactifs au moyen de résines thermodurcissables a été étudié et appliqué au Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble par G. Auboing, A. Baer, M. Buchwalder, D. Cuaz, A. Limongi, D. Thiery, A.M. Traxler [1,2,3]. Il s'agit d'un ensemble d'études très fouillées, tant sur le produit que sur la technique d'enrobage, mais la résine est pure et coulée à sec.

Dans une étude sur les bétons de résine en tant que matériaux de construction et matière d'enrobage pour les déchets urbains et nucléaires, Steinberg [4] propose d'utiliser le béton de résine polyester pour le conditionnement des déchets radioactifs.

D'autre part, P. Colombo et R.M. Neilson [5] signalent que le taux de lixiviation de déchets radioactifs solidifiés par le procédé ciment-vermiculite est nettement diminué par imprégnation avec un polymère.

Ce sont les recherches préliminaires effectuées à Eurochemic qui constituent la vraie base de départ de ce travail. Ces essais ont porté sur la coulabilité, les propriétés mécaniques, la résistance à l'irradiation et la résistance à la lixiviation du béton de résine polyester. Les résultats furent prometteurs et justifiaient une étude systématique des possibilités du produit et de la méthode.

2. RECHERCHE DE LA FORMULATION ADEQUATE

Le béton de résine se distingue du béton hydraulique par le fait que le ciment servant de liant est remplacé par une résine. La résine n'étant pas un liant hydraulique, la prise de ce béton ne nécessite pas d'eau, mais bien un système catalyseur-accelérateur propre aux résines thermodurcissables. La section Polymères de l'INIEX s'est spécialisée depuis plus de dix ans dans l'étude des bétons de résine et dans la mise au point de réalisations nouvelles dans le domaine de la construction, du mobilier et de la décoration (intérieure et extérieure), des aménagements urbains, des arts, de la restauration, etc ... [6,7 et 8].

Pour ce qui concerne plus particulièrement l'enrobage des déchets radioactifs, l'expérience permet de dire que le choix se fera préférentiellement entre deux résines thermodurcissables qui présentent, à l'état chargé, des résistances mécaniques élevées et une bonne tenue aux rayonnements : les époxydes et les polyesters insaturés. La plupart des bétons de résine formulés à l'INIEX sont à base de polyester, en général moins performant que les époxydes, mais nettement moins onéreux. Dans un premier temps, la résine polyester fut donc sélectionnée pour notre application, l'utilisation des époxydes étant réservée à une étude ultérieure dans le cas où le polyester ne donnerait pas satisfaction.

La famille des résines polyester comprend près de 300 formules de base qui peuvent être polymérisées par une dizaine de couples catalyseur-accelérateur. Les critères de sélection au sein de cette large gamme sont :

- une viscosité particulièrement faible pour favoriser la coulabilité même avec une charge maximale,
- une formule facilement disponible sur le marché.

La sélection aboutit au Palatal P 80 (BASF), qui est un polyester insaturé en solution dans le styrène, à base d'acide orthophtalique et de glycol standard, de viscosité particulièrement faible. Le tableau I rassemble les caractéristiques de cette résine.

On a choisi un couple accélérateur-catalyseur convenant au durcissement sous eau [10]. Le catalyseur est du peroxyde de benzoyle (PB) et l'accélérateur de la diéthyl-aniline (DEA) en solution à 10 % dans le styrène. On a utilisé en général 2 % de PB et 1 % de DEA (pourcentages mesurés par rapport au poids de résine).

Notons que ces proportions peuvent être modulées et le choix de l'accélérateur adapté en fonction du temps libre qu'exige la préparation de la coulée [11].

La résine est chargée de manière à diminuer le prix du matériel d'enrobage tout en améliorant certaines caractéristiques mécaniques. La charge doit présenter une distribution granulométrique favorable à la coulabilité et donnant un enrobage homogène. De plus, la porosité doit être minimum pour éviter l'absorption d'eau. Le choix de la charge principale s'est donc porté sur un sable et, pour des raisons de standardisation, le "sable de Mol" fut retenu

TABLEAU I. Caractéristiques de la résine Palatal P 80 d'après BASF [9]

Propriété	Unité	Norme	Grandeur
Résine liquide			
Masse volumique à 20 °C	(g/cm ³)	DIN 51757	1,096
Teneur en styrène	%		37 ± 2
Viscosité	(MPa.s)	DIN 51550	250 ± 15
Résine durcie			
Masse volumique	(g/cm ³)	DIN 53479	1,209
Module d'élasticité en flexion	(N/mm ²)	DIN 53457	3.500
Résistance à la flexion	(N/mm ²)	DIN 53457	120

TABLEAU II. Composition et granulométrie du sable de Mol

Composition %	Granulométrie	
SiO ₂ : 99,5	(10 ⁻⁶ m)	(%)
Fe ₂ O ₃ : 0,023	350	9,35
Al ₂ O ₃ : 0,195	210-350	54,20
TiO ₂ : 0,024	100-210	35,71
MgO : 0,010	63-100	0,57
CaO : 0,022	37-63	0,17
Na ₂ O : 0,011		
K ₂ O : 0,065		

TABLEAU III. Composition et granulométrie de l'alumine hydratée Martinal BM-2

Composition (%)	Granulométrie	
Al(OH) ₃ : 99,6 %	(10 ⁻⁶ m)	(%)
Na ₂ O : 0,04%		
Divers : -	104 - 40	max. 1,6
	40 - 10	30 - 65
	10 - 2	30 - 55
	2 - 0,2	5 - 15

pour sa pureté extrêmement élevée (tableau II).

Comme charge secondaire, on a sélectionné un additif anti-feu pour diminuer les caractéristiques d'inflammabilité du polyester. L'alumine hydratée est connue pour ses propriétés anti-feu puisqu'elle se déshydrate à température élevée par une réaction fortement endothermique. L'alumine commerciale à granulométrie fine (inférieure à 10⁻⁶ m) absorbe une grande quantité

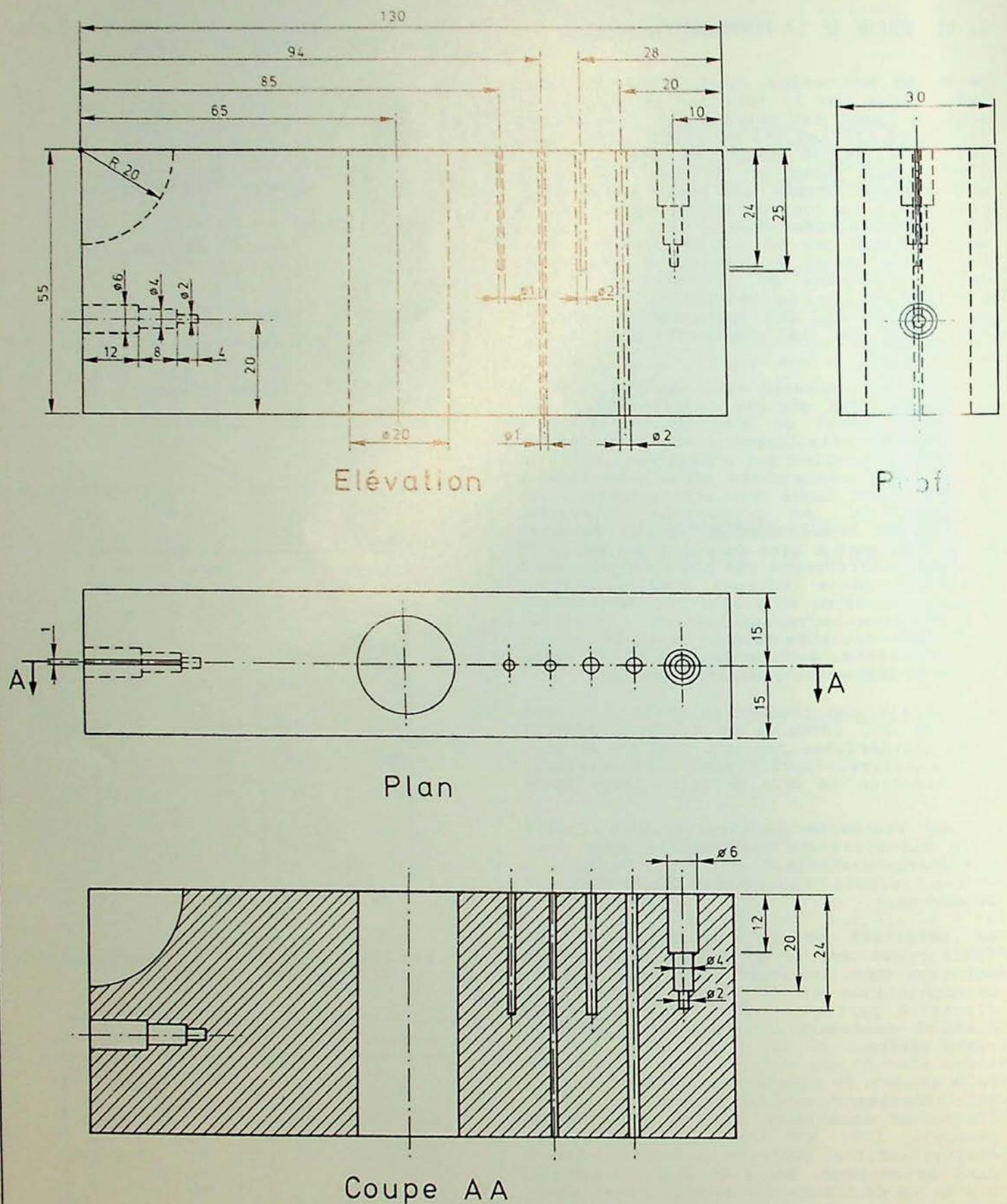


Fig. 1 : Pièce standard pour l'étude de l'enrobage par béton de résine polyester

de résine et diminue la fluidité du mélange. La granulométrie intermédiaire fut choisie : 40 à 2.10^{-6} m (tableau III). L'air introduit lors de l'incorporation d'alumine est libéré par une mise sous vide du béton avant coulée.

Pour ce qui est des proportions relatives de résine, de sable et d'alumine, on s'est basé sur les fourchettes données par les essais préliminaires à Eurochemic, à savoir : résine 18 à 22 %, sable 43 à 57 % et alumine 25 à 35 %.

Les critères de sélection de la formulation optimale sont :

- coulabilité élevée sous eau,
- imprégnation maximale des pièces à enrober,
- quantité de résine minimale (puisque c'est le constituant inflammable).

Les caractéristiques de coulabilité et d'imprégnation ont été étudiées sur une pièce standard de référence. Cette pièce réalisée en polyéthylène haute densité

d'abord, en acier ordinaire ensuite, se présente (fig. 1) sous la forme d'un bloc parallélépipède (120 x 55 x 30 mm) percé d'un trou central vertical de 20 mm de diamètre.

Des perforations de longueur et de diamètre décroissants (rapports diamètre-longueur : 6/12, 4/8 et 2/4) sont réalisées dans la pièce de manière à simuler des anfractuosités de faible ouverture sur l'objet à enrober.

Enfin, de fins trous de 1 et 2 mm de diamètre, forés de part en part et sur 25 mm de profondeur, et un trait de scie de 1 mm d'épaisseur simulent des perforations fines ou des fissures.

La pièce standard est placée pour la coulée dans un moule en polyéthylène (140 x 40 x 80 mm) et repose sur 2 coins en polyméthacrylate. L'ensemble est placé sous eau. Le béton est coulé dans un entonnoir en polyéthylène équipé d'un vibreur pneumatique.

Comme nous le verrons par la suite, le mode de coulée sous eau revêt une importance considérable. Dans le présent travail, deux modes de coulée sous eau furent testés : la coulée sous eau en source et la coulée sous eau en jet (fig. 2 et 3).

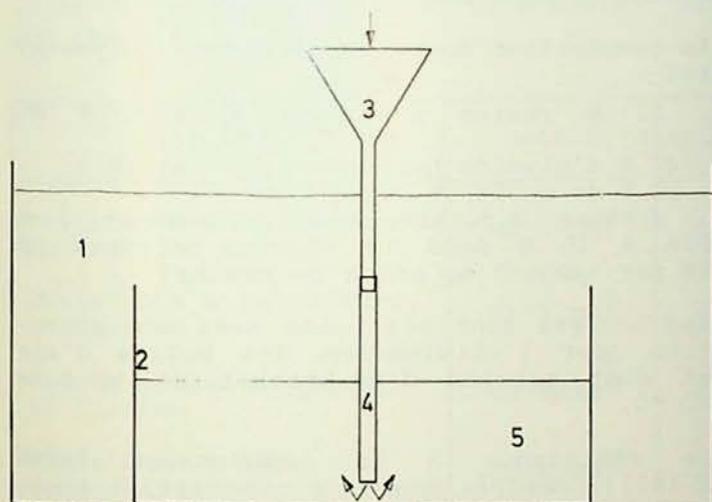


Fig. 2 : Principe de la coulée sous eau en source

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 : Réservoir rempli d'eau | 3 : Entonnoir |
| 2 : Moule en polyéthylène immergé | 4 : Tuyau plastique fixé à l'entonnoir |
| | 5 : BRP |

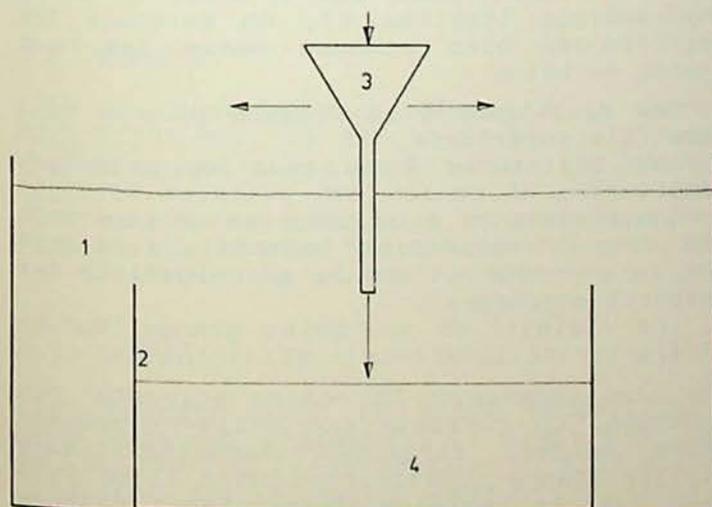


Fig. 3 : Principe de la coulée sous eau au jet

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| 1 : Réservoir rempli d'eau | 3 : Entonnoir |
| 2 : Moule en polyéthylène immergé | 4 : BRP |

Lors de la coulée en source, le béton de résine polyester est amené dans le fond du moule sous l'eau par un tube. L'interface eau-polymère est réduite.

Lors de la coulée au jet, le béton de résine polyester est libéré par le tube de distribution à la partie supérieure du moule immergé avec un mouvement de va-et-vient, et tout le béton coulé entre en contact avec l'eau.

Au cours de ces premiers essais de recherche d'une formulation adéquate, un tube en polychlorure de vinyle traverse la pièce standard par son trou central et amène directement le béton dans le fond du moule; il s'agit donc d'une coulée en source.

Après coulée et durcissement, l'imprégnation de la pièce standard est contrôlée par radiographie aux rayons X pour les pièces standards en polyéthylène (80 kV, exposition 4 min, émulsion structurisée D 4) et par gammagraphie pour les pièces standards en acier (source 192 Ir, 5 Ci, exposition 20 s, émulsion structurisée D 7 + Pb).

La formulation présentant la meilleure imprégnation est : 21 % de résine (Palatal P 80), 27 % d'alumine (Martinal BM-2), 52 % de sable (sable de Mol), système catalyseur-accélerateur : peroxyde de benzoyle 2 %, diéthyl-aniline 1 %.

Avec cette formulation, l'imprégnation des pièces en polyéthylène se fait jusqu'aux trous de 4 mm de diamètre pour les perforations à diamètre décroissant; les fins trous de 1 à 2 mm sont incomplètement remplis et ceux de 25 mm de profondeur ne sont pas imprégnés.

Pour les pièces en acier, cette formulation donne par contre une imprégnation totale confirmée par tronçonnage sous huile soluble. La différence d'imprégnation entre acier et polyéthylène est sans doute imputable à une moins bonne mouillabilité du béton de résine polyester vis-à-vis du polyéthylène.

L'aspect extérieur après durcissement est excellent : surface compacte et lisse comme lors d'une coulée à sec.

La formulation ci-dessus constitue un optimum, nous l'appelons BRP 21-27-52. La teneur en résine est le minimum compatible avec une coulabilité élevée. Une teneur plus élevée en alumine implique un relèvement de la teneur en résine pour maintenir la coulabilité. Le sable est la charge minérale complémentaire dont le pourcentage (52 %) est fonction de la teneur minimale en résine (21 %) et de la teneur maximale en alumine (27 %).

3. PROPRIETES MECANIQUES

3.1. PARTICULARITES DE LA COULEE SOUS EAU - CHOIX DU MODE DE COULEE

La coulée et la polymérisation d'un béton de résine polyester sous eau n'ayant pas à notre connaissance été étudiées auparavant, nous avons d'abord contrôlé l'influence de la coulée sous eau sur les propriétés mécaniques du béton obtenu et ce, par référence à la coulée à sec. Pour rappel, deux modes de coulée ont été testés :

la coulée en source et la coulée en jet (voir § précédent).

On a effectué une première série d'essais à partir de blocs de béton de résine de 3,3 kg (120 x 90 x 100 mm) obtenus par coulée à sec et par coulée sous eau (en source). Un recuit à 80 °C pendant 12 heures a été effectué sur 50 % des échantillons de coulées à sec, afin d'estimer le degré de polymérisation.

Pour les essais de flexion, on a prélevé sur chaque bloc 25 éprouvettes (120 x 15 x 10 mm). Après un conditionnement de 24 h à 23 °C et 50 % d'humidité relative, on procède à l'essai de flexion DIN 53452.

Pour les essais de compression, on prélève 12 éprouvettes (30 x 30 x 30 mm) qui sont conditionnées comme ci-dessus. On procède ensuite à l'essai de compression ASTM D-1621.

Le mode de prélèvement des éprouvettes permet de distinguer les éprouvettes correspondant aux couches extérieures des blocs et les éprouvettes provenant du centre des blocs. Les éprouvettes extérieures sont particulièrement intéressantes pour les blocs coulés sous eau, puisqu'elles sont constituées de béton de résine ayant été en contact direct avec l'eau.

Ces types d'essais ont amené les constatations suivantes :

- La coulée sous eau (en source) n'affecte pas les propriétés mécaniques de résistance à la flexion, de module d'élasticité et de résistance à la compression "à coeur" du béton de résine polyester.

- La couche externe de l'enrobage, ainsi que la couche en contact avec la pièce métallique enrobée, présentent une modification significative des propriétés mécaniques après coulée sous eau et l'épaisseur de ces couches modifiées n'excède pas 1 cm.

- Dans ces couches modifiées, la résistance à la flexion est diminuée de 25 %, la résistance à la compression est diminuée de 7 % et le module d'élasticité en flexion est diminué de 9 %, ces pourcentages étant mesurés par rapport aux propriétés "à coeur" de l'enrobage.

- Le "coeur" d'un enrobage coulé sous eau, c'est-à-dire toute partie distante de plus de 1 cm des couches externes, présente des résistances en flexion et en compression, et un module d'élasticité identiques par rapport à un enrobage coulé à sec.

- Le recuit effectué après coulée à sec augmente la résistance à la flexion de 7 % et le module d'élasticité en flexion de 23 %.

Lors d'une seconde série d'essais, réalisée en vue de confirmer les résultats obtenus à partir des blocs de 3,3 kg, des blocs de béton de résine polyester de 9 kg furent mis en oeuvre suivant les deux modes de coulée sous eau. Les coulées sont effectuées en vibrant pour l'élimination des bulles d'air et sont suivies d'un recuit de 80 °C pendant 12 h. Les blocs sont ensuite découpés pour fournir :

- les éprouvettes destinées à l'essai de flexion DIN 53452 (voir ci-dessus),
- les éprouvettes destinées à l'essai de

résilience DIN 53453 sur barreau lisse (120 x 15 x 10 mm),
• les éprouvettes destinées à l'essai de traction ASTM D 638 (type II).

Les résultats montrent que la coulée sous eau au jet est beaucoup plus défavorable pour les propriétés mécaniques. En effet, on constate par rapport à la coulée en source :

- une diminution de la résistance à la rupture par traction de 35 %,
- une diminution du module d'élasticité en traction de 17 %,
- une augmentation de l'allongement à la rupture de 10 %,
- une diminution de la résilience de 9 %,
- une diminution de la résistance à la flexion de 15 %,
- une diminution du module d'élasticité en flexion de 3 %.

La coulée sous eau en source est donc adoptée pour la suite des essais.

3.2. PROPRIETES MECANIQUES

Le tableau IV donne les caractéristiques mécaniques moyennes mesurées "à coeur" des blocs de béton de résine coulés sous eau en source en comparaison avec un béton de résine de même composition coulé à sec.

La composition du béton de résine polyester est :

- 21 % résine polyester Palatal P 80 (BASF),
- 27 % d'alumine hydratée Martinal BM 2,
- 52 % de sable de Mol,
- système durcisseur-accélérateur : 1 % DEA à 10 % dans le styrène et 2 % PB (% par rapport au poids de résine).

Les coulées sont réalisées avec une vibration pour l'élimination des bulles d'air et sont suivies d'un recuit de 12 h à 80 °C.

La résistance à la compression (ASTM D 1621), mesurée pour une composition légèrement différente (21 % résine, 25 % d'alumine et 54 % de sable), est de 11,8 daN/mm² "à coeur" des blocs coulés sous eau en source.

Si l'on compare les caractéristiques de résistance du béton de résine polyester 21-27-52 coulé sous eau à celle du béton hydraulique (tableau V), on retrouve les différences bien connues entre les deux types de béton :

- une résistance à la flexion plus de quatre fois supérieure,
- une résistance à la traction nettement améliorée,
- une résistance à la compression supérieure (l'écart dépendant toutefois fortement de la porosité et de la granulométrie des espèces comparées),
- une rigidité un peu moins grande (module d'élasticité inférieur).

Si l'on compare à la résine polyester non chargée, on constate que celle-ci possède bien entendu certaines caractéristiques de résistance supérieures; mais il ne faut pas oublier certains désavantages majeurs comme le comportement au feu et aussi le prix élevé.

TABLEAU IV. Propriétés mécaniques du béton de résine polyester coulé à sec (CAS) et coulé sous eau en source (CSEES) après recuit. Composition : 21 % résine, 27 % alumine, 52 % sable

Propriétés	Normes	Unités	Grandeurs	
			CAS	CSEES
Résistance à la rupture en traction	ASTM D 638	da N/mm ²	2,04 ± 0,15	1,79 ± 0,15
Allongement à la rupture	ASTM D 638	%	0,190 ± 0,005	0,205 ± 0,005
Module d'élasticité en traction	ASTM D 638	da N/mm ²	1253 ± 40	1199 ± 40
Résistance à la rupture en flexion	DIN 53452	da N/mm ²	4,8 ± 0,1	4,7 ± 0,1
Module d'élasticité en flexion	DIN 53452	da N/mm ²	1589 ± 40	1545 ± 40
Résilience	DIN 53453, Charpy, barreau lisse	kJ/m ²	1,06 ± 0,06	1,03 ± 0,06

TABLEAU V. Propriétés mécaniques comparées du béton de résine polyester coulé sous eau (21 % résine, 27 % alumine, 52 % sable), du béton hydraulique et de la résine polyester non chargée

Propriétés	Unités	Béton hydraulique	Polyester	Béton de résine polyester 21-27-52
Résistance à la rupture en traction	da N/mm ²	0,4	6	1,8
Résistance à la rupture en flexion	da N/mm ²	0,5 à 1	10	4,7
Module d'élasticité en flexion	da N/mm ²	2.000 à 6.000	400	1545
Résistance à la compression	da N/mm ²	3 à 10	15	12

4. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

4.1. DENSITE

Elle est mesurée conformément à la norme ASTM D 792-60T. Le BRP 21-27-52 coulé sous eau en source a une densité de 1,92. Cette légèreté relative des bétons de résine est bien connue et constitue un avantage par rapport aux bétons hydrauliques classiques qui se situent en général au-dessus de 2,3.

4.2. SEGREGABILITE

Par analogie avec le béton hydraulique, nous appelons ségrégabilité l'aptitude de BRP 21-27-52 à la séparation ou à la sédimentation des éléments pendant le transport, la coulée ou le vibrage. Dans notre cas, la ségrégabilité se traduirait par une teneur plus élevée en résine dans la couche supérieure des enrobages.

On a déterminé par calcination et pesée la teneur en résine de la couche superficielle des blocs de BRP 21-27-52 coulés à sec et coulés sous eau en source. Les résultats montrent que, pour la coulée à sec, le coeur de l'enrobage titre en réalité 19,7 ± 0,2 % (au lieu de 21 %) en résine et que la couche superficielle titre 60 % de résine et 40 % d'alumine hydratée. Par contre, pour la coulée sous eau en source, la composition du coeur du BRP 21-27-52 reflète exactement (21,01 % ± 0,2 %) les teneurs de départ et la ségrégabilité est donc négligeable dans nos conditions expérimentales. Ceci est confirmé aussi par le fait que les propriétés mécaniques sont statistiquement identiques au coeur d'un bloc de BRP, quelle que soit la position de l'éprouvette prélevée (à condition qu'elle soit distante de plus d'un centimètre des faces exposées à l'eau qui, comme il a été montré plus haut, inhibe la polymérisation).

4.3. TEMPS DE POLYMERISATION

Ce temps est celui séparant l'addition du système catalyseur-accélérateur du moment où la température développée lors de la polymérisation passe par son maximum.

Pour la coulée à sec du BRP 21-27-52, le temps de polymérisation est de 160 min et la température maximale atteinte est de 65 °C pour un bloc de 500 g effectuant sa polymérisation en air calme dans un moule en polyéthylène.

Pour la coulée sous eau en source du BRP 21-27-52, le temps de polymérisation est en moyenne de 150 min et la température maximale atteinte est de 25 °C.

La polymérisation du BRP 21-27-52 est nettement plus rapide que ne le sont la prise et le durcissement des bétons hydrauliques. La manipulation des enrobages peut donc intervenir plus rapidement. Par contre, le malaxage du BRP 21-27-52 avant coulée devra tenir compte de cette contrainte de temps.

4.4. RETRAIT

Le retrait linéaire du BRP 21-27-52 n'a pas encore été mesuré avec précision. Il devrait se situer entre 0,35 et 0,45 %, comme pour les bétons de résine à pourcentage en résine semblable à celui du BRP 21-27-52.

4.5. COEFFICIENT DE DILATATION THERMIQUE

On a étudié la dilatation thermique du BRP 21-27-52 sur un dilatomètre différentiel de Bollenrath-Zeiss. Le coefficient de dilatation thermique est, en mm/mm °C, de :

24.10⁻⁶ entre 22 et 62 °C

39.10⁻⁶ entre 62 et 88 °C

57.10⁻⁶ entre 88 et 127 °C

76.10⁻⁶ entre 127 et 224 °C.

4.6. CONDUCTIVITE THERMIQUE

Des essais systématiques n'ont pas été réalisés sur la formule BRP 21-27-52.

A titre indicatif, la conductivité thermique d'un béton de résine à l'état sec, réalisé à partir de charges minérales calcaires et d'une résine de polyester insaturé classique (15 % en poids), est de :

$$\lambda_i = 0,895 \text{ W/m.K}$$

4.7. COMPORTEMENT AU FEU

Puisque l'inflammabilité des résines polyester est le principal reproche qu'on adresse aux enrobages qui en contiennent, nous avons voulu situer le BRP 21-27-52 à cet égard.

Les tests normalisés de comportement au feu réalisés sont :

- . la vitesse de propagation de la flamme BS 476 part 7,
- . l'indice d'oxygène ASTM D 2863-70,
- . la réaction au feu NF P 92-501,
- . la densité optique spécifique de fumée X 10-702 correspondant à l'essai américain "NBS Smoke Chamber" mis au point par le

National Bureau of Standards.

4.7.1. Test de propagation de la flamme (BS 476 part 7)

Cet essai est conçu pour mesurer le degré de propagation de flammes sur la surface du matériau soumis à une intense chaleur radiante. Le BRP 21-27-52 appartient à la classe 1, ce qui signifie qu'il présente une surface à propagation de flammes très lente.

4.7.2. Mesure de l'indice d'oxygène (ASTM D 2863-70)

Ce test permet de déterminer l'inflammabilité relative des plastiques en mesurant la concentration en O₂ nécessaire dans un mélange O₂-N₂ pour entretenir tout juste la combustion.

L'indice d'oxygène est le pourcentage en volume d'oxygène dans le mélange qui répond à ce critère.

Un test d'orientation a révélé que le BRP 21-27-52 présente un indice d'oxygène de 36,5; des essais complémentaires doivent être effectués avant de conclure définitivement.

4.7.3. Réaction au feu (NF P 92-501)

Cet essai, que l'on désigne souvent comme test à l'épiradiateur, détermine la tendance d'un matériau à émettre des produits gazeux dont la nature et la quantité sont susceptibles d'engendrer des flammes.

Le BRP 21-27-52 se comporte très bien puisqu'il est classé en catégorie I (M-1) suivant cette norme.

4.7.4. Densité optique spécifique de fumée

Les fumées constituent un paramètre important à considérer : elles peuvent notamment mettre la vie en jeu par asphyxie mécanique, rendre l'atmosphère complètement opaque et perturber l'intervention des équipes de sécurité. La méthode, dénommée X 10-702, correspond à l'essai appelé "NBS Smoke Chamber" mis au point par le National Bureau of Standards; elle permet de comparer entre elles les densités optiques des fumées dégagées par les matériaux dans les conditions spécifiées par la norme.

Les résultats obtenus avec le BRP 21-27-52 situent ce dernier à une place intéressante puisque sa densité optique spécifique maximale, ramenée au gramme d'échantillon (D_{mc}/g), est faible et située entre celles du chêne et du sapin.

4.8. STABILITE THERMIQUE

L'analyse thermique différentielle (ATD) permet de déterminer le comportement du BRP 21-27-52 lors d'une élévation de température.

Les matériaux analysés sont :

- . le BRP 21-27-52 coulé à sec;
- . le BRP 21-27-52 coulé sous eau en source;
- . le polyester Palatal 80 durci, non chargé;
- . l'alumine hydratée Martinal BMZ.

L'ATD est réalisée sur le 900 Thermal Analysis équipé d'une cellule DSC de Dupont Instruments.

L'ATD montre fort peu de changements pour le polyester non chargé jusqu'aux environs de 240 °C; à cette température commence une dégradation par oxydation, légèrement exothermique, qui se poursuit jusque 370 °C où la dégradation devient franche et fortement exothermique.

Le polyester chargé de 27 % d'alumine hydratée (Al(OH)₃) ne montre aucune altération avant 330 °C. Dans ce cas, la décomposition de l'hydrate protège le polyester. Vers 220 °C, la décomposition de l'hydrate en ses constituants (processus fortement endothermique) commence



L'enthalpie de cette réaction dans la zone de température de 240 à 500 °C est de 1.965 kJ/kg d'hydrate (Eyraud) [12].

Le BRP coulé sous eau présente le début de dégradation pratiquement à la même température que le BRP coulé à sec.

L'analyse thermique différentielle ne donne pas de renseignements sur le comportement du matériau lors d'un maintien prolongé à température assez élevée. Pour caractériser la stabilité thermique du BRP en fonction du temps, des échantillons ont été maintenus à 220, 150 et 110 °C, pendant des temps allant de 1 à 17 jours. Les pertes de poids (%) mesurées sont consignées au tableau VI. Les échantillons soumis à la température limite de 220 °C perdent, en 24 h, 30 % de leur poids. La dégradation est forte : fissuration, friabilité. Par contre, à 150 °C, la perte de poids est inférieure au % après 17 jours. A 110 °C, elle est seulement de 2‰ pour le BRP 21-27-52 coulé sous eau en source, mais de plus elle est stabilisée dès le deuxième jour.

TABLEAU VI. Perte en poids (%) du BRP 21-27-52 lors de maintiens à haute température

BRP 21-27-52 coulé à sec

Température	Durée de maintien		
	1 jour	2 jours	17 jours
220 °C	30 %	-	-
150 °C	0,2 %	0,3 %	0,6 %
110 °C	0 %	0,1 %	0,1 %

BRP 21-27-52 coulé sous eau en source

Température	Durée de maintien		
	1 jour	2 jours	17 jours
220 °C	30 %	-	-
150 °C	0,4 %	0,5 %	0,8 %
110 °C	0,1 %	0,2 %	0,2 %

4.9. COEFFICIENTS D'ABSORPTION LINEAIRE ET MASSIQUE

Ces coefficients ont été mesurés à partir de la variation de flux d'un rayonnement en fonction de l'épaisseur de BRP traversée. On a utilisé le rayonnement gamma de 5 émetteurs gamma couvrant la gamme de 270 à 1.835 kV. Le tableau VII reprend les valeurs mesurées des coefficients d'absorption linéaires et massiques et les coefficients d'atténuation. Ceux-ci sont portés sur la figure 4; en fonction de l'énergie du rayonnement gamma, la courbe relative au béton hydraulique est indiquée à titre de comparaison [13].

Le BRP 21-27-52 a un coefficient d'atténuation légèrement inférieur à celui d'un béton hydraulique, résultat prévisible puisque le BRP possède une densité plus faible et que ses éléments constitutifs ont des numéros atomiques plus faibles.

4.10. RESISTANCE A L'IRRADIATION

Le BRP 21-27-52 a été exposé au rayonnement gamma dans un irradiateur Gammacell 220 chargé au cobalt 60. Le débit de dose moyen est de $1,490 \cdot 10^{-4}$ Gy.h⁻¹. La dose maximale atteinte est de $8 \cdot 10^6$ Gy. Les propriétés mécaniques du BRP après irradiation ont été testées suivant l'essai de flexion DIN 53452 (tableau VIII). on note un léger affaiblissement du module (4 % à $6 \cdot 10^6$ Gy) et de la résistance à la flexion. Aucun gonflement ou déformation n'est observé. Des affaiblissements plus significatifs devraient intervenir au-delà de $8 \cdot 10^6$ Gy.

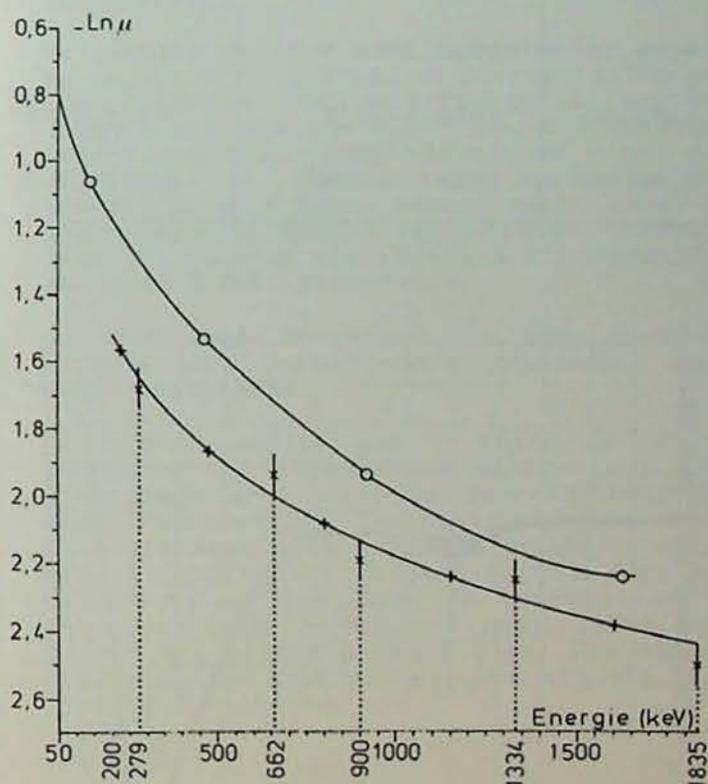


Fig. 4 : Coefficient d'atténuation, comparaison entre un béton hydraulique de densité = 2,35 et le béton de résine (densité = 1,92)

o béton hydraulique
+ béton de résine

TABLEAU VII. Coefficients d'absorption pour des rayonnements gamma de différentes énergies

Isotope	Energie du rayonnement gamma (k x V)	Epaisseur de 1/2 absorption d 1/2 (cm)	Coefficient d'absorption linéaire : μ (cm ⁻¹)	Coefficient d'absorption massique : μ/ρ (cm ² .g ⁻¹)	Coefficient d'atténuation en ln μ
88 _Y	1835	8,5 ± 0,5	0,082 ± 0,005	0,043 ± 0,003	- 2,50
60 _{Co}	1334	6,6 ± 0,5	0,105 ± 0,005	0,055 ± 0,003	- 2,25
88 _Y	900	6,2 ± 0,5	0,112 ± 0,005	0,058 ± 0,003	- 2,19
37 _{Cs}	662	4,8 ± 0,5	0,144 ± 0,005	0,075 ± 0,003	- 1,94
203 _{Hg}	273	3,7 ± 0,5	0,186 ± 0,005	0,097 ± 0,003	- 1,68

TABLEAU VIII. Essai de flexion DIN 53452 sur le BRP 21-27-52 irradié

BRP 21-27-52 coulé à sec			BRP 21-27-52 coulé sous eau et source		
Dose absorbée (Gy)	Module d'élasticité en flexion (daN.mm ⁻²)	Résistance à la flexion (daN.mm ⁻²)	Dose absorbée (Gy)	Module d'élasticité en flexion (daN.mm ⁻²)	Résistance à la flexion (daN.mm ⁻²)
0	1620	4,9	0	1552	4,4
1,43.10 ⁶	1735	4,7	1,52.10 ⁶	1570	4,4
3,03.10 ⁶	1717	4,5	3,19.10 ⁶	1536	4,2
4,79.10 ⁶	1736	4,7	4,30.10 ⁶	1561	4,6
5,74.10 ⁶	1642 (- 1 %)	4,5 (- 8 %)	6,06.10 ⁶	1489 (- 4 %)	4,2 (- 5 %)
7,98.10 ⁶	1605 (- 1 %)	4,5 (- 8 %)			

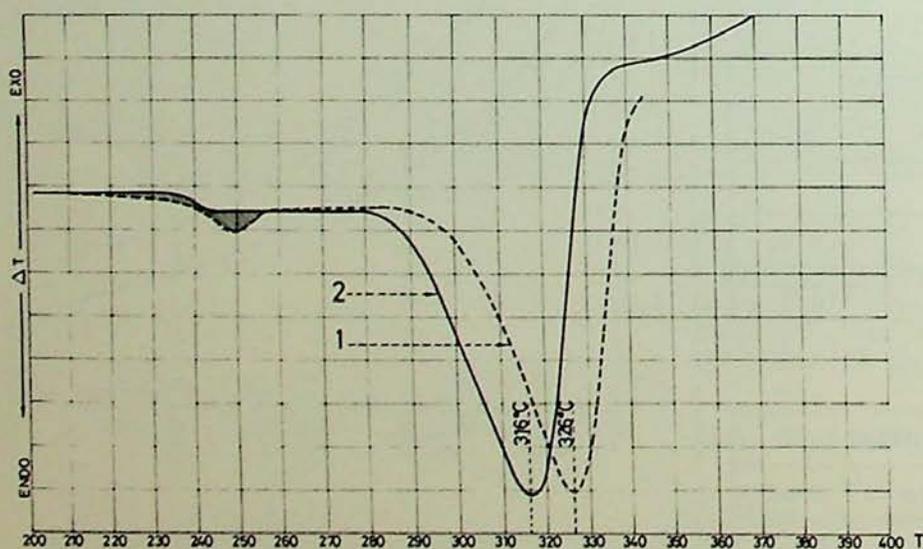


Fig. 5 : Résultats des analyses thermiques différentielles sur échantillons irradiés

Conditions de travail : Vitesse : 20 °C.min⁻¹
 Référence : capsule vide Atmosphère : air ambiant
 Programme : heat T : 8 °C.cm⁻¹
 ΔT : 02 °C.cm⁻¹

LEGENDE :

1 : Echantillon non irradié; poids : 8,45 mg
 2 : Echantillon irradié; poids : 6,15 mg

Le tableau VIII montre un léger avantage pour la résistance à l'irradiation du BRP 21-27-52 coulé à sec.

Par un calcul simple, on peut montrer que la dose absorbée, après un temps infini, par un cube de 10 cm de côté de BRP 21-27-52 enrobant une pièce de 1 kg ayant la forme d'un cube de 5 cm de côté et présentant une activité de 5 Ci de ^{137}Cs , est de $1,3 \cdot 10^7$ Gy. Dans ce cube d'enrobage, seule la zone ayant reçu une dose supérieure à $8 \cdot 10^6$ Gy est susceptible de présenter une altération significative de ses propriétés mécaniques. Le calcul montre que cette zone s'étend sur une épaisseur de 5 mm de BRP comptée à partir de la pièce enrobée.

4.11. STABILITE THERMIQUE APRES IRRADIATION

Le BRP 21-27-52 irradié à $5 \cdot 10^6$ Gy, soumis à un maintien à 100°C , présente une perte de poids de 0,2 % après 1 jour, 0,3 % après 2 jours et 0,4 % après 17 jours. Ces valeurs sont supérieures à celles observées sur des échantillons non irradiés (tableau VI), mais restent faibles. Le jaunissement des éprouvettes est prononcé, ce qui indique une dégradation du polyester.

Par analyse thermique différentielle (fig. 5), on constate sur le BRP irradié à $5 \cdot 10^6$ Gy :

- . une diminution de la température de début de dégradation du polyester de 10°C ,
- . une perte d'eau due à la radiolyse de l'alumine.

L'exposition au rayonnement gamma nuit donc sensiblement à la stabilité thermique du BRP 21-27-52.

5. CONCLUSIONS

La coulée sous eau d'un béton de résine polyester (BRP) pour l'enrobage de déchets métalliques radioactifs permet de travailler directement dans la piscine de stockage de l'usine de conditionnement des déchets en réduisant au minimum l'exposition du personnel au rayonnement.

On a recherché la formulation du BRP présentant une coulabilité élevée sous eau, une imprégnation maximale des pièces, associées à une quantité de résine minimale. Le BRP 21-27-52 sélectionné est constitué de 21 % de résine polyester Palatal P 80, de 27 % d'alumine Martinal BM-2 et de 52 % de sable de Mol. Le système catalyseur-accelérateur utilisé contient 2 % de peroxyde de benzoyle et 1 % de diéthyl-aniline. L'imprégnation sous eau des pièces d'acier est totale.

Le mode de coulée sous eau est fondamental : c'est la coulée sous eau "en source" qui doit être adoptée. Les blocs d'enrobage coulés sous eau présentent un affaiblissement des propriétés mécaniques limité à la couche extérieure d'épaisseur 1 cm. Le coeur des enrobages présente des propriétés mécaniques inaltérées par rapport à une coulée à sec.

La présence de polyester dans le BRP nous a imposé l'étude des propriétés thermiques.

La sécurité nucléaire exige un matériau de bonne tenue au feu et le polyester classique, non chargé, est classé parmi les matériaux facilement inflammables et possédant une surface à vitesse rapide de propagation des flammes. Son indice d'oxygène est inférieur à 20, ce qui signifie que la combustion se poursuit pendant un temps supérieur à 3 minutes (après l'allumage) dans un milieu moins riche en oxygène que l'air.

Les résultats obtenus avec le BRP 21-27-52 suite à une étude du comportement au feu et de la stabilité thermique sont tout à fait satisfaisants. La formule que nous étudions a été classée parmi les matériaux difficilement inflammables à non inflammables et possédant une surface à vitesse très lente de propagation des flammes. Son indice d'oxygène est de 36,3, environ deux fois supérieur à celui de la résine pure. Ces caractéristiques ont été complétées par un test sur la densité optique spécifique des fumées.

La bonne tenue du BRP au feu est bien entendue due aux charges :

- . 27 % d'alumine hydratée, charge anti-feu;
- . 52 % de sable, charge inerte.

En ce qui concerne la stabilité thermique, nous avons cherché à déterminer la température maximale que le béton de résine pouvait supporter sans manifester de perte de poids ni de modification de structure et ce, même pour un matériau subissant une exposition de longue durée. Le béton de résine a été soumis pendant 17 jours à une température de 110°C et nous n'avons constaté ni perte notable de poids ni modification de structure. Un maintien de 17 jours à 150°C a montré un début de dégradation du polyester.

Le dernier point étudié concerne la résistance du BRP 21-27-52 à l'irradiation par les éléments radioactifs qu'il enrobe. Jusqu'à une dose de $8 \cdot 10^6$ Gy, l'affaiblissement des propriétés mécaniques n'est pas significative. Compte tenu des activités susceptibles d'être rencontrées lors de l'enrobage de pièces métalliques contaminées, ce taux de résistance à l'irradiation est tout à fait acceptable.

La stabilité thermique du BRP 21-27-52 irradié est sensiblement diminuée, mais reste acceptable.

Ce travail montre que le béton de résine polyester est un matériau intéressant pour l'enrobage sous eau des déchets métalliques radioactifs. Il reste à déterminer la résistance à la lixiviation de ce matériau. Toutefois en ce domaine, il fait peu de doute que les taux de lixiviation du béton de résine seront nettement inférieurs à ceux des bétons hydrauliques. Des essais préliminaires très prometteurs ont été réalisés à Eurochemic.

*
* * *

Les auteurs adressent leurs plus vifs remerciements aux institutions et sociétés qui ont permis la poursuite de cette recherche; ce sont Eurochemic, INIEX, ISIB, CRIF (pour certains essais mécaniques) et IRE (pour les irradiations).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CUAZ D., LIMONGI A., THIERY A., BAER A. Procédé d'enrobage de déchets radioactifs dans des résines thermodurcissables. VIIe Congrès Int. de la Société Française de Radioprotection, Versailles (1974), 769.
- [2] BAER A., TRAXLER A.-M., LIMONGI A., THIERY D. Enrobage par résines thermodurcissables de déchets radioactifs. Management of radioactive wastes from the nuclear fuel cycle. Proceedings of a Symposium, International Atomic Energy Agency, Vienna, IAEA-SM-207/3, 2 (1976), 175-187.
- [3] AUBOING G., LIMONGI A., THIERY D., BAER A., BUCHWALDER M. Conditionnement de déchets radioactifs par résines thermodurcissables. Gén. Nucl., 6 (1976), 501-507.
- [4] STEINBERG M. Concrete polymer composite material and their potential for construction, urban waste utilisation and nuclear waste storage. Advance in chemistry series n° 142 (1974).
- [5] COLOMBO P., NEILSON R.M. Some techniques for the solidification of radioactive wastes in concrete. Nuclear technology, 32, 30 (1977).
- [6] MICHAUX C. Derniers développements dans le domaine des bétons de résine. Annales des Mines de Belgique, 11 (1980).
- [7] MICHAUX C. Caractérisation, propriétés et avantages des bétons de résine. Annales des Mines de Belgique, 10 (1981).
- [8] BRICTEUX J., MICHAUX C. Les bétons de résine et le recyclage du verre. 6e Conférence Européenne des Plastiques, juin 1982, Paris.
- [9] Matières plastiques de la BASF. Notice technique (1974).
- [10] Accélérateurs Oldopal. Notice technique (1978).
- [11] HORNIKEL T. Les résines polyester comme liants pour le béton et les pierres artificielles. Kunststoffe im Bau, 6 (1974).
- [12] EYRAUD. Compte rendu, 240, 862 (1955).
- [13] Méthodes de radioprotection. Collection Sécurité n° 38, Vienne (1978), 179.

Définition du mot marbre

Paul DUMON * et Victor NETELS **

1. PRELIMINAIRE

Tous les participants aux IIIes Journées de l'Industrie Minérale de l'ULB consacrées au marbre ont constaté l'ambiguïté contenue dans le mot marbre et la polémique que les définitions avancées ont suscitée. Ce constat établi, une Commission présidée par Mr. P. Dumon et regroupant l'ensemble du monde marbré belge, ainsi que les professeurs et chercheurs de l'Université Libre de Bruxelles, a essayé de lever ces ambiguïtés. Cet article résume les travaux de la Commission et les auteurs espèrent qu'il servira d'introduction à la plaquette "Marbres Belges", guide de promotion de nos matériaux marbriers naturels. Notons immédiatement que nous n'avons pas cherché à formuler une définition unique. En effet, très rapidement nous avons constaté que, pour diverses raisons historiques, scientifiques, etc..., les définitions proposées par divers spécialistes ne coïncident pas toujours. Les définitions acceptées par tous les spécialistes du marbre sont encore à l'heure actuelle fortement influencées par l'Antiquité. Les corps professionnels qui approchent les matériaux décoratifs définissent le mot avec des nuances propres à chacun d'eux.

Les différentes définitions ci-dessous ont été reprises au hasard sans but discriminatoire et leur nombre a été, dès l'abord du problème, limité. En les reproduisant, nous voyons que trois options majeures se dégagent, à savoir l'aspect technique et commercial, l'aspect historique et artistique et l'aspect scientifique.

2. DEFINITIONS DU MOT MARBRE

2.1. DANS LE MONDE TECHNIQUE ET COMMERCIAL

G. DEWALQUE [5] (1880-1881) : La dénomination calcaire-marbre doit être réservée à : "Tout calcaire recristallisé ou non, à grain discernable ou à texture aphanitique qui puisse être traité industriellement comme marbre".

C. MALAISE [13] (1893) : Toute pierre calcaire susceptible de prendre par le poli un aspect agréable et d'être employée en décoration.

M. PIERI [15] (1946) : Le mot marbre ne comprend pas seulement toutes les variétés de calcaire cristallin qui ont un aspect

granulé, mais du point de vue technique aussi toutes les pierres qui peuvent être coupées, sciées en dalles, polies et utilisées dans le bâtiment surtout dans un but décoratif, ainsi que l'est justement le marbre.

C. CAMERMAN [1] (1955) : Le nom de marbre ne s'applique pas à un type de roche défini. Ce n'est donc pas un terme pétrographique. Un marbre est une roche généralement calcaire susceptible de prendre le poli et présentant cet aspect décoratif; celui-ci pouvant résulter soit d'une belle teinte uniforme, soit de dessins et de ramages dus à la structure ou au veinage du calcaire, à des organismes fossiles, etc...

L'Encyclopédie RIZZOLA-LAROUSSE [21] (1971): Le marbre est, dans l'emploi technique, une roche que l'on peut travailler et polir pour l'utiliser comme matériau précieux pour bâtir, pour revêtement, dans des buts décoratifs quelle que soit sa composition pétrographique qui, selon certains devrait se limiter à celle calcaire, selon d'autres non.

P. DUMON [6] (1980) : Ce sont des roches calcaires métamorphiques bien cristallisées et non pulvérulentes, des calcaires sédimentaires (de précipitation chimique, biochimique, récifaux, ...), des calcaires sapropéliens, des calcaires coquilliers.

R. FOCANT [9] (1980) : Le marbre est un carbonate de chaux naturel plus ou moins pur qui peut prendre le poli. Le terme marbre est appliqué à certaines roches formées principalement de grains de calcite (carbonate de chaux) et de dolomie (carbonate naturel double de chaux et de magnésie). La pierre calcaire a la même composition chimique mais en diffère en ce que les particules de carbonate de chaux et de magnésie qui la composent sont granuleuses kryptocristallines. Dans les marbres, les degrés d'union et de cohésion entre les grains ont des relations définies avec la résistance à l'usure, la résistance aux chocs, la porosité; c'est-à-dire qu'il y a de grandes différences entre les qualités des divers marbres.

P. DUMONT [7] (1981) : Toute roche, calcaire ou non, susceptible d'être polie et utilisée à des fins architecturales ou ornementales. Dans un sens de plus en plus large, nous pouvons ajouter aux calcaires métamorphiques :

- Les calcaires durs non métamorphiques. Ils n'ont suivi qu'une évolution à températures et pressions modérées (diagenèse). La structure primitive est conservée et

* Ingénieur civil des Mines et Géologue, "Maison Rose", rue de la Petite Triperie 3, B-7000 Mons.

** Licencié en Géologie, Chercheur au Service Exploitation des Mines de l'ULB, avenue F.D. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles.

constitue souvent un caractère esthétique essentiel.

- Les roches magmatiques qualifiées de granit. Ces roches sont essentiellement constituées de silicates largement cristallisés. La dureté considérable de ces roches accroît dans des proportions importantes le prix du débitage et du polissage. Les roches métamorphiques non calcaires (gneiss, serpentinite,...) peuvent également être considérées comme "granits".

- Les produits artificiels constitués de fragments de pierres naturelles liés par un ciment artificiel.

2.2. DANS LE MONDE DE L'HISTOIRE DE L'ART

F. CORSI [4] (1845) : Par définition "marmore", les Latins entendaient toutes les pierres de décoration et d'ornement qui, une fois coupées, prenaient un beau poli (étymologie : marmairo; briller, resplendir).

Encyclopédie de la Maison MOTTA [29] : Les Latins appelaient "lapis" la roche en général, tandis qu'ils appelaient "marmora" tous matériaux lithoïdes pouvant être polis et utilisés dans des buts ornementaux.

G. RANIERO [16] (1971) : Considère que, dans l'acception classique du mot, le mot marbre comprend toutes les pierres de décoration qui peuvent prendre le poli, et donc même les granites, porphyres,...

R. MOTINOT [14] (1973) : De tout temps, on a appelé "marbre" des roches de valeur qui ornent nos villes, nos maisons.

Pline appela "marbre lacédémonien" le porphyre de Sparte et de Mycène.

D'Aviler classa les serpentines entre les marbres et les granits et les appela "marbres granitelli".

2.3. DANS LE MONDE SCIENTIFIQUE

J. GOSSELET [10] (1898) : Le marbre est une pierre compacte à cassure plate, assez dure pour prendre et conserver un poli. Vu au microscope, il se montre formé d'un agrégat de petits rhomboédres cristallins de calcite. Mais il ne suffit pas qu'un calcaire soit homogène, dur, polissable, pour constituer un marbre, il faut encore qu'il ait une couleur agréable puisque le marbre est essentiellement une roche décorative.

Congrès Géologique International [19] (1900) : Le marbre est le nom général des divers calcaires susceptibles de recevoir le poli et propres à la décoration des édifices ou à la sculpture. Le nombre de variétés de marbre est immense et ces variétés portent dans le commerce des noms particuliers.

F. RINNE [17] (1905) : Le plus beau calcaire est le marbre, nom sous lequel les pétrographes désignent une roche cristalline grenue (à grains microscopiques), tandis que les architectes appellent ainsi tous les calcaires compacts susceptibles de se polir. En lame mince, le calcaire grenu se montre constitué par des grains de calcite de grosseur uniforme ou irrégulière, groupés sans orientation mais sans laisser de vides, ce qui est de grande importance du point de vue de la résistance

à la gelée.

J. CORNET [3] (1921) : Le mot marbre est plutôt une expression technologique que lithologique. On appelle ainsi des calcaires (et même toutes les pierres en général) que l'on peut polir et qui offrent, ainsi travaillées, un aspect décoratif.

J. de LAPPARENT [12] (1923) : Le nom marbre n'est pas seulement donné aux marbres statutaires de grain uniforme, mais à toutes les roches calcaires susceptibles de prendre un beau poli. L'auteur différencie les calcaires marbres des calcaires lithologiques par l'agencement des grains de calcite (vus au microscope); calcite en mosaïque qui confère aux calcaires-marbres une texture saccharoïde. Mais il signale que ceci se rencontre également dans des calcaires lithologiques, fossilifères ou non.

L. CAYEUX [2] (1935) : Ce pétrographe ne définit pas le mot marbre mais indique parfaitement toute la relativité contenue dans la notion de calcaire cristallin : tout calcaire formé de calcite, assez largement cristallisé pour que sa cassure se résolve en facettes miroitantes est un calcaire cristallin, souvent qualifié de saccharoïde.

D'une façon générale, les calcaires cristallins dérivent de calcaires originellement différents, lesquels, sous des influences diverses, ont perdu leurs caractères primitifs. Tels sont les calcaires métamorphiques, les calcaires cipolins et quantités de calcaires recristallisés. Font exception à cette règle des calcaires pétris de débris d'échinodermes, comme les calcaires à entroques qui, de tout temps, ont été cristallins.

Ce serait une erreur de croire que l'intervention du métamorphisme, sous toutes ses formes, est nécessaire pour engendrer des calcaires cristallins, car une foule de calcaires sont redevables de leur nature cristalline à l'instabilité de l'aragonite, ce que démontrent, notamment, les constructions coralliennes récemment soulevées.

A. HOLMES [11] (1965) : Le terme marbre est réservé à tous les calcaires qui ont été complètement recristallisés par un processus métamorphique.

P. DUMONT [8] (1982) : Le marbre est une roche métamorphique essentiellement constituée de calcite et/ou de dolomite à structure granoblastique (parfois qualifiée de saccharoïde).

2.4. SYNTHÈSE

Le problème de la définition pour être subtile comporte le risque, s'il est formulé de façon rigide, de devenir une question de sémantique, plutôt académique dans le sens délétaire du mot avec ce peu de décadent et de nuisible. Par l'énumération de quelques-unes de ces définitions émises pour le mot marbre, nous pouvons constater toute la polémique engendrée par celles-ci. Nous pensons qu'une définition unique n'est pas à rechercher. Chacune des disciplines est liée par ses traditions à l'esprit particulier et se rattache donc à sa propre famille de définitions.

Il est bon d'ajouter que, pour garder le monopole du label marbre, les marbriers

italiens ont progressivement adopté une série de définitions se rapprochant parfois fort de celle des pétrographes et ont introduit des définitions souvent beaucoup plus rigides, à dénomination plus banale pour les autres matériaux décoratifs.

Dans l'Annuario dei Marmi Italiani [18], le mot marbre n'est pas défini mais une différence est faite entre les marbres blancs et les marbres colorés. Neuf catégories de pierres décoratives (dont le marbre) étaient retenues. Remarquons que, selon cette nomenclature, des calcaires métamorphiques (de Lasa par exemple) et les variétés marbrières belges (marbres rouges, marbres noirs unis ou non, Petit-Granit) étaient classés dans la catégorie marbre.

En 1963, dans "Marmi Italiani de l'UGIMA" [23], 68 variétés marbrières italiennes sont décrites dont 31 pierres répondent à la définition pétrographique du mot (roches calcaires métamorphiques) et 22 variétés de calcaires non métamorphiques.

En 1972, dans "Guida Tecnica per l'Impiego razionale del Marmo" [22], les "marbres" sont classés par familles de roches. Sur 140 variétés marbrières répertoriées, 58 sont des roches calcaires métamorphiques, 25 des calcaires de qualité et 17 sont regroupées sous la dénomination de brèches décoratives et calcaires de valeur particulière.

L'évolution de la terminologie technique italienne indique clairement que, faute d'une définition univoque, l'industrie marbrière transalpine utilise selon ses objectifs commerciaux le mot marbre en vue de sauvegarder sa primauté mondiale. Non sans raison, le grand spécialiste belge P. Dumon se demande où il faut réellement situer les marbres belges dans la classification italienne de 1972; n'étant pas des calcaires métamorphiques, il faudrait peut-être les répartir entre les "brèches décoratives et calcaires de valeur particulière" ou encore les classer parmi les "calcaires de qualité".

Cette longue énumération de définitions permet de conclure que les géologues et pétrographes ont donné un sens précis mais divers au mot marbre, tandis que, pour les marbriers, le mot correspond à un concept relevant de traditions millénaires et donc plus difficile à inclure dans une définition. Toutes les définitions proposées par les spécialistes de l'industrie du marbre tendent à qualifier un marbre par ses utilisations, voire par ses réalisations.

3. PROPRIETES DES MARBRES

3.1. INTRODUCTION

Le marbre est un matériau naturel utilisé presque exclusivement dans le domaine de la construction. Ceci pose évidemment le problème de la qualité des pierres appelées marbres.

La valeur esthétique d'un matériau est souvent un facteur important. Nul ne pourra par exemple empêcher un particulier de décorer sa maison avec une pierre qu'il trouve jolie, quelle que soit la définition

applicable à celle-ci. Mais, parallèlement, il importe de définir les caractéristiques mécaniques, chimiques et physico-chimiques et décoratives de ces roches (marbres) et de donner pour chacune d'elles une fiche signalétique de sorte que l'utilisateur soit informé de la valeur technique et esthétique du matériau proposé. Il est évident que, comme toutes les substances naturelles, les marbres ne sont pas des matériaux uniformes et homogènes. Le fait que les propriétés chiffrées doivent, pour être représentatives, être indiquées par une fourchette ne diminue pas la valeur intrinsèque de ces dernières.

3.2. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

Les teneurs en composants majeurs et/ou importants doivent être indiquées. Ce sont CaCO_3 , MgCO_3 (contenus dans la calcite magnésienne $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$ ou sous forme de dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), Al_2O_3 , SiO_2 (libre et combiné); les composants mineurs, ainsi que les éléments traces, peuvent être omis dans une description résumée. Cependant, nous ne pouvons pas arbitrairement fixer une teneur minimale (ou maximale) en un constituant chimique, comme par exemple pour le CaCO_3 que doit contenir une roche pour être acceptée comme marbre. Ainsi, bien que pour les pétrographes une roche soit dite calcaire quand sa teneur en CaCO_3 est d'au moins 95 %, des roches ayant une teneur moindre sont unanimement admises comme marbres. De même, si la dolomite est en général une nuisance en marbrerie, des marbres très riches en ce constituant sont employés. Il est donc plus important d'indiquer dans chaque cas précis une limite inférieure et une limite supérieure entre lesquelles, pour un marbre donné, la teneur en un élément est comprise; l'utilisateur est ainsi informé de la fourchette à l'intérieur de laquelle se situe la teneur en un élément précis. Les teneurs en certains constituants mineurs et/ou en éléments traces et leurs variations possibles ont une importance non négligeable aussi bien lors de l'élaboration des matériaux que pour leur effet esthétique et surtout leur comportement physico-chimique (altérabilité, gélivité,...) ainsi que mécanique (usure, dureté,...).

3.3. DESCRIPTION MINERALOGIQUE

La composition chimique, pour indispensable qu'elle soit, n'est pas suffisante pour une description détaillée du matériau; il importe également de reconnaître sous le microscope les variétés minéralogiques sous lesquelles sont associés les éléments chimiques, la grosseur des grains et la structure de la roche.

3.4. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Retenons les grandeurs suivantes :

- . la densité réelle et apparente,
- . la dureté (spécialement pour les revêtements de sol),
- . les porosités; à ces mesures nous pouvons rattacher celles de l'absorption d'eau et de SO_2 et de capillarité,
- . la perméabilité,
- . la résistance au gel,
- . la vitesse de propagation du son,
- . l'isolation thermique et acoustique,
- . le coefficient de dilatation thermique,

- . la résistance à certains agents minéraux et organiques,
- . la résistance aux ultra-violets.

Certaines de ces mesures ont fait l'objet de publications du Centre Scientifique et Technique de la Construction. Celles-ci contiennent des protocoles expérimentaux et indiquent les valeurs de bonne pratique applicables à tout revêtement en pierre naturelle. Elles doivent donc être parfois adaptées aux marbres. D'autres (telles les mesures de densité) doivent être complétées et adaptées aux acquis récents (en matière de pollution par exemple).

Densités et porosités des roches : il est utile de mesurer les densités vraie et apparente qui toutes deux ont leur justification. Ces valeurs doivent être indiquées sous forme de fourchette résultant de nombreuses mesures. L'intervalle de la fourchette est une bonne indication de l'homogénéité du matériau. La densité apparente est souvent mesurée sur des cubes par une méthode quelconque (mais normalisée ou du moins dont le protocole est décrit) dont les dimensions sont par exemple 7cm x 7cm x 7cm. Ces dimensions ne doivent pas devenir des limites rigides; il faut préalablement reconnaître la texture de la roche et adapter les dimensions à celle-ci. La densité vraie se mesure sur une poudre très fine et si possible par une méthode sèche.

La porosité est non seulement une indication de la nature (compacte ou non) de la roche, mais aussi une mesure de la vitesse d'attaque par l'eau et les agents agressifs et polluants contenus dans l'air (bioxyde de soufre principalement). On doit donc nécessairement distinguer la porosité totale de la porosité externe (ou ouverte), seule cette dernière est responsable de la vitesse plus ou moins élevée de l'attaque du matériau. Il est dès lors souhaitable de mesurer la porosité externe par rapport à l'eau, ainsi que par rapport à l'air (pollution atmosphérique). Diverses méthodes existent pour mesurer la porosité interne et externe; elles ont toutes l'avantage d'être simples et de plus de donner une indication sur les densités intermédiaires entre celles des cubes et des poudres.

La dureté (échelle de Mohs) et la microdureté (Vickers par exemple) sont des indications souvent utiles pour estimer la facilité de polissage et, dans certains cas, pour choisir des usages spécifiques aux marbres considérés. Des normes existent en Belgique pour les bétons et les pierres. Il serait utile de les adapter aux marbres.

Résistance à certains agents minéraux ou organiques : il s'agit de la corrosion soit provoquée par des substances inorganiques contenues principalement dans les produits d'entretien (soude, tripolyphosphate,...), soit par des substances organiques contenues dans ces mêmes produits (sulfates organiques, sulfonates) et dans les combustibles courants (hydrocarbures). Ajoutons aussi le bioxyde de soufre. Il n'existe pas de protocoles expérimentaux normalisés sauf pour le SO₂; toutefois, ceux-ci peuvent être extrêmement simples.

3.5. CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Citons parmi celles-ci :

- . la résistance à la compression,

- . la résistance à la traction,
- . la résistance à la flexion,
- . le module d'élasticité,
- . la résistance à l'usure (spécialement indiqué pour les revêtements de sols),
- . la résistance aux chocs durs et mous, ainsi que l'aspect de la cassure,
- . la résistance aux attaches,
- . la facilité de sciage et de polissage,
- . la résistance au feu,
- . le dépolissage par projection de sable.

3.6. CARACTERISTIQUES DECORATIVES

Un marbre est par essence une roche qui possède des qualités esthétiques indiscutables. Pour caractériser la valeur décorative, l'expérience et la connaissance de la matière sont incontestablement un guide efficace. Pour permettre une appréciation valable, toute description doit comporter des indications précises sur :

- . la coloration du matériau, l'intensité de celle-ci, la nature des pigments, les contrastes existants...;
- . la présence et la fréquence de veines, fossiles, etc...

3.7. SYNTHESE

Rappelons que les diverses grandeurs retenues devront être mesurées à l'aide de protocoles expérimentaux normalisés. Ceux-ci peuvent dans certains cas s'inspirer d'essais préconisés par le CSTC dans des cas analogues. Par ces données, les utilisateurs pourront mieux apprécier les avantages du marbre par rapport à d'autres matériaux, voire même dans certains cas choisir la variété de marbre la plus appropriée pour l'usage spécifique envisagé. Une fiche signalétique reprenant les résultats des mesures pour chaque variété marbrière pourrait aussi faire autorité à l'occasion de conflits juridiques.

4. CONCLUSION

Le marbre est une roche naturelle. Il s'agit dans la plupart des cas d'un calcaire, métamorphique ou non. Toutefois, certains marbres contiennent moins de 50 % de carbonate de calcium, ce qui les éloigne très fortement de la définition pétrographique d'un calcaire. Quelques marbres célèbres, le Vert de Tinos par exemple, ont une telle composition.

Il faut aussi signaler que de grandes surfaces (de sol, de murs intérieurs et extérieurs) sont souvent couvertes par d'autres matériaux naturels (dont des roches calcaires) polis ou adoucis. L'effet esthétique est relativement uniforme, le matériau homogène et le poids spécifique supérieur à 2,5 g/cm³; ces matériaux sont dénommés (en France) "pierres marbrières". Il faut donc être très prudent car, dans le langage des marbriers, la notion de marbre recouvre des matériaux très différents et comporte pour le profane, sinon pour le spécialiste, une certaine ambiguïté. Celle-ci résulte, d'une part, de la définition qui, quelle que soit la façon dont elle est formulée, est fondée sur un concept en partie abstrait (roche décorative) mis en relation avec des matériaux naturels (notamment calcaire) et, d'autre part, du fait que cette

définition est liée à des réalisations particulières dites de marbrerie (nous dirons même de marbrerie traditionnelle).

Soulignons pour terminer qu'il faut se garder de se référer dans une définition du mot marbre à une quelconque forme d'utilisation, les usages de variétés et de produits nouveaux qui peuvent être mis sur le marché rendant caduque la définition elle-même.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 CAMERMAN C. La géologie des marbres belges. Chambre de Commerce de Bruxelles, Bruxelles 72^e an 1955, p 519.
- 2 CAYEUX L. Les roches sédimentaires de France - Roches carbonatées - Calcaires et dolomies. Paris, Masson 1935.
- 3 CORNET J. Traité de géologie. Mons 1921.
- 4 CORSI F. Traité des "Pierres Anciennes". Rome 1945, 1^{re} Ed.
- 5 DEWAQUE G. Marbres à crinoïdes des Forges appartenant à l'étage des psammites du Condroz. Ann. Soc. Géol. de Belgique, t 8, 1880-1881, p B48.
- 6 DUMON P. Le Marbre. Bull. Soc. Belge de géologie, t 89, 1980, pp 63-65.
- 7 DUMONT P. Le Marbre : définitions. III^es Journées de l'Industrie Minérale. Namur, 1981.
- 8 DUMONT P. Sciences de la Terre. Cours de Pétrographie. Presses Universitaires de Bruxelles, 1982, 2^e Ed.
- 9 FOCANT R. Le Marbre : définition et historique. Inédit 1980.
- 10 GOSSELET J. Compte rendu de l'excursion de la Société géologique du Nord au Caillou-qui-Bique. Soc. géol. du Nord, T XXVII, 1898, pp 45-47.
- 11 HOLMES A. Principles of Physical Geology. London and Edinburgh, Th. Nelson 1965.
- 12 de LAPPARENT J. Leçons de Pétrographie. Paris, Masson 1923.
- 13 MALAISE C. Manuel de minéralogie pratique. 1893.
- 14 MOTINOT R. Réponse à Mr. Zezza. Le Mausolée, juin 1973.
- 15 PIERI M. Merceologia. Hoepli, Milan 1946.
- 16 RANIERO G. Marmora Romana. Rome 1971.
- 17 RINNE F. Etude pratique des Roches, traduit et adapté par L. Pervinquellier. Paris 1905.
- 18 Annuario dei Marmi Italiani. 1929.
- 19 Congrès géologique international. Paris 1900.
- 20 Encyclopédie de la Maison Motta.
- 21 Encyclopédie Rizzola-Larousse.
- 22 Guida tecnica per l'Impiego razionale del Marmo. Associazione dell' Industria Marmifera Italiana e delle Industrie Affini, Rome 1972.
- 23 Marmi Italiani. Unione Generale degli Industriali Apuani del Marmo ed Affini, Carrara 1963.

PROGRAMME GENERAL

Lundi 26 septembre :

Visites techniques

Mardi 27, mercredi 28 et jeudi 29 septembre :

Journées techniques des sections Mine et Minéralurgie, terminées par une séance de clôture sous le patronage de Monsieur le Ministre de l'Industrie et de la Recherche.

VISITES TECHNIQUES DU LUNDI 26 SEPTEMBRE

16 visites au choix :

Azote et produits chimiques, Barytine de Chaillac, BRGM à Orléans, CEA/CEN à Saclay et Minemet à Trappes, Cerchar à Verneuil, Denain-Anzin-Minéraux à Glomel, Ecole des Mines de Paris et Carrières Piketty, Ecole des Mines de Paris et EDF, Générale des Engrais à Grand-Quévilly, Kaolins d'Arvor, Poclair, Port autonome du Havre, S.A. de Matériaux de Construction, Cogema et Société Industrielle des Minerais de l'Ouest, Société Lyonnaise des Eaux de Paris, Station d'épuration biologique d'Achères.

JOURNEES TECHNIQUES MINE

Mardi 27 septembre après-midi : 2 tables rondes au choix :

- . poussières nocives
- . conceptions modernes de la recherche minérale.

Mercredi 28 septembre :

- . matin : mine et ordinateur
- . après-midi : creusement mécanique ou à l'explosif.

Jeudi 29 septembre :

- . matin : méthodes et moyens originaux français dans l'exploitation des mines et carrières
- . après-midi : ingénierie minière.

JOURNEES TECHNIQUES MINERALURGIE

Mardi 27 septembre :

- . matin : minéralogie - pétrographie
- . après-midi : flottation - calcination.

Mercredi 28 septembre :

- . matin : valorisation des rejets - effluents - acide phosphorique
- . après-midi : acide phosphorique et uranium - phosphogypses.

Jeudi 29 septembre toute la journée :

sujets divers.

EXPOSITION :

Les constructeurs de matériel de mine présenteront des stands d'exposition dans le cadre du congrès.

INSCRIPTION :

Programme définitif, formules d'inscription à la Société de l'Industrie Minérale, 19 rue du Grand Moulin, F-42029 ST. ETIENNE CEDEX, tél. (77)32 46 13.



Le traitement des données en géologie minière et son application dans le domaine spectral

Paul NAA et Michel UYTENDAELE *

RESUME

Si en géophysique, le traitement des données par la transformation de Fourier est routinière, en géologie, ce type de traitement n'est pas encore répandu. Nous nous proposons de transposer à une répartition régulière de données géologiques les différentes opérations permises grâce au passage dans le domaine spectral, qu'il soit spatial ou temporel.

Le géologue disposera alors d'un outil mathématique puissant qui lui permettra de mieux discriminer les événements constitutifs d'une série d'observations in situ. Ce traitement ne remplace pas la perspicacité du géologue, mais il a pour but de permettre une vision des phénomènes sous un angle encore peu usité.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Geophysik ist die Datenverarbeitung mittels der Fourier-Transformation ein routinemässiges Verfahren. In der Geologie jedoch, ist dieses Verfahren der Datenverarbeitung noch nicht verbreitet worden. Wir haben die Absicht, durch verschiedene mathematische Operationen den Uebergang zwischen 1) räumlichem oder zeitlichem Spektralbereich in 2) eine regelmässige Verteilung von geologischen Daten umzuformen und umgekehrt.

Der Geologe wird somit über ein zuverlässiges mathematisches Verfahren verfügen, welches ihm erlaubt, die wesentlichen Elemente einer Reihe In-situ-Beobachtungen besser zu unterscheiden. Dieses Verfahren wird den Geologen nicht ersetzen, sondern ihm ermöglichen, die Phänomene in einer bis jetzt wenig verbreiteten Weise zu untersuchen.

SAMENVATTING

In de geofysica is de verwerking van de gegevens door de Fourier-omvorming een routinezaak. In de geologie is deze methode echter nog niet verspreid. Wij hebben de bedoeling, door verschillende wiskundige operaties, de overgang tussen de ruimte- en het tijdverbonden spektrum-bereik in een regelmatige verdeling van geologische gegevens om te vormen.

De geoloog zal hierdoor over een betrouwbare wiskundige methode beschikken, die hem in staat stelt de belangrijke elementen van een reeks in-situ waarnemingen beter te onderscheiden. Deze methode zal de geoloog niet vervangen, maar hem de mogelijkheid bieden deze verschijnselen op een tot op heden weinig gebruikte wijze te onderzoeken.

SUMMARY

If data processing by Fourier transformation is routine in geophysics, this is not the case in geology. We want to make the transition of the spectral field, be it spatial or temporal, into a regular repartition of geological data, by different mathematical operations.

The geologist will then have a powerful mathematical instrument allowing him to better distinguish the constituent events of a series of in-situ observations. This processing does not replace the geologist's perspicacity, but its aim is to give a not yet current manner of analysing the phenomena.

* Respec. Ingénieur géophysicien, Assistant Ulg., et Ingénieur géologue, Boursier IRSIA, Université de Liège, Laboratoire de Géologie Appliquée, avenue des Tilleuls 45, B-4000 Liège

0. INTRODUCTION

Le but de l'interprétation des données géophysiques, géochimiques ou géologiques est de donner une image structurale et lithostratigraphique correcte du sous-sol. Les objectifs principaux sont la recherche des matières minérales utiles et la quantification des paramètres utiles au mineur, à l'hydrogéologue ou au constructeur.

Sur le terrain, le géologue ou le géophysicien recueille ses données suivant des canevas et des méthodes orientées en fonction de la géologie du matériau recherché ou des paramètres à déterminer. Il s'agit déjà, a priori, d'un traitement subjectif des différentes données géologiques qui vise à la mise en évidence d'un phénomène ou d'un paramètre particulier.

En général, le prospecteur est confronté à des phénomènes géologiques complexes, imbriqués, qui nécessitent des investigations ou traitements supplémentaires. Les informations recueillies sur le terrain peuvent être réparties en deux types : les informations utiles directement en rapport avec l'objet de la prospection et les informations inutiles ou bruit en rapport avec d'autres phénomènes qui interfèrent sur la zone prospectée.

Afin d'exploiter au mieux les informations utiles, il faudrait en outre se trouver dans les conditions idéales d'une géologie modélisable par des lois connues. L'ensemble des modèles présuppose des conditions idéalisées d'homogénéité et de mise en place, qui ne sont jamais réalisées dans les cas d'application. Le premier travail de l'interprétation sera de nettoyer les informations des événements parasites, accidentels ou régionaux pour se rapprocher d'un modèle géologique simple respectant au mieux les caractères majeurs utiles du site.

La dernière décennie a vu naître, conjointement au développement de l'utilisation de l'informatique, des géologues et des géophysiciens orientés vers le traitement mathématique de plus en plus complexe des données. Cette démarche s'avère indispensable dans les nombreux cas géologiques où seul le flair d'un vieux routier pouvait débrouiller la complexité des phénomènes rencontrés. C'est ainsi que naquit une littérature aujourd'hui abondante sur les méthodes de traitement des données géologiques. Des périodiques tels que *Computers and Geosciences* ou *Mathematical Geology* figurent dans les bibliothèques de la plupart des laboratoires de géologie appliquée ou de prospection géophysique. Les développements qui suivent sont basés sur bon nombre de publications récentes, ainsi que sur des comptes rendus d'activités de sociétés telles que BRGM. L'originalité de la méthode réside dans la transposition au domaine géologique d'applications aujourd'hui courantes en géophysique appliquée.

1. TRAITEMENT DE L'INFORMATION

Son but sera de valoriser les informations jugées essentielles. Le type d'informations à traiter est fonction de la méthode utilisée.

En géochimie, on recueille les éléments recherchés ou associés.

En géophysique, on mesure les propriétés propres au matériau ou au piège recherché.

En géologie, on prospecte les informations et les structures associées à l'environnement du site investigué.

1.1. LES DONNEES

Pour assurer un choix correct des conditions de mesure ou d'enregistrement, il est indispensable de connaître les caractéristiques de l'information propre à l'objectif recherché. Cette information propre est assimilable à une fonction de répartition $V(X,Y,Z,P)$ où X,Y,Z sont les coordonnées spatiales, P est le paramètre physique ou chimique propre à la méthode de prospection menée sur le terrain, par exemple le temps en prospection sismique, l'impédance en prospection électrique ou électromagnétique, la concentration en un ion particulier en géochimie.

Dans la majorité des cas, on prospecte suivant des coordonnées spatiales planes (X,Y) un objectif qui influence la mesure de V en fonction de P et de Z (fig. 1).

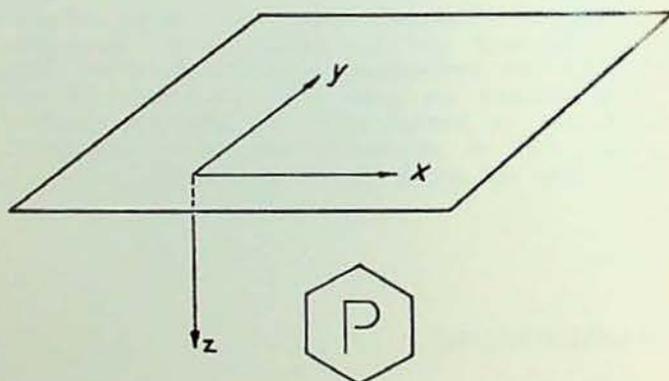


Fig. 1

1.2. FONCTION DE REPARTITION V

La fonction V doit être continue sur le domaine de mesure. Cette condition est réalisée si l'on considère des modèles obéissant à des lois de répartition elles-mêmes continues sur le domaine de mesure.

La fonction V sera définie par :

Sa cohérence

On définit l'énergie d'un signal ou d'une information comme le carré de son amplitude. La cohérence d'un signal sur le domaine de mesure sera définie par l'organisation de son énergie dans ce même domaine. C'est cette organisation qui suit une courbe indicatrice du modèle géologique qui induit la variation des mesures. A ce niveau interviennent plusieurs phénomènes d'absorption, de dispersion et d'atténuation géométrique.

Sa caractéristique apparente

C'est la répartition caractéristique sur le domaine de mesure qui apparaît grâce à sa cohérence. Cette répartition obéit aux lois physiques, physico-chimiques ou mécaniques qui engendrent la variation

propre de V en fonction de la méthode mise en oeuvre et des caractéristiques du modèle source.

Son amplitude

Celle-ci fait que le phénomène sera discernable tant que le seuil de détectabilité ne sera pas franchi, c'est-à-dire tant qu'elle sera supérieure au bruit.

Sa dynamique

C'est la différence entre sa valeur maximale et le seuil de détectabilité. A ce niveau interviennent les pouvoirs de définition des instruments utilisés pour l'acquisition des données ou leurs analyses, ainsi que l'avantage des données digitalisées sur les représentations analogiques.

Son spectre fréquentiel

a) La méthode

Il s'agit de la mise en évidence, par la transformée de Fourier, du domaine fréquentiel spatial (temporel aussi en sismique). On applique la transformée symétrique en axes rectangulaires où il y a correspondance entre X et le domaine inverse $k_x = 1/X$, Y et le domaine inverse $k_y = 1/Y$, et parfois P et le domaine inverse $k_p = 1/P$.

Soit dans le cadre d'une surface (X, Y) , la correspondance entre $V(X, Y)$ du domaine spatial et $\bar{V}(k_x, k_y)$ du domaine inverse ou spectral. Dans ce cas,

$$\bar{V}(k_x, k_y) =$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} V(X, Y) \cdot e^{-2\pi j(k_y \cdot Y + k_x \cdot X)} dX dY$$

et

$$V(X, Y) =$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \bar{V}(k_x, k_y) \cdot e^{+2\pi j(k_y \cdot Y + k_x \cdot X)} dk_x dk_y$$

Soit en particulier une fonction de répartition suivant X et Y , d'une seule direction apparente $\text{tg} \alpha$ et parfaitement cohérente (la forme reste constante sur tous les profils). $V(Y - X/\text{tg} \alpha)$ a pour spectre $\bar{V}(k_y) \cdot \delta(k_x - k_y/\text{tg} \alpha)$,

où

$\bar{V}(k_y)$ est le spectre de $V(Y, 0)$

$\delta(k_x - k_y/\text{tg} \alpha)$ est la fonction de Dirac nulle partout, sauf là où $k_x - k_y/\text{tg} \alpha = 0$ où elle vaut 1.

Donc toute l'énergie spectrale est dans le plan $k_x = k_y/\text{tg} \alpha$.

Si l'on considère la répartition parfaitement cohérente sur l'espace $(-L/2, +L/2)$ où on a $V(Y - X/\text{tg} \alpha)$, on observe le module du spectre

$$\bar{V}(k_y) \cdot [\sin(\pi L(k_x - k_y/\text{tg} \alpha))] / \pi(k_x - k_y/\text{tg} \alpha)$$

qui s'étale de part et d'autre du plan $k_x = k_y/\text{tg} \alpha$, d'autant plus que L est faible (fig. 2 et 3).

Le passage dans le domaine spectral conserve donc les directions.

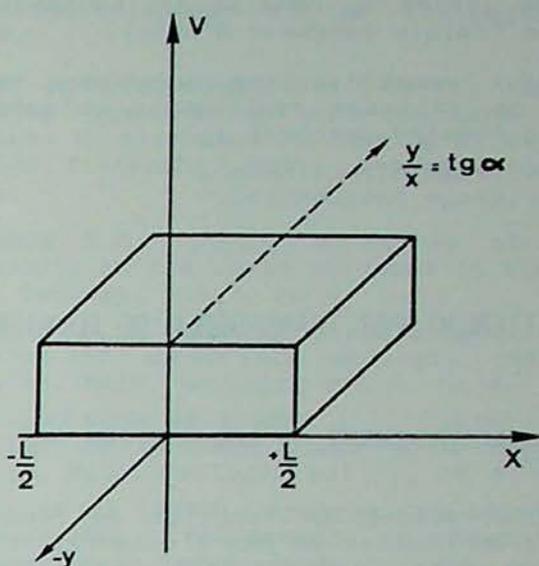


Fig. 2 : Fonction $V(Y - X/\text{tg} \alpha)$ sur $(-L/2, +L/2)$ (domaine spatial)

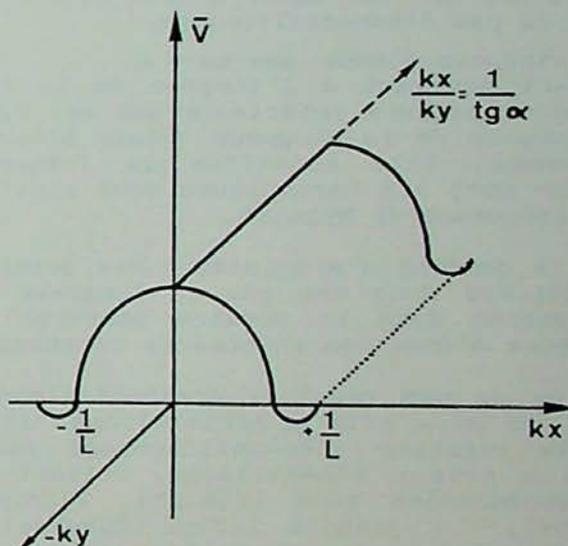


Fig. 3 : Fonction $\bar{V}(k_y) \cdot \sin[\pi L(k_x - k_y/\text{tg} \alpha)] / \pi(k_x - k_y/\text{tg} \alpha)$ (domaine spectral)

b) Ses avantages

Dans la pratique, le spectre d'une répartition est constitué d'un ensemble de répartitions élémentaires dont les directions apparentes sont respectivement constantes et s'étalent sur et autour d'un secteur limité par des directions apparentes extrêmes. Dans le domaine spectral, il est donc possible de discerner les différentes directions qui participent à une variation d'ensemble. Il est aussi possible de construire la variation caractéristique d'un ensemble de phénomènes élémentaires de directions respectivement différentes.

De plus, l'absorption du sous-sol réalise une répartition caractéristique du domaine spectral (k_x, k_y) en réduisant le domaine des répartitions du spectre $\bar{V}(k_x, k_y)$ aux basses fréquences spatiales (grandes longueurs d'ondes) dans le cas d'objectif profond (phénomène passe-bas). Le bruit

dû aux événements superficiels ou accidentels se limite au domaine des hautes fréquences (faible longueur d'onde).

Ces deux considérations engendrent deux types de filtrage réalisables uniquement dans le domaine spectral :

- . le filtrage directionnel,
- . le filtrage fréquentiel.

2. TRAITEMENT PAR TRANSFORMÉE DE FOURIER DISCRETE

2.1. ENREGISTREMENT OU ACQUISITION DES DONNÉES

Pour discrétiser la fonction de répartition V , on réalise un pas d'échantillonnage régulier dans l'espace sur une certaine longueur. Le pas et la longueur totale d'échantillonnage définissent respectivement pour chaque composante :

- . La longueur d'onde minimale. Celle-ci équivaut à l'inverse de la fréquence de coupure supérieure ou fréquence de Nyquist qui est égale à deux fois l'inverse du pas d'échantillonnage.

- . La longueur d'onde maximale C . Celle-ci équivaut à l'inverse de la fréquence de coupure inférieure qui est égale à l'inverse de la longueur totale d'échantillonnage. Elle constitue la fréquence de base dont les harmoniques sont limitées à la fréquence de Nyquist.

Dans le domaine d'acquisition des données, on décidera donc des pas et longueur qui encadreront dans le domaine spectral les longueurs d'onde des phénomènes prospectés.

Soit p_x le pas régulier d'échantillonnage sur X où on a pris m échantillons, et p_y le pas régulier d'échantillonnage sur Y où on a pris n échantillons. Suivant k_x , les coordonnées sont $1/(m.p_x)$, $2/(m.p_x)$, $3/(m.p_x)$, ... jusqu'à $1/2.p_x$ (Nyquist) qui est la fréquence charnière autour de laquelle se fait le repliement du spectre jusqu'à $1/p_x$. Ce repliement est une propriété de la transformée discrète de Fourier qui montre dans le domaine spectral une disposition symétrique par rapport à la fréquence de Nyquist. Suivant k_y , les coordonnées sont $1/(n.p_y)$, $2/(n.p_y)$, ..., $1/2.p_y$, ..., $1/p_y$ avec le même repliement du spectre autour de Nyquist que pour k_x .

2.2. FILTRAGE LINEAIRE NUMERIQUE

Un filtre W est défini par sa réponse impulsionnelle $W(X,Y)$ et son spectre ou facteur de transfert $\bar{W}(k_x,k_y)$. La réponse observée est $r(X,Y)$ et son spectre $\bar{r}(k_x,k_y)$. Le signal ou répartition à traiter est $V(X,Y)$ et son spectre $\bar{V}(k_x,k_y)$. Deux types de filtrage peuvent se présenter dans le domaine spatial, avec chacun leur correspondant dans le domaine spectral :

$$a) r(X,Y) = V(X,Y) \cdot W(X,Y) \longleftrightarrow$$

$$\bar{r}(k_x,k_y) = \bar{V}(k_x,k_y) \cdot \bar{W}(k_x,k_y)$$

(* est l'opération de convolution)

$$b) r(X,Y) = V(X,Y) * W(X,Y) \longleftrightarrow$$

$$\bar{r}(k_x,k_y) = \bar{V}(k_x,k_y) \cdot \bar{W}(k_x,k_y)$$

On filtrera dans le domaine où l'opération est une multiplication.

Considérons un filtrage dans le domaine spectral. Comme on désire une réponse réelle dans le domaine spatial et puisque le signal (ou répartition) est réel, la réponse impulsionnelle $W(X,Y)$ du filtre doit être réelle. D'où

$$R(\bar{W}(k_x,k_y)) = R(\bar{W}(-k_x,k_y))$$

$$\text{et } I(\bar{W}(k_x,k_y)) = I(\bar{W}(-k_x,-k_y)).$$

Ainsi les filtres directionnels auront la valeur 1 dans l'intérieur de l'éventail des directions extrêmes que l'on désire mettre en évidence et la valeur 0 en dehors (dans le domaine spectral). Ils respectent de plus les règles du filtrage réel dans le domaine spatial.

2.3. CORRELATION

La corrélation entre deux répartitions est une opération de convolution entre la première répartition et la conjuguée de la seconde. Cette opération a pour but de définir la similitude des variations de deux répartitions différentes sur l'espace de mesure des informations. Cette opération associée, en chaque point du domaine de mesure, une valeur à l'origine formée (déphasage égal à zéro) comprise entre -1 et +1 appelée coefficient de corrélation. Ce coefficient sera d'autant plus proche de l'unité que les fonctions de variation sont identiques; il sera proche de 0 si la similitude est inexistante; il sera proche de -1 dans le cas où les variations sont en opposition de phase.

Dans le domaine inverse (spectral), cette opération se ramène à une simple multiplication terme à terme.

$$\bar{r}(k_x,k_y) = [\bar{R}\bar{V}_1(k_x,k_y), \bar{I}\bar{V}_1(k_x,k_y)] \\ \cdot [\bar{R}\bar{V}_2(k_x,k_y), \bar{I}\bar{V}_2(k_x,k_y)]$$

Ce type d'opération permet, avant ou après filtrage, une quantification de la similitude en chaque point des différentes répartitions dans un même espace. Elle permet en outre de déceler le déphasage dans l'espace associé à des répartitions d'éléments différents (exemple : disposition en auréole).

2.4. MODELISATION

Tous les phénomènes géologiques qui obéissent à des lois de convolution de l'information (recueillie dans la fonction de répartition) par le signal ou le filtre connu ou estimé par des méthodes d'approches successives (problème inverse).

Ce type de démarche est appliqué dans les interprétations électriques et électromagnétiques par filtrage linéaire.

3. CONCLUSION

Grâce au traitement des données géologiques, le géologue ou le géophysicien possède à l'heure actuelle des outils quantitatifs supplémentaires qui lui permettent d'affiner ses interprétations. Ce type de démarche a pour but d'isoler, dans un ensemble complexe de variations de mesures, celles qui sont associées à un événement

géologie connu ou pressenti en fonction des lois qui président à la sédimentation, la géologie ou la tectonique.

Cet outil ne remplace en aucun cas le jugement du géologue, mais son utilisation orientée sur base des connaissances géologiques permet de discrétiser les événements qui constituent les informations recueillies sur le domaine de mesure où ils inter-fèrent.

BIBLIOGRAPHIE

GERARD A. (1975). L'interprétation des champs magnétiques et de pesanteur par méthode fréquentielle. BRGM, Dépt. géophysique.

LAMER A. (1978-1979). Enseignement d'interprétation sismique et de filtrage IFP ENSPM.

BARRET A.N. et RHIND D.W. (1974). Retrospective application of boundary constraints in automated contouring by digital spatial filtering. Math. Geology, vol 6, nr 1.

ROBINSON S.C. (1970). A review of data processing in the earth sciences in Canada. Math. Geology, vol 2, nr 4.

MATUSZAK D.R. (1972). Stratigraphic correlation of subsurface geologic data by computer. Math. Geology, vol 4, nr 4.

BYUNG-DOO KWON et RUDMAN A.J. (1979). Correlation of geologic logs with spectral methods. Math. Geology, vol 11, nr 4.

GUILLAUME A. (1977). Analyse des variables régionalisées. Traitement du signal en sciences de la terre. Doin.



La prospection VLF et le traitement des données

Michel UYTENDAELE et Paul NAA *

RESUME

L'étude des données recueillies en géologie est généralement gênée par l'influence de bruits, assimilables à des informations inutiles ou même parasites. Le problème rencontré consiste à discriminer les phénomènes différents, participant diversement à la valeur du paramètre mesuré.

Les mesures réalisées en prospection électromagnétique par VLF présentent cette structure. L'interprétation restait limitée par le problème de signaux émanant de plusieurs sources d'anomalies.

Après une transformation des équations de propagation des ondes, un modèle approché est proposé. Il permet un traitement basé sur la décomposition en séries de Fourier, grâce auquel sont déduits des paramètres relatifs à la localisation, à l'importance et à la nature des conducteurs induisant des valeurs anormales dans les mesures. Il est ainsi possible de discriminer différentes sources, mais aussi d'appliquer des filtres directionnels et fréquentiels.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der erfassten Daten in der Geologie wird im allgemeinen von Geräuschen behindert, die nicht deutbar sind und sogar störend wirken. Das Problem ist, die verschiedenen Phänomene, welche den Wert des gemessenen Parameters unterschiedlich beeinträchtigen, zu unterdrücken.

Dies gilt auch bei der elektromagnetischen Prospektion mit VLF. Die Aussagekraft blieb beschränkt angesichts des Problems des Vorhandenseins vieler Signale anomalen Ursprungs.

Nach einer Umbildung der Gleichung der Wellenausbreitung wird ein angenähertes Modell vorgeschlagen. Es ermöglicht eine Behandlung durch eine Aufgliederung in Fourier-Reihen, und erlaubt somit die Berechnung der Parameter hinsichtlich der Lokalisierung, der Wertigkeit und der Eigenschaft der Leiter, welche anomale Werte in die Messungen einbringen. Auf diese Weise können verschiedene Quellen unterdrückt werden, und zielgerichtete und frequenzbezogene Filterungen durchgeführt werden.

SAMENVATTING

De studie der in de geologie verzamelde gegevens wordt vaak gehinderd door de invloed van geluiden die gelijkgesteld kunnen worden aan overbodige of zelfs parasietgeluiden. Het probleem in kwestie is het onderscheiden der verschillende verschijnselen, die op diverse wijze deelnemen aan de waarde van de gemeten parameter.

De metingen verwezenlijkt in elektro-magnetische prospectie door VLF stellen deze structuur voor. De interpretatie bleef beperkt tot het probleem van signalen die voortkomen van verschillende bronnen van anomalie.

Na een transformatie van de vergelijkingen van golvenvoortplanting, wordt een benaderend model voorgesteld. Dit maakt een behandeling mogelijk op basis van de ontbinding in reeksen van Fourier, waardoor de parameters afgeleid worden i.v.m. de lokalisering, het belang en de aard der geleiders die anormale waarden in de metingen brengen. Zo is het mogelijk verschillende bronnen te onderscheiden, maar ook directionele en frequentiefilteringen toe te passen.

SUMMARY

The study of the data collected in geology is generally hindered by the influence of noises, similar to useless information or even parasites. This problem consists in the distinction of different phenomena taking part in diverse degrees in the value of the measured parameter.

The measures taken in electromagnetic prospecting by VLF present this structure. The interpretation was limited by the problem of signals emanating from several anomaly sources.

After transforming equations of wave propagation, an approximate model is proposed. It allows processing based on the decomposition in Fourier series, thanks to which parameters concerning the localisation, the importance and the nature of the inducing conductors of the anomalous values in the measures could be inferred. Thus it is possible to discriminate several sources, but also to apply directional and frequential filtering.

* Respec. Ingénieur géologue, Boursier IRSIA, et Ingénieur géophysicien, Assistant ULg., Université de Liège, Laboratoire de Géologie Appliquée, avenue des Tilleuls 45, B-4000 Liège

0. INTRODUCTION

La recherche des gisements et les études plus fondamentales se basent sur l'examen de données rattachées à un champ prospecté. Que ce soit en géologie générale, en géochimie ou en géophysique, l'observation des différents phénomènes procède d'un échantillonnage de données spécifiques obéissant à des lois géologiques complexes. Le problème rencontré alors est celui de fournir une description des phénomènes qui correspond à la loi naturelle qui les organise.

1. BASES DU TRAITEMENT

L'étude expérimentale des systèmes matériels est gênée par l'influence des bruits, phénomènes fluctuants dont l'évolution ne peut être prévue exactement. Ces bruits interviennent à double titre :

- d'une part, dans le système physique étudié,
- d'autre part, dans les mesures que le physicien effectue pour étudier le système. Ils présentent, par définition, un caractère aléatoire.

Le fait de parler d'un bruit implique que l'on considère, dans les mesures effectuées, un signal utile. Leur caractère est plus ambigu; ils présentent

- une partie certaine, pouvant être calculée ou décrite d'après des conditions initiales et une loi d'évolution,
- une partie aléatoire, due à l'influence du bruit (Radix, 1970).

En géologie, les "événements" observés sont en règle générale individuellement circonscrits; il existe une distance physique à partir de laquelle on peut définir qu'ils n'ont plus d'incidence "significative" sur les mesures (voir à ce propos la notion de "profondeur de pénétration" en prospection électromagnétique, Chapel, 1980, et Kazmitcheff, 1974). Ils possèdent en outre des propriétés directionnelles et spatiales précises et, en particulier, on peut dire qu'à une période spatiale correspond un événement précis. Ces événements peuvent néanmoins influencer diversement les mesures; a priori, il n'est pas possible de préciser les pondérations de chaque événement dans la mesure prise sans un modèle mathématique du cas envisagé.

Le problème peut maintenant être précisé : connaissant la valeur mesurée, il s'agit . de faire une estimation de la valeur réelle à l'endroit de la mesure; . de discriminer les événements responsables de ces valeurs réelles, qui présentent souvent des orientations masquées localement par des événements perturbateurs d'orientation différente. Pour ce faire, il est nécessaire de mettre en oeuvre un filtre, qu'on peut définir comme une opération consistant à isoler un signal utile, correspondant idéalement à un seul événement. Dans la réalité, il s'agit le plus souvent d'une série d'opérations ayant chacune un effet partiel. Il est à remarquer ici que l'échantillonnage est déjà un filtre en lui-même : le pas d'échantillonnage et la longueur de cet échantillonnage sont deux paramètres qui influencent les résultats de l'interprétation des

mesures. Selon que les échantillons seront pris de manière rapprochée ou non, certains phénomènes pourront disparaître ou bien apparaître de manière amplifiée.

Le traitement à appliquer aux mesures obtenues sera choisi en fonction de sa facilité d'utilisation et d'une description mathématique possible des phénomènes.

La géophysique utilise déjà depuis plusieurs années les transformations par séries de Fourier (sismique, magnétisme, gravimétrie, voir par exemple Gérard, Parasnis (1975), Waters (1978), Al Sadi (1980), Aki et Richards (1980) ...). Celles-ci permettent de transformer les données dépendant d'un repère spatial (s) ou temporel (t) en un champ de données dépendant d'un repère fréquentiel (s^{-1} ou t^{-1}).

Cette transformation facilite des opérations très utiles dans l'application du filtre et, par là-même, le traitement des données obtenues. Très complexes dans le domaine spatial ou temporel, la convolution et la déconvolution se ramènent à de simples multiplications ou divisions dans le domaine fréquentiel. Les filtres directionnels et fréquentiels deviennent beaucoup plus aisés. De plus, c'est grâce à l'étude de la répartition de l'énergie associée au domaine fréquentiel que peut se faire la détermination des filtres à appliquer aux mesures. Ce domaine important relève de l'analyse spectrale, et de nombreux auteurs l'ont étudiée dans son cas général (Jenkins et Watts (1968), Bath (1974), Oppenheim (1975), Chatfield (1975), Al Sadi (1980) ...).

C'est sur base de ces considérations qu'ont été traitées les mesures obtenues par une prospection électromagnétique VLF.

2. LE TRAITEMENT APPLIQUÉ AUX MESURES VLF-EM

2.1. APPAREILLAGE

L'appareil utilisé, le Geonic EM 16R, a déjà fait l'objet de plusieurs publications décrivant ses diverses caractéristiques et possibilités (Paterson et Ronka (1971), Detournay (1978) ...). Il mesure les paramètres de l'interférence entre un champ électromagnétique primaire pouvant être considéré comme une onde plane et le champ secondaire induit par un conducteur isolé du sous-sol. Ces paramètres sont ceux caractérisant l'ellipse de polarisation (Paterson et Ronka, 1971) résultant de l'interférence entre les deux champs. Il s'agit de ϵ , représentant l'excentricité de l'ellipse de polarisation à l'endroit où est effectuée la mesure, et l'angle θ , inclinaison du grand axe de cette ellipse sur l'horizontale.

Soit \vec{H}_{p0} , l'amplitude du champ primaire, et \vec{H}_{s0} celle du champ secondaire induit par le conducteur.

$$\text{On a : } \vec{H}_p = \vec{H}_{p0} \sin \omega t$$

$$\vec{H}_s = \vec{H}_{s0} \sin (\omega t + \phi)$$

avec ϕ le déphasage du champ secondaire sur le champ primaire (qui serait égal à $\pi/2$ si le conducteur était purement résistif).

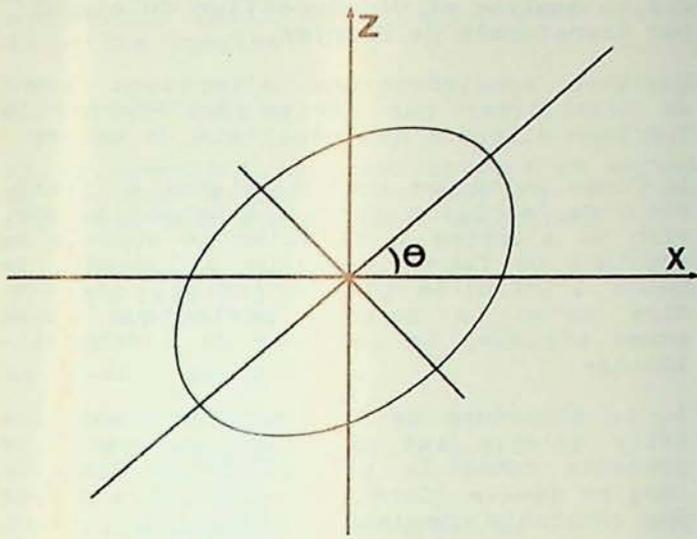


Fig. 1 : Ellipse de polarisation

Soit α l'angle formé par \vec{H}_{so} et \vec{H}_{po} .

On aura : $\vec{H}_{sx} = \vec{H}_{so} \cos \alpha \sin(\omega t + \phi)$

$\vec{H}_{sy} = \vec{H}_{so} \sin \alpha \sin(\omega t + \phi)$

Quand l'amplitude du champ secondaire est beaucoup plus petite que celle du champ primaire (ce qui est le cas pratique), on peut montrer que :

$$\epsilon = \frac{H_{so}}{H_{po}} \sin \alpha \sin \phi$$

$$\text{tg } \theta = \frac{H_{so}}{H_{po}} \sin \alpha \cos \phi$$

2.2. METHODE

Pour pouvoir traiter par transformation de Fourier un ensemble de mesures, il est nécessaire qu'elles soient réparties selon un canevas précis, par exemple selon un maillage rectangulaire. Il faut de plus transformer les équations afin de les rendre plus aptes à être manipulées pour le traitement. Ce sont ces transformations associées aux séries de Fourier qui amènent de nouveaux développements quant aux interprétations possibles d'une prospection VLF.

2.2.1. Développement de la méthode. Modélisation des mesures

Considérons $\text{tg } \theta$ et ϵ relatifs à une source secondaire isolée, comme la somme d'un nombre réel et d'un nombre imaginaire.

Cela donne :

$$\text{tg } \theta + i \epsilon = \frac{H_{so}}{H_{po}} \sin \alpha \cos \phi$$

$$+ i \frac{H_{so}}{H_{po}} \sin \alpha \sin \phi$$

Et par application des formules d'Euler :

$$\text{tg } \theta + i \epsilon = \frac{H_{so}}{H_{po}} e^{i\phi} \sin \alpha$$

Dans la pratique du terrain, la mesure en chaque point est le résultat des influences à cet endroit de tous les conducteurs contenus dans le terrain, à des degrés divers

fonction de leurs caractéristiques géométriques et électriques. Chaque conducteur engendrera une anomalie possédant

- un déphasage qui lui est propre, puisque, pour une fréquence donnée, le déphasage est une constante fonction de son impédance propre,

- un $\vec{H}_{so} \sin \alpha$ variant spatialement d'une manière qui lui est propre, puisque l'amplitude et la période de la variation spatiale dépendent de la géométrie et de la profondeur du conducteur.

2.2.2. Evaluation du facteur de variation spatiale

La variation d'amplitude de H_{so} en fonction de l'endroit où la mesure est faite peut se ramener à une fonction de l'angle α . En effet, si on assimile le conducteur à une ligne de courant, le champ magnétique β engendré par cette ligne de courant est inversement proportionnel à la distance à cette ligne de courant :

$$\beta = \frac{\mu I}{2\pi R}$$

On a ainsi $\left(\frac{H_{so}}{H_{po}}\right) = f(H_{so})$

où H_{po} est considéré comme constant sur la zone de prospection.

H_{so}/H_{po} donne l'amplitude relative de la variation du champ secondaire induit par un conducteur du terrain. Or H_{so} en un point est proportionnel à $1/R$, donc à $1/\sqrt{x^2 + d^2}$, avec

x la distance du point de mesure au point situé à l'aplomb de la source secondaire, d la profondeur de la source secondaire.

L'expérience montre que, pour des conducteurs situés à faible profondeur, l'hypothèse des lignes de courant conduit à une assez forte surestimation. A partir de 30 à 50 m de profondeur, l'évaluation est nettement meilleure. Dans le cas d'un filon, l'effet pelliculaire est assez important, vu les fréquences utilisées; on peut alors l'assimiler à une boucle qui coïnciderait grosso modo à son contour. Si la profondeur est suffisante, cette boucle est approximée de manière satisfaisante par une ligne de courant (Coipel, 1978).

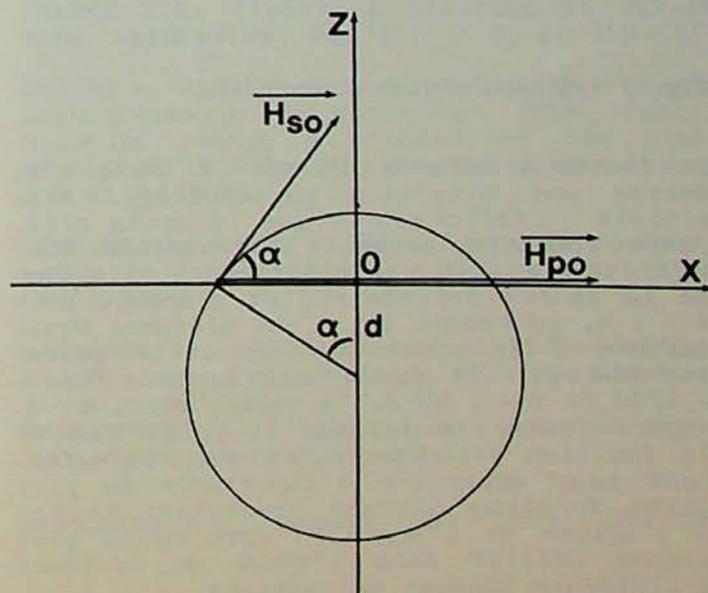


Fig. 2 : Représentation de la géométrie de l'anomalie dans le cas d'une ligne de courant

Donc, si $B = \frac{\mu I}{2\pi R}$, on peut considérer que $\frac{\mu I}{2\pi}$ est constant, équivalent à l'effet inducteur de H_{po} .

Ainsi, H_{so}/H_{po} devient : Cste. $(1/R)$. Or, $1/R = (\cos \alpha)/d$;

$$\Rightarrow \frac{H_{so}}{H_{po}} = \text{Cste} \frac{\cos \alpha}{d}$$

L'effet mesuré ($\text{tg} \theta + 1 \epsilon$) devient

$$e^{i\phi} \sin \alpha \text{ Cste} \cos \alpha \frac{1}{d} = e^{i\phi} (\text{Cste}/d) \frac{1}{2} \sin 2\alpha$$

Si on veut une fonction de la position x de la mesure sur le terrain, il faut transformer α . Si l'origine des axes est fixée à l'aplomb de la source secondaire,

$$\alpha = \text{arctg} \left(\frac{x}{d} \right)$$

Grâce à cela, l'effet mesuré devient :

$$e^{i\phi} (\text{Cste}/2d) \sin(2 \text{arctg} \frac{x}{d})$$

La variation de la mesure est déterminée par $\sin(2 \text{arctg} \frac{x}{d})$.

Cette fonction impaire passe par 0 à l'aplomb de la source, possède deux extrêmes à une distance égale à la profondeur de cette source de part et d'autre, et tend vers 0 pour x tendant vers l'infini.

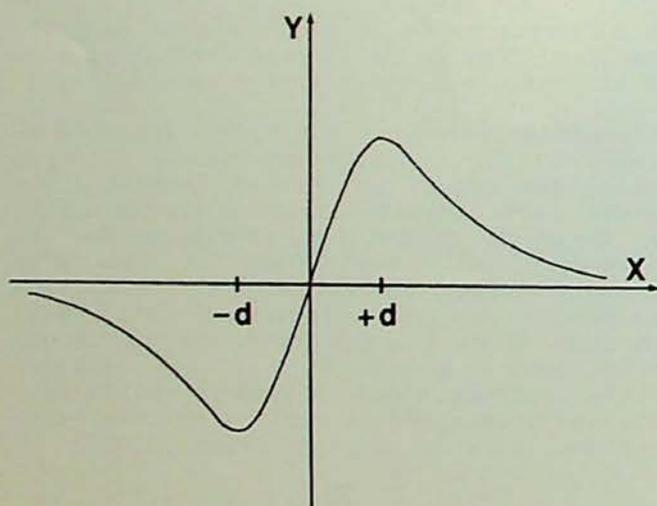


Fig. 3 : Schéma de $\sin 2 (\text{arctg} x/d)$

La fonction dérivée de $\sin (2 \text{arctg} x/d)$ mérite une attention particulière. Elle s'écrit : $2d/(d^2 + x^2) \cos (2 \text{arctg} x/d)$. Cette fonction présente un maximum $f(x) = 2/d$ en $x = 0$, c'est-à-dire à l'aplomb de la source secondaire, et s'annule pour $x = \pm d$, autrement dit à une distance équivalente à la profondeur de cette source secondaire. Elle présente un minimum $f(x) = -1/4d$ en $x = \pm \sqrt{3} d$. La valeur absolue du rapport entre le maximum et le minimum de la fonction est donc 8, ce qui est suffisant pour apprécier l'importance du pic. Cette fonction dérivée présentant un pic à l'aplomb de l'anomalie sera de la plus grande utilité dans l'étude de systèmes à plusieurs sources secondaires.

2.2.3. Analyse et décomposition du signal par transformée de Fourier

Quelques considérations s'imposent avant de transformer par séries de Fourier la fonction discrète des résultats de mesure.

1. Comme on ignore tout du signal à l'extérieur de la région où on l'a échantillonné, rien ne s'oppose à ce qu'on le suppose se répétant de façon identique à lui-même de moins l'infini à plus l'infini, c'est-à-dire qu'on le suppose périodique, avec comme période, la longueur de l'échantillonnage.

2. La structure de la fonction d'anomalie telle qu'elle est modélisée ci-dessus se présente comme le produit d'une fonction impaire réelle (Cste. $\sin 2 \text{arctg} x/d$) par une constante complexe ($\exp(i\phi)$).

3. L'application de la T.F. au champ prospecté introduit une contrainte supplémentaire : on attribue un système d'axes et une origine au champ. Cette origine ne coïncide pas en général avec le point situé à l'aplomb de la source secondaire. Ceci entraîne la disparition de l'imparité de la fonction par rapport à l'origine des axes. Cette imparité peut être retrouvée moyennant une translation adéquate de la fonction; cette translation se traduit mathématiquement par la convolution de la fonction par une fonction de Dirac positionnée à l'aplomb de cette source.

L'anomalie engendrée par un conducteur secondaire se traduira donc comme suit :

$$(F.I.R. \cdot e^{i\phi}) * d(e-\psi)$$

avec F.I.R la fonction d'anomalie impaire réelle,
 ϕ le déphasage électrique,
 $*$ le symbole représentant l'opération de convolution,
 $d(e-\psi)$ la fonction de Dirac décentrée de ψ par rapport à l'origine des axes.

Les transformations par séries de Fourier jouissent des propriétés suivantes :

- . La T.F. du produit d'une fonction par une constante est égale au produit de la T.F. par cette constante.
- . La T.F. du produit de convolution de deux fonctions est égale au produit des T.F. de chaque fonction.
- . La T.F. d'une fonction de Dirac $d(e-\psi)$ s'écrit $\exp(-i\omega\psi)$, avec ω le produit de la fréquence relative au coefficient de Fourier par 2π .
- . La T.F. d'une fonction impaire réelle est une fonction imaginaire pure.

Ainsi, lorsqu'on transforme par série de Fourier la fonction des résultats de prospection, on obtiendra comme coefficients de Fourier

$$\underbrace{[T.F.(F.I.R)]}_{\text{nombre imaginaire pur}} \cdot e^{i\phi} \cdot e^{-i\omega\psi}$$

nombre imaginaire pur

Si on multiplie ces coefficients par i , on obtiendra :

$$\underbrace{[i T.F.(F.I.R)]}_{\text{nombre réel pur}} \cdot e^{i(\phi - \omega\psi)},$$

nombre réel pur

ce qui est une forme canonique des nombres complexes. Le module et l'argument d'un nombre complexe écrit sous cette forme s'écrivent (soit R la partie réelle et I la partie imaginaire) :

$$\phi - \omega\psi = \arctg \left(\frac{I}{R} \right).$$

En recommençant le développement en séries de Fourier à partir de $\text{tg}\theta - i\varepsilon$, et donc (Hso/Hpo) $\sin \alpha \exp(-i\phi)$, on obtient :

$$[i \text{ T.F. (F.I.R.)}] \cdot e^{i(-\phi - \omega\psi)}$$

$$\text{et } -\phi - \omega\psi = \arctg \left(\frac{I'}{R'} \right).$$

$$\text{Donc, } \phi = (\arctg \frac{I}{R} - \arctg \frac{I'}{R'})/2$$

$$\text{et } \psi = -(\arctg \frac{I}{R} + \arctg \frac{I'}{R'})/2\omega$$

Mais en réalité, ce qu'on mesure est une somme de signaux relatifs à différents conducteurs de position différente (possédant ainsi des ϕ et des ψ différents). Sachant que la T.F. d'une somme de fonctions est égale à la somme des T.F. de chaque fonction, la T.F. du signal mesuré sera la somme des transformées du signal élémentaire engendré par chaque source secondaire. La T.F. des mesures sera :

$$S(\omega) = \sum_{c=1}^n [\text{T.F. (F.I.R.)}]_c e^{i(\phi_c - \omega\psi_c)}$$

avec c l'indice, ϕ_c la phase et ψ_c le décalage par rapport à l'origine relatifs à un conducteur.

Or, en supposant qu'à une fréquence spatiale déterminée correspond un seul événement, chaque coefficient sera caractérisé par une phase et un décalage qui correspondent à une seule et même source. Cette hypothèse justifie le calcul d'une phase et d'un décalage pour un coefficient de Fourier. Il devient possible d'attribuer, sur base de la phase et du décalage, chaque coefficient de Fourier à une source secondaire précise. Ceci sera surtout vrai dans le cas d'une source secondaire importante, masquée par des phénomènes parasites tels que clôtures, lignes de haute tension, ... Les propriétés directionnelles des séries de Fourier permettent aussi de discriminer des événements d'importance semblable mais d'orientation différente. Une fois déterminées les fréquences contribuant à la description d'une source, il est possible de "voir" son anomalie propre en ne conservant que ces fréquences dans la synthèse de Fourier. Il devient ainsi possible de séparer les divers événements, de voir l'importance de leur champ secondaire et d'émettre des hypothèses sur leur nature grâce à l'angle de déphasage ϕ qu'on possède maintenant pour chaque longueur d'onde associée à une source particulière. La séparation des événements est une opération assez délicate basée sur l'étude du spectre d'énergie de la transformée de Fourier et l'application des filtres. Il conviendra au géologue de discerner le "bruit" du "signal utile" associé au phénomène de source secondaire recherché.

3. CONCLUSIONS

La prospection géophysique par VLF-EM était déjà connue pour sa facilité de mise en oeuvre et sa rapidité. Des études lui ont été consacrées, qui ont mis en lumière les possibilités de l'application de certains filtres simples (Fraser, 1969). Les limites de tels filtres ont poussé les géophysiciens à calculer les anomalies causées par des conducteurs de géométrie précise, c'est-à-dire de présenter des modèles (Kaikonen, 1979).

La méthode présentée ici permet la démarche inverse : à partir des signaux reçus, qui ne correspondent pas à une courbe relative à un modèle simple, on discrimine, selon leurs fréquences propres, tous les événements élémentaires constitutifs du signal composite reçu.

BIBLIOGRAPHIE

- AKI et RICHARDS (1980). Quantitative seismology - Theory and methods. W.H. Freeman and Co, San Francisco.
- AL SADI H. (1980). Seismic exploration - Technique and processing. Birkhauser Verlag, Stuttgart.
- BÅTH N. (1974). Spectral analysis in geophysics. Elsevier, Amsterdam.
- CHAPEL P. (1980). Géophysique appliquée. Dictionnaire et plan d'étude. Masson, Paris.
- CHATFIELD C. (1975). The analysis of time series : Theory and practice. Chapman and Hall, London.
- COIPEL J. (1977). Etude du potentiel métallogénique de la région de Theux. Travail de fin d'études, Université de Liège, non publié.
- DETOURNAY E. (1977). Prospection électromagnétique en VLF. Le Géonics EM 16. Annales des Mines de Belgique, décembre 1977, pp 1119-1138.
- FRASER D.C. (1969). Contouring of VLF-EM data. Geophysics, vol 34, n° 6, pp 958-967.
- GERARD A. (1975). Interprétation des champs magnétiques et de pesanteur. BRGM, Paris. Opuscule rédigé à l'intention des ingénieurs de la Compagnie Française des Pétroles et du BRGM.
- JENKINS and WATTS (1968). Spectral analysis and its applications. Holden Day, San Francisco.
- KAIKONEN P. (1979). Numerical VLF modeling. Geophysical Prospecting, 27, pp 815-834.
- KAZMITCHEFF A. (1974). Modern mineral prospecting. Casterman, Tournai.
- OPPENHEIM A.V., RONALD W.S. (1975). Digital

signal processing. Prentice Hall, New York.

PARASNIS (1962) (2e éd. 1972). Principles of applied geophysics, Appendix. Chapman and Hall, London.

PATERSON N.R. and RONKA V. (1971). Five years of surveying with the VLF-EM method. Geoexploration, 9, pp 7-26.

PHILLIPS and RICHARDS (1975). A study of the effectiveness of the VLF method for

the location of narrow mineralized fault zone. Geoexploration, 13, pp 215-226.

RADIX J.C. (1970). Introduction au filtrage numérique. Ed. Eyrolles, Paris.

SMITH B.D. and WARD S.M. (1974). Short note on the computation of polarization ellipse parameters. Geophysics, 39, n° 6, pp 867-869.

WATERS K. (1978). Reflection seismology. J. Wiley and Sons, New York.

Statistique sommaire de l'exploitation
charbonnière,
des cokeries, des fabriques d'agglomérés
et aperçu du marché des combustibles solides
en 1982

Beknopte statistiek van de kolenwinning,
de cokes- en de agglomeratenfabrieken
en overzicht van de markt van de vaste
brandstoffen in 1982

INTRODUCTION

Le présent travail donne, en attendant la publication d'éléments plus complets et plus détaillés dans la "Statistique économique des industries extractives et métallurgiques", un aperçu de l'activité et des résultats de l'industrie charbonnière belge, ainsi que de l'activité des cokeries et des fabriques d'agglomérés. Un quatrième chapitre traite du marché des combustibles solides au cours de l'année 1982.

L'attention du lecteur est toutefois attirée sur le fait que certaines des données qui suivent ont encore un caractère provisoire.

Le Directeur général des Mines,

J. MEDAETS.

WOORD VOORAF

In afwachting dat vollediger en uitvoeriger gegevens in de "Economische Statistiek van de extractieve nijverheden en de metaalnijverheid" gepubliceerd worden, geeft deze studie een kijk op de activiteit en de uitslagen van de Belgische kolennijverheid en op de activiteit van de cokes- en de agglomeratenfabrieken. Een vierde hoofdstuk handelt over de markt van de vaste brandstoffen tijdens het jaar 1982.

De aandacht van de lezer wordt erop gevestigd dat sommige van de hierna volgende gegevens nog van voorlopige aard zijn.

De Directeur-generaal der Mijnen,

J. MEDAETS.

Introduction

Chapitre I. L'industrie charbonnière belge

1. Production et stocks de houille

2. Le personnel

2.1. Effectifs

2.2. Productivité

22.1. Rendements

22.2. Indices

2.3. Durée du travail

2.4. Salaires

3. Prix des charbons

4. Résultats

Chapitre II. Les cokeries

1. Production

2. Prix

Chapitre III. Les fabriques d'agglomérés

1. Production

2. Prix

Chapitre IV. Le marché des combustibles solides

Woord vooraf

Hoofdstuk I. De Belgische kolennijverheid

1. Kolenproduktie en -voorraden

2. Personeel

2.1. Personeelsbestand

2.2. Produktiviteit

22.1. Rendementen

22.2. Indices

2.3. Arbeidsduur

2.4. Lonen

3. De kolenprijzen

4. Uitslagen

Hoofdstuk II. Cokesfabrieken

1. Produktie

2. Prijzen

Hoofdstuk III. Kolenagglomeratenfabrieken

1. Produktie

2. Prijzen

Hoofdstuk IV. De markt van vaste brandstoffen

CHAPITRE I
L'INDUSTRIE CHARBONNIERE BELGE

Section I. Production et stocks de houille

A la fin de 1982, la Belgique comptait 3 concessions actives de mines de houille exploitées par 7 sièges d'extraction, dont 1 à ciel ouvert.

En effet, depuis octobre 1980, une mine de houille à ciel ouvert est exploitée sur le territoire de la concession de la S.A. des Charbonnages du Centre de Jumet. Les résultats de ce charbonnage, appelé "Gosselies 1", ne sont pas repris dans les tableaux de la présente statistique (à l'exception du tableau 21 - Exportations). En 1982, ce charbonnage a produit 36 539 tonnes de houille. Le nombre d'ouvriers inscrits au 31 décembre était de 69, dont 46 belges et 23 étrangers. Les stocks au 31 décembre 1982 atteignaient 11 383 tonnes.

La production des mines de houille belges, qui était en 1957 encore de 29 001 330 tonnes, est tombée en 1982 à 6 538 873 tonnes.

Le tableau 1 résume l'évolution de la production nette (1) de houille du Royaume depuis 1957.

(1) Dans cette production nette, les produits cendreux (mixtes, schlams, poussières bruts) sont comptabilisés au moment de leur production et compris dans le total tonne pour tonne.

HOOFDSTUK I
DE BELGISCHE KOLENNIJVERHEID

Afdeling I. Kolenproduktie en -voorraden

Einde 1982 waren in België 3 kolenmijnconcessies in bedrijf, die door 7 winningszetsels werden ontgonnen, waaronder 1 mijn in de open lucht.

Sinds oktober 1980 wordt immers steenkool ontgonnen in een mijn in de open lucht, gelegen op het grondgebied van de concessie van de naamloze vennootschap "Charbonnages du Centre de Jumet". De uitslagen van deze steenkolenmijn, zijn in de tabellen van deze statistiek niet opgenomen (behalve in tabel 21 - Uitvoer). De produktie in 1982 bedroeg 36 539 ton en op 31 december waren er 69 arbeiders ingeschreven, nl. 46 Belgen en 23 gastarbeiders. Einde 1982 bedroeg de voorraad 11 383 ton.

De produktie van de Belgische kolenmijnen, die in 1957 nog 29 001 330 ton bedroeg, is in 1982 tot 6 538 873 ton geslonken.

Tabel 1 is het verloop van de nettoproduktie (1) van kolen in België sedert 1957 weergegeven.

(1) In deze nettoproduktie worden de produkten met hoog asgehalte (mixtekolen, kolenslik, ongewassen stofkolen) meegerekend op het ogenblik van de voortbrenging en voor hun volle gewicht in het totaal begrepen.

TABLEAU 1. Evolution de la production nette de houille de 1957 à 1982

TABEL 1. Nettoproductie van kolen van 1957 tot 1982

ANNEE JAAR	Sud - Zuiden		Nord - Noorden		Royaume - Het Rijk	
	En tonnes Ton	Indice-Index 1957 = 100	En tonnes Ton	Indice-Index 1957 = 100	En tonnes Ton	Indice-Index 1957 = 100
1957	18 670 380	100	10 330 950	100	29 001 330	100
1960	13 084 320	70	9 384 990	91	22 469 310	77
1962	11 397 050	61	9 806 650	95	21 203 700	73
1964	11 164 280	60	10 140 230	98	21 304 510	73
1966	9 009 570	48	8 489 740	82	17 449 310	60
1968	6 321 851	34	8 484 297	82	14 806 148	51
1970	4 267 293	23	7 095 000	69	11 362 893	39
1972	3 176 453	17	7 323 416	71	10 499 869	36
1974	2 037 606	11	6 073 370	59	8 110 976	29
1976	1 125 716	6	6 112 022	59	7 237 738	25
1978	527 500	3	5 962 768	58	6 590 268	23
1980	175 460	2	5 948 574	58	6 324 034	22
1982	252 000	1	6 276 874	61	6 538 874	23

Le tableau 2 donne les productions mensuelles de 1982 ainsi que la production annuelle totale.

In tabel 2 is de produktie van 1982 per maand en voor heel het jaar aangeduid.

TABLEAU 2. Production mensuelle et annuelle de houille

TABEL 2. Maandelijks en jaarlijkse steenkolenproduktie

1982

t

Mois	Sud - Zuiden	Nord - Noorden	Royaume - Het Rijk	Maanden
I	26 400	516 718	543 118	I
II	24 300	507 689	531 989	II
III	22 400	586 028	608 428	III
IV	24 300	557 329	581 629	IV
V	20 600	483 384	503 984	V
VI	22 900	534 093	556 993	VI
VII	9 600	310 821	320 421	VII
VIII	16 300	470 085	486 385	VIII
IX	26 000	588 656	614 656	IX
X	24 100	573 230	597 330	X
XI	22 300	591 222	613 522	XI
XII	22 800	557 619	580 419	XII
Total 1982	262 000	6 276 874	6 538 874	Totaal 1982
Pourcentage de la production du Royaume	4,0 %	96,0 %	100 %	Percentage van de produktie van het Rijk

La comparaison des chiffres de 1982 à ceux de 1981 (tableau 3) montre que la production du bassin du Nord a augmenté de 462 000 tonnes.

Als we de cijfers van 1982 met die van 1981 vergelijken (tabel 3), zien we dat de produktie van het Noorderbekken met 462 000 t gestegen is.

Dans le Sud, la production a baissé de 59 000 tonnes.

In het Zuiden is de produktie met 59 000 ton verminderd.

Au point de vue des stocks, l'exercice se clôture avec une augmentation de 257 270 tonnes. En 1981, ils avaient augmenté de 28 667 tonnes.

De kolenvoorraden op de mijnen zijn in de loop van 1982 met 257 270 ton toegenomen. In 1981 was er een stijging van 28 667 ton.

Les centrales électriques au charbon, qui, il y a quelques années étaient considérées comme centrales de réserve, sont de plus en plus considérées comme centrales de base.

De met kolen gestookte elektrische centrales, die enkele jaren geleden als reserve-eenheden beschouwd werden, worden hoe langer hoe meer als basiseenheden beschouwd.

Le tableau 5 montre l'évolution des stocks au cours des six dernières années, exprimés en journées de production.

In tabel 5 is het verloop van de voorraden in de loop van de jongste zes jaren in produktiedagen aangeduid.

TABLEAU 3. Comparaison des productions annuelles en 1981 et 1982

TABEL 3. Vergelijking tussen de produktie van 1981 en die van 1982

1000 t

	Production de 1981 Produktie in 1981	Production de 1982 Produktie in 1982	Différence Verschil	%	
Sud	321	262	- 59	- 18,4	Zuiden
Nord	5 815	6 277	+ 462	+ 7,9	Noorden
Royaume	6 136	6 539	+ 403	+ 6,6	Het Rijk

TABLEAU 4. Evolution mensuelle des stocks de houille

TABEL 4. De steenkolenvoorraden per maand aangeduid

en tonnes

ton

DATE DATUM	Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk	Mouvement de l'année Verschil per maand
1982				
1 - I	29 282	162 566	192 448	-
31 - I	27 282	202 870	230 152	+ 37 704
29 - II	27 972	203 390	231 362	+ 1 210
31 - III	26 957	259 038	285 995	+ 54 633
30 - IV	24 239	277 170	301 409	+ 15 414
31 - V	24 889	280 111	305 000	+ 3 591
30 - VI	24 671	324 804	349 475	+ 44 475
31 - VII	23 794	225 814	249 608	- 99 867
31 - VIII	24 794	215 770	240 564	- 9 044
30 - IX	27 958	310 210	338 168	+ 97 604
31 - X	29 304	372 921	402 225	+ 64 057
30 - XI	28 157	437 198	465 355	+ 63 130
31 - XII	26 514	423 204	449 718	- 15 637
Mouvement de l'année Verschil op 31 december	- 3 368	+ 260 638	+ 257 270	-

TABLEAU 5. Equivalent des stocks en journées de production au 31 décembre de 1977 à 1982

TABEL 5. De voorraden op 31 december van 1977 tot 1982 in produktiedagen uitgedrukt

jours

dagen

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
Sud	17,9	21,5	6,6	2,1	23,7	24,3	Zuiden
Nord	25,6	8,5	5,7	6,5	6,7	16,3	Noorden
Royaume	24,4	9,7	5,8	6,3	7,5	16,6	Het Rijk

Section II. Le personnel

Afdeling II. Personeel

2.1. Effectifs

2.1. Personeelsbestand

Le tableau 6.1. donne les effectifs ouvriers au 31 décembre 1982 en répartissant les travailleurs entre Belges et étrangers.

In tabel 6.1. is het werkliedenbestand op 31 december 1982 aangeduid; de arbeiders zijn verdeeld in Belgen en gastarbeiders.

Au niveau du Royaume, le nombre d'ouvriers inscrits au fond et à la surface a diminué de 572 unités en 1982 passant de 20 183 à 19 611. Le nombre d'ouvriers du fond atteint 16 014 en diminution de 224 unités par rapport à 1981. A la surface (3 597

Voor heel het Rijk is het aantal ingeschreven ondergrondse en bovengrondse arbeiders met 572 verminderd in 1982, nl. van 20 183 naar 19 611. Voor de ondergrond waren 16 014 arbeiders ingeschreven, d.i. 224 minder dan einde 1981. Op de boven-

inscrits), on note une diminution de 348 unités.

Pour l'ensemble des bassins du Sud, le nombre d'ouvriers inscrits au fond et à la surface a diminué de 204 unités, passant de 1 496 à 1 292. La diminution est de 165 unités au fond et de 39 à la surface.

Dans le bassin du Nord, le nombre d'ouvriers inscrits au fond et à la surface a diminué de 368 unités (18 687 contre 18 319 fin 1982). On note une diminution de 59 unités au fond et une diminution de 309 unités à la surface.

TABLEAU 6.1. Personnel inscrit fin 1982

	Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk	
FOND :				ONDERGROND :
Belges	152	8 305	8 457	Belgen
Etrangers	767	6 790	7 557	Gastarbeiders
TOTAL	919	15 095	16 014	TOTAAL
SURFACE :				BOVENGROND :
Belges	276	3 077	3 353	Belgen
Etrangers	97	147	244	Gastarbeiders
TOTAL	373	3 224	3 597	TOTAAL
FOND + SURFACE :				ONDERGROND + BOVENGROND :
Belges	428	11 382	11 810	Belgen
Etrangers	864	6 937	7 801	Gastarbeiders
TOTAL	1 292	18 319	19 611	TOTAAL

Le personnel occupé dans les mines de houille est composé pour 40 % environ de travailleurs qui n'ont pas la nationalité belge.

Au niveau du Royaume, les étrangers représentent 47,19 % des ouvriers du fond. Dans le Sud, cette proportion est de 83,46 %, tandis qu'elle est de 44,98 % dans le Nord.

Par contre, dans les installations de surface, le pourcentage de Belges est plus élevé : 93,22 % au niveau du Royaume, 73,99 % dans le Sud et 95,44 % dans le Nord.

2.2. La productivité

22.1. Rendements

La productivité, facteur primordial des résultats d'exploitation des houillères, peut être analysée, en première approximation, en calculant la production de houille réalisée en moyenne par chaque ouvrier pendant un poste de travail.

Toutefois, étant donné la différence d'un quart d'heure dans la durée des postes de travail dans les bassins du Sud et dans celui du Nord, les rendements, c'est-à-dire les productions par poste de ces bassins, ne peuvent pas être comparés directement entre eux.

grond (3 597 ingeschreven) waren er 348 minder.

In de Zuiderbekkens is het aantal ingeschreven ondergrondse en bovengrondse arbeiders met 204 verminderd, nl. van 1 496 naar 1 292. Voor de ondergrond waren er 165 minder en op de bovengrond 39.

In het Noorderbekken is het aantal ingeschreven ondergrondse en bovengrondse arbeiders met 368 afgenomen in 1982 (18 687 tegen 18 319 einde 1982). Voor de ondergrond is er een daling van 59 arbeiders en voor de bovengrond een daling van 309 arbeiders.

TABEL 6.1. Ingeschreven personeel einde 1982

Ongeveer 40 % van de arbeiders die in de kolenmijnen werken zijn niet van Belgische nationaliteit.

Voor heel het Rijk zijn 47,19 % van de ondergrondse mijnwerkers gastarbeiders. In het Zuiden is dat 83,46 %, in het Noorden 44,98 %.

Bij de bovengrondse arbeiders zijn de Belgen sterker vertegenwoordigd : 93,22 % voor heel het land, 73,99 % in het Zuiden en 95,44 % in het Noorden.

2.2. Produktiviteit

22.1. Rendementen

De produktiviteit, een zeer belangrijke faktor voor de bedrijfsuitslagen van de kolenmijnen, kan men in de eerste plaats bepalen door de gemiddelde hoeveelheid kolen te berekenen die gedurende een arbeidsdienst door een arbeider voortgebracht wordt.

Maar omdat een arbeidsdienst in het Noorderbekken een kwartier langer duurt dan in de Zuiderbekkens, kunnen de rendementen, d.w.z. de per dienst voortgebrachte hoeveelheden, van die bekkens niet rechtstreeks met elkaar vergeleken worden.

Le tableau 6.2. donne pour les années 1981 et 1982 les rendements moyens obtenus par les ouvriers de la taille, par ceux du fond et par ceux du fond et de la surface réunis.

TABLEAU 6.2. Rendements moyens

kg/poste

	Ouvriers de la taille (y compris maîtrise et surveillance) Pijlerarbeiders (inbegrepen meester- en toezichtspersoneel)		Ouvriers du fond (y compris maîtrise et surveillance) Ondergrondse arbeiders (inbegrepen meester- en toezichtspersoneel)		Ouvriers du fond et de la surface réunis (y compris maîtrise et surveillance) Ondergrondse en boven- grondse arbeiders samen (inbegrepen meester- en toezichtspersoneel)		kg/dienst
	1981	1982	1981	1982	1981	1982	
Sud	4 840	4 561	2 000	2 073	1 277	1 272	Zuiden
Nord	9 944	10 213	2 207	2 355	1 710	1 832	Noorden

22.2. Indices

Un autre moyen de mesurer la productivité du travail est de calculer les indices de productivité, définis comme le nombre de postes de travail nécessaires pour produire 100 tonnes de houille.

Ici encore, à partir du 1er janvier 1976, les postes de travail dont il est question sont des postes réels, d'une durée de 8 heures pour les ouvriers du fond et de la surface dans le Sud, et d'une durée de 8 heures 15 minutes pour les ouvriers du fond et de la surface dans le Nord. Pour les ouvriers du fond, cette durée s'entend en Belgique descente et remonte comprises.

Les tableaux 7.1. et 7.2. donnent, respectivement pour le bassin du Sud et pour le bassin du Nord, les indices taille, fond et surface séparément, exprimés en postes réels, dont la durée est précisée en tête de chaque colonne.

Le tableau 7.3. donne en outre, à titre indicatif, pour le Royaume les mêmes indices exprimés en postes de 8 heures. Les chiffres de ce dernier tableau ne sont donc directement comparables ni à ceux du tableau 7.1. ni à ceux du tableau 7.2. Ils n'ont qu'une valeur indicative car les 15 minutes de différence entre la durée du poste réel et la durée d'un poste fictif de 8 heures constituent un temps de travail effectif qui n'est pas affecté par les temps morts compris dans le poste réel (descente, remonte, trajets au fond, repas, etc.), de sorte que l'efficacité d'un poste réel de 8 heures 15 minutes est supérieur au produit de celle d'un poste réel de 8 heures par $8,25/8$.

Ces tableaux montrent que l'indice moyen global s'est amélioré en 1982 dans le Sud et dans le Nord.

Au niveau du Royaume, les indices moyens, exprimés en postes de huit heures, marquent une évolution favorable.

In tabel 6.2. zijn de gemiddelde rendementen van de pijlerarbeiders, de ondergrondse arbeiders en de ondergrondse en bovengrondse arbeiders samen voor de jaren 1981 en 1982 aangeduid.

TABEL 6.2. Gemiddelde rendementen

kg/dienst

22.2. Indices

Een ander middel om de arbeidsproductiviteit te meten bestaat in het berekenen van de produktiviteitsindices, d.i. het aantal arbeidsdiensten die nodig zijn om 100 ton kolen voort te brengen.

Ook hier gaat het over arbeidsdiensten van werkelijke duur, d.w.z., sinds 1 januari 1976, 8 uren voor al de arbeiders in het Zuiden en 8 uren 15 minuten voor al de arbeiders in het Noorden. In België is de tijd voor het afdalen en het opstijgen van ondergrondse arbeiders in deze tijden begrepen.

In de tabellen 7.1. en 7.2. zijn, onderscheidenlijk voor het Zuiderbekken en voor het Noorden, de pijlers-, de ondergrondse en de bovengrondse indices aangeduid in werkelijke diensten, waarvan de duur boven de kolommen vermeld is.

In tabel 7.3. zijn die indices bovendien voor heel het Rijk in diensten van 8 uren omgerekend. De cijfers van deze tabel kunnen niet rechtstreeks met die van tabel 7.1., noch met die van tabel 7.2. vergeleken worden. Zij zijn slechts een aanwijzing, want de 15 minuten verschil tussen de duur van de werkelijke dienst en die van een fictieve dienst van 8 uren zijn eigenlijke arbeidstijd zonder verlies voor de verlettijden die in de werkelijke dienst begrepen zijn (af dalen, opstijgen, ondergronds traject, schafttijd, enz.), zodat het nuttig effect van een werkelijke dienst van 8 uren 15 minuten groter is dan dat van een werkelijke dienst van 8 uren vermenigvuldigd met $8,25/8$.

Uit deze tabellen blijkt dat de gemiddelde algemene index in 1982 in het Zuiden en in het Noorden verbeterd is.

Voor heel het Rijk verlopen de gemiddelde indices, in diensten van 8 uren omgerekend, in gunstige zin.

TABLEAU 7.1. Evolution des indices de productivité de 1982 par rapport à l'indice moyen de 1981

TABEL 7.1. Verloop van de produktiviteitsindices van 1982 in vergelijking met de gemiddelde indices van 1981

NOMBRE DE POSTES DE TRAVAIL PRESTES
PAR 100 TONNES NETTES
DE HOUILLE EXTRAITE

AANTAL ARBEIDSDIENSTEN
VOOR EEN NETTOPRODUKTIE VAN 100 T
KOLEN

SUD - ZUIDEN

1982

MOIS MAANDEN	Ouvriers de la taille (postes de 8 h) Pijlararbeiders (8 h diensten)		Autres ouvriers du fond (postes de 8 h) Andere ondergrondse arbeiders (8 h diensten)		Tous ouvriers du fond (postes de 8 h) Alle ondergrondse arbeiders (8 h diensten)		Ouvriers de la surface (postes de 8 h) Bovengrondse arbeiders (8 h diensten)		Tous ouvriers fond et surface (postes réels) Alle arbeiders onder- en bovengrond (werkelijke dienst.)	
	(1)		(2)		(3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)	
	Indices	Gain - ou perte + Minst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Minst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Minst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Minst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Minst - of verlies +
I	21,66	+ 1,00	28,00	- 1,12	49,66	- 0,12	27,17	- 1,37	76,83	- 1,49
II	21,52	+ 0,86	27,32	- 1,80	48,84	- 0,94	27,44	- 1,10	76,28	- 2,04
III	26,36	+ 5,70	30,29	+ 1,17	56,65	+ 6,87	34,75	+ 6,21	91,40	+ 13,08
IV	20,85	+ 0,19	25,19	- 3,93	46,04	- 3,74	29,00	+ 0,46	75,04	- 3,28
V	20,62	- 0,04	27,10	- 2,02	47,72	- 2,06	29,94	+ 1,40	77,66	- 0,66
VI	19,20	- 1,46	26,13	- 2,99	45,33	- 4,45	32,50	+ 3,96	77,83	- 0,49
VII	18,32	- 2,34	27,59	- 1,53	45,91	- 3,87	47,31	+ 18,77	93,22	+ 14,90
VIII	20,93	+ 0,27	24,00	- 5,12	44,93	- 4,85	35,33	+ 6,79	80,26	+ 1,94
IX	21,66	+ 1,00	23,47	- 5,65	45,13	- 4,65	27,15	- 1,39	72,28	- 6,04
X	22,74	+ 2,08	24,90	- 4,22	47,64	- 2,14	28,58	+ 0,04	76,22	- 2,10
XI	23,47	+ 2,81	25,88	- 3,24	49,35	- 0,43	29,08	+ 0,54	78,43	+ 0,11
XII	23,57	+ 2,91	26,42	- 2,70	49,99	+ 0,21	28,95	+ 0,41	78,94	+ 0,62
Moyenne annuelle 1982 Jaargemiddelde 1982	21,93	+ 1,27	26,32	- 2,80	48,25	- 1,53	30,39	+ 1,85	78,64	+ 0,32
Moyenne annuelle 1981 Jaargemiddelde 1981	20,66		29,12		49,78		28,54		78,32	



TABLEAU 7.2.

TABEL 7.2.

NORD - WOORDEN

1982

MOIS MAANDEN	Ouvriers de la taille (postes de 8 h 15) Pijler- arbeiders (diensten van 8 h 15)		Autres ouvriers du fond (postes de 8 h 15) Andere onder- grondse arbeiders (diensten van 8 h 15)		Tous ouvriers fond (postes de 8 h 15) Alle onder- grondse arbeiders (diensten van 8 h 15)		Ouvriers de la surface (postes de 8 h 15) Bovengrondse arbeiders (diensten van 8 h 15)		Tous ouvriers fond et surface (postes réels) Alle arbeiders ouder- en bovengrond- (werkeleke dienst.)	
	(1)		(2)		(3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)	
	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +
I	10,08	+ 0,02	35,36	+ 0,12	45,44	+ 0,14	12,91	- 0,24	58,35	- 0,10
II	9,86	- 0,20	34,25	- 0,99	44,11	- 1,19	12,64	- 0,51	56,75	- 1,70
III	9,56	- 0,50	33,64	- 1,60	43,20	- 2,10	12,53	- 0,62	55,73	- 2,72
IV	9,50	- 0,56	33,11	- 2,13	42,61	- 2,69	12,11	- 1,04	54,72	- 3,73
V	9,33	- 0,73	32,89	- 2,35	42,22	- 3,08	11,90	- 1,25	54,12	- 4,33
VI	9,91	- 0,15	32,13	- 3,11	42,04	- 3,26	12,44	- 0,71	54,48	- 3,97
VII	10,44	+ 0,38	33,83	- 1,41	44,27	- 1,03	15,43	+ 2,28	59,70	- 1,25
VIII	10,18	+ 0,12	33,44	- 1,80	43,62	- 1,68	13,13	- 0,02	56,75	- 1,70
IX	9,30	- 0,76	31,20	- 4,04	40,50	- 4,80	11,49	- 1,66	51,99	- 6,46
X	9,82	- 0,24	31,88	- 3,36	41,70	- 3,60	11,44	- 1,71	53,14	- 5,31
XI	10,02	- 0,04	31,50	- 3,74	41,52	- 3,78	10,13	- 3,02	52,64	- 5,81
XII	9,85	- 0,21	29,89	- 5,35	39,74	- 5,56	10,27	- 2,88	50,01	- 8,44
Moyenne annuelle 1982 Jaargemiddelde 1982	9,79	- 0,27	32,67	- 2,57	42,46	- 2,84	12,13	- 1,02	54,59	- 3,86
Moyenne annuelle 1981 Jaargemiddelde 1981	10,06		35,24		45,30		13,15		58,45	

TABLEAU 7.3.

TABEL 7.3.

ROYAUME - HET RIJK

Postes réels convertis en postes de 8 h

Merkelijke diensten in diensten van 8 h omgerekend

MOIS MAANDEN	Ouvriers de la taille Pijler- arbeiders		Autres ouvriers du fond Andere onder- grondse arbeiders		Tous ouvriers fond Alle onder- grondse arbeiders		Ouvriers de la surface Bovengrondse arbeiders		Tous ouvriers fond et surface Alle arbeiders onder- en bovengrond	
	(1)		(2)		(3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)	
	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +	Indices	Gain - ou perte + Winst - of verlies +
I	10,93	+ 0,03	36,01	+ 0,08	46,94	+ 0,11	13,98	- 0,34	60,92	- 0,23
II	10,39	- 0,51	35,20	- 0,73	45,59	- 1,24	13,68	- 0,64	59,27	- 1,88
III	10,45	- 0,45	34,49	- 1,44	44,94	- 1,89	13,71	- 0,61	58,65	- 2,50
IV	10,25	- 0,65	33,73	- 2,20	43,98	- 2,85	13,16	- 1,16	57,14	- 4,01
V	10,06	- 0,84	33,60	- 2,33	43,66	- 3,17	12,97	- 1,35	56,63	- 4,52
VI	10,58	- 0,32	32,80	- 3,13	43,38	- 3,45	12,18	- 2,14	55,56	- 5,59
VII	10,98	+ 0,08	34,63	- 1,30	45,61	- 1,22	16,83	+ 2,51	62,44	+ 1,29
VIII	10,84	- 0,06	34,09	- 1,84	44,93	- 1,90	14,26	- 0,06	59,19	- 1,96
IX	10,09	- 0,81	31,77	- 4,16	41,86	- 4,97	12,48	- 1,84	54,34	- 6,81
X	8,95	- 1,95	34,19	- 1,74	43,14	- 3,69	12,46	- 1,86	55,60	- 5,55
XI	9,16	- 1,74	33,85	- 2,08	43,01	- 3,82	12,09	- 2,23	55,10	- 6,05
XII	10,67	- 0,23	30,62	- 5,31	41,29	- 5,54	11,30	- 3,02	52,59	- 8,56
Moyenne annuelle 1982 Jaargemiddelde 1982	10,56	- 0,34	33,35	- 2,58	43,91	- 2,92	13,22	- 1,10	57,13	- 4,02
Moyenne annuelle 1981 Jaargemiddelde 1981	10,90		35,93		46,83		14,32		61,15	

2.3. Durée du travail

A partir du 1er janvier 1976, la durée du travail des ouvriers de la surface a été réduite de 15 minutes par jour. La durée du poste de travail de tous les ouvriers est ainsi portée à 8 heures dans les bassins du Sud et à 8 heures 15 minutes dans le Nord.

La semaine de cinq jours avec samedi chômé est appliquée partout depuis juillet 1968.

La convention qui en détermine les modalités d'application fixe le nombre de journées de travail offertes à chaque ouvrier pendant les jours normalement ouverts par période fixe de 52 semaines à 230 en Campine et à 218 dans les bassins du Sud (convention du 19 janvier 1968).

Dans un siège déterminé, un jour est dit "ouvré" lorsque l'effectif normal des ouvriers du fond a été appelé au travail, et qu'il a effectivement travaillé, quelle que soit l'extraction réalisée.

Au cas où une fraction de n % de l'effectif inscrit du fond est convoquée (un poste de travail par exemple), on considère qu'il s'agit d'une fraction de n % de jour ouvré.

2.3. Arbeidsduur

Sinds 1 januari 1976 is de arbeidsduur per dag voor de bovengrondse arbeiders met 15 minuten verminderd. Voor al de arbeiders duurt de werkdag nu 8 uren in het Zuiden en 8 uren 15 minuten in het Noorden.

Sinds juli 1968 wordt de vijfdaagse week, met de zaterdag als rustdag, overal toegepast.

De overeenkomst die de toepassingsmodaliteiten van deze regeling bepaalt, heeft het aantal dagen waarop een arbeider op de gewerkte dagen normaal kan werken op 230 per vaste periode van 52 weken vastgesteld in de Kempen en op 218 in de Zuiderbeken (overeenkomst van 19 januari 1968).

In een bepaalde zetel noemt men een "gewerkte dag" iedere dag waarop het normale aantal voor de ondergrond ingeschreven arbeiders verzocht was te werken en daadwerkelijk gewerkt heeft, om het even hoeveel kolen opgehaald zijn.

Was slechts n % van het ondergronds personeel opgeroepen (één dienst b.v.), dan wordt die dag als n % van een gewerkte dag beschouwd.

Les jours où un effectif restreint d'ouvriers d'entretien est seul appelé au travail ne sont pas considérés comme jours ouvrés.

Le nombre moyen de jours de présence effective des ouvriers du fond a évolué comme suit au cours des dernières années (tableau 8).

TABLEAU 8. Jours de présence

Année Jaar	Jours de présence par an Aanwezigheidsdagen per jaar	Année Jaar	Jours de présence par an Aanwezigheidsdagen per jaar
1957	230,0	1970	174,8
1960	190,0	1972	183,4
1962	201,2	1974	177,1
1964	206,5	1976	174,5
1966	192,8	1978	171,7
1968	191,0	1980	177,0
		1982	181,9

Ce nombre moyen est de 185,5 dans le Nord et de 127,1 dans le Sud.

Le lecteur trouvera plus de détails à ce sujet dans les "Aspects techniques de l'Industrie charbonnière belge en 1982", étude qui sera publiée ultérieurement.

TABLEAU 9. Nombre de jours ouvrés et production moyenne en tonnes par jour ouvré

MOIS MAAND	Sud		Nord		Royaume	
	Jours ouvrés Gewerkte dagen	Prod. Journ. Dag. Prod.	Jours ouvrés Gewerkte dagen	Prod. Journ. Dag. Prod.	Jours ouvrés Gewerkte dagen	Prod. Journ. Dag. Prod.
	Zuiden		Noorden		Het Rijk	
1982 I	20,00	1 320	20,00	25 835	20,00	27 155
II	19,00	1 279	18,87	26 905	18,88	28 177
III	23,00	974	20,79	28 188	20,93	29 069
IV	21,00	1 157	21,00	26 539	21,00	27 696
V	18,00	1 144	18,00	26 854	18,00	27 998
VI	22,00	1 041	21,00	25 433	21,04	26 474
VII	12,00	800	16,74	18 568	16,45	19 478
VIII	21,00	776	21,54	21 823	21,51	22 612
IX	22,00	1 182	22,00	26 757	22,00	27 939
X	21,00	1 148	21,00	27 297	21,00	28 445
XI	19,00	1 174	21,00	28 153	20,88	29 383
XII	22,00	1 036	20,00	27 880	20,12	28 848
Total - Totaal						
Moyenne de l'année * Jaargemiddelde *	240,00	1 092	241,94	25 944	241,81	27 041

(*) Pour une région considérée, la production moyenne par jour ouvré est le quotient de la production annuelle totale de cette région par le nombre de jours ouvrés de cette région.

Il convient de noter ici qu'au Nord, il n'y a pas d'interruption collective du travail pour congés payés : les congés octroyés à chaque ouvrier sont répartis sur une longue période sans que l'extraction soit interrompue.

Dagen waarop enkel een beperkt aantal onderhoudswerklieden verzocht waren te werken, worden niet als gewerkte dagen beschouwd.

Het gemiddeld aantal dagen waarop de ondergrondse mijnwerkers daadwerkelijk aanwezig waren is tijdens de jongste jaren als volgt verlopen (tabel 8).

TABEL 8. Aanwezigheidsdagen

In het Noorden was dat 185,5 dagen en in het Zuiden 127,1 dagen.

Meer bijzonderheden hierover zullen later in de "Technische kenmerken van de Belgische kolenontginning in 1982" gepubliceerd worden.

TABEL 9. Aantal gewerkte dagen en gemiddelde produktie in ton per gewerkte dag

1982

(*) Voor een bepaalde streek bekomt men de gemiddelde produktie per gewerkte dag door de totale jaarproduktie van de streek door het aantal gewerkte dagen van de streek te delen.

Hierbij dient aangestipt, dat in het Noorden het werk niet stilgelegd wordt voor de vakantie. De verlofdagen die aan iedere arbeider worden toegestaan, worden over een lange periode gespreid, zonder dat de kolenwinning stilgelegd wordt.

Cette circonstance explique que le nombre de jours ouvrés dans ce bassin soit notablement supérieur en juillet au nombre correspondant pour le Sud (16,74 contre 12,00), comme l'indique le tableau 9.

Par ailleurs, la durée de l'interruption collective du travail à l'époque des congés payés est de trois ou de quatre semaines, les jours de la quatrième semaine de congé étant parfois pris individuellement pendant les jours ouvrés.

2.4. Salaires

Les chiffres de salaires qui sont fournis ci-après tiennent uniquement compte des salaires gagnés au cours de prestations effectives normales à l'exclusion de toute rémunération pour heures supplémentaires ou prestations supplémentaires des dimanches et jours fériés. Le salaire journalier moyen brut a été obtenu en divisant le montant total des salaires bruts gagnés pour prestations normales par le nombre total de postes d'une durée réelle de 8 h ou 8 h 15 selon le régime de travail en vigueur dans le bassin considéré.

Le tableau 10 donne en détail, pour les deux régions minières belges, les salaires journaliers moyens bruts des ouvriers à veine, des ouvriers du fond en général et des ouvriers de la surface, ainsi que de l'ensemble des ouvriers du fond et de la surface.

On observera qu'en application de la convention du 30 décembre 1970, liant les salaires à l'indice des prix à la consommation, le salaire journalier normal moyen brut toutes catégories a subi en 1982 une augmentation nominale de 6,2 % toutes catégories réunies et pour le Royaume.

TABLEAU 10. Salaires journaliers moyens bruts

en F

	Ouvriers à veine Kolenhouders	Ouvriers du fond (ouv. à veine compris) Ondergrondse arbeiders (houders inbegrepen)	Ouvriers de la surface Bovengrondse arbeiders	Ouvriers de toutes catégories (fond et surface) Alle categorieën arbeiders (onder- en bovengrond)
Sud - Zuiden	-	3 181,09	2 111,43	2 799,36
Nord - Noorden	3 068,20	2 702,16	2 191,99	2 590,85
Royaume - Het Rijk	-	2 723,87	2 185,04	2 602,23

Le tableau 11 donne pour chaque région le salaire brut par tonne nette extraite.

TABLEAU 11. Salaires bruts par tonne nette extraite

en F

	Salaires bruts par tonne nette extraite Brutolonen per netto gewonnen ton		Augmentation par rapport à 1981 Verschil ten opzichte van 1981		
	1981	1982			
Sud	1 884,15	2 043,75	+ 159,60	+ 8,47 %	Zuiden
Nord	1 379,59	1 367,98	- 11,61	- 0,08 %	Noorden
Royaume	1 405,99	1 395,06	- 10,93	- 0,08 %	Het Rijk

Dit verklaart waarom het aantal gewerkte dagen in juli in het Noorden veel hoger ligt dan in het Zuiden (16,74 tegen 12,00), zoals uit tabel 9 blijkt.

Verder wordt het werk drie of vier weken stilgelegd ten tijde van de vakantie; de verlofdagen van de vierde week worden soms op gewerkte dagen genomen.

2.4. Lonen

De hieronder aangeduide lonen houden alleen rekening met het loon verdiend met werkelijk verrichte en normale prestaties, met uitsluiting van elke bezoldiging voor overuren, zondagwerk of prestaties op feestdagen. Het gemiddelde brutodagloon is verkregen door het totaal bedrag van de brutolonen verdiend met normale prestaties te delen door het totaal aantal diensten met een werkelijke duur van 8 uren of 8 uren 15 minuten, naargelang van de arbeidsregeling die in het beschouwde bekken van kracht is.

In tabel 10 zijn de gemiddelde brutolonen per dag van de houters, de ondergrondse, de bovengrondse, en de ondergrondse en bovengrondse arbeiders samen voor elk van de twee Belgische mijnstreken aangeduid.

Men ziet dat het gemiddeld normaal brutoloon per dag een nominale stijging meegeeft van 6,2 % voor alle categorieën arbeiders samen in heel het Rijk, dank zij de overeenkomst van 30 december 1970 betreffende de koppeling van de lonen aan het indexcijfer van de consumptieprijzen.

TABEL 10. Gemiddelde brutolonen per dag

F

In tabel 11 is voor iedere streek het brutoloon per netto gewonnen ton aangeduid.

TABEL 11. Brutolonen per netto gewonnen ton

F

Le tableau 12 permet de suivre l'évolution de ce salaire brut par tonne nette extraite de 1957 à 1982.

On y constatera que le salaire brut moyen par tonne extraite est tombé en 1982 à 1 395,06 F, soit 354 % de son niveau de 1957.

TABLEAU 12. Salaires bruts par tonne nette extraite de 1957 à 1982

	BASSINS - BEKKENS					
	Sud - Zuiden		Nord - Noorden		Royaume - Het Rijk	
1957	446,37	100	300,80	100	394,51	100
1960	360,93	81	273,97	91	324,62	82
1962	366,67	82	283,82	94	328,35	83
1964	421,01	94	323,30	107	374,45	95
1966	432,45	97	337,84	112	387,47	98
1968	446,43	100	325,90	108	377,36	96
1970	534,00	120	354,79	118	422,15	107
1972	704,50	158	466,22	155	538,50	136
1974	991,53	222	682,21	227	759,92	193
1976	1 469,16	329	934,40	311	1 017,58	258
1978	1 707,17	382	1 046,52	348	1 109,42	281
1980	1 876,46	420	1 227,21	408	1 265,76	321
1981	1 884,15	422	1 379,59	459	1 405,99	356
1982	2 043,75	458	1 367,98	455	1 395,06	354

Aan de hand van tabel 12 kan het verloop van dat brutoloon per netto gewonnen ton van 1957 tot 1982 gevolgd worden.

Men ziet dat het gemiddeld brutoloon per gewonnen ton afgenomen is en nu 1 395,06 F per ton bedraagt, d.i. 354 % van het bedrag van 1957.

TABEL 12. Verloop van de brutolonen per netto gewonnen ton van 1957 tot 1982

Section III. Prix des charbons

En 1982, deux nouveaux barèmes des prix de vente ont été publiés pour les gras A et B et les flambants; pour les anthracites, trois nouveaux barèmes des prix de vente des charbons ont été publiés et soumis à l'approbation de la Commission des Communautés européennes en application de l'article 60, alinéa 2, du Traité de Paris.

Avant 1979, les barèmes des prix de vente pour l'ensemble des charbonnages belges étaient publiés par le Comptoir belge des Charbons (Cobechar); depuis la suppression de cet organisme au cours de l'année, chaque charbonnage publie son propre barème.

Les prix de quelques qualités caractéristiques sont reproduits au tableau 13, tels qu'ils résultent du barème n° 9, en vigueur depuis le 1er juillet 1982 pour les gras A et B, et du barème n° 12, en vigueur depuis le 1er octobre 1982 pour les anthracites.

Section IV. Résultats

Si l'on compare les résultats obtenus par les houillères belges en 1982 à ceux des années antérieures, on note une nouvelle aggravation sensible de la situation économique de l'industrie charbonnière dans le Nord.

Le tableau 14 donne les résultats provisoires d'exploitation des mines de houille en 1982.

La valeur nette globale des charbons extraits en Belgique, s'est élevée à 20 401 651 044 F, soit 3 120,06 F par tonne.

Afdeling III. De kolenprijzen

In 1982 zijn twee nieuwe prijzenschalen verschenen voor vetkolen A, vetkolen B en vlamkolen; voor antraciet zijn drie nieuwe prijzenschalen voor kolen verschenen en bij toepassing van artikel 60, tweede lid, van het Verdrag van Parijs voor goedkeuring aan de Commissie van de Europese Gemeenschappen voorgelegd.

Voorheen werden de prijzenschalen voor alle steenkolenmijnen samen bekendgemaakt door het Belgisch Kolenbureau; daar deze dienst in de loop van 1979 opgeheven werd, publiceren de steenkolenmijnen nu ieder afzonderlijk hun eigen prijzenschaal.

De prijzen van enkele typische kwaliteiten zijn in tabel 13 aangeduid. Het zijn de prijzen van de prijzenschaal nr. 9 voor de vetkolen A en B, die sinds 1 juli 1982 van kracht is, en van de prijzenschaal nr. 12 voor antraciet die sinds 1 oktober 1982 toegepast wordt.

Afdeling IV. Uitslagen

Als men de uitslagen van de Belgische kolenmijnen 1982 met die van de vorige jaren vergelijkt, ziet men dat de economische toestand van de Belgische kolennijverheid weer merkkelijk verslechterd is in het Noorden.

In tabel 14 zijn de voorlopige bedrijfsuitslagen van de kolenmijnen in 1982 aangeduid.

De totalenettowaarde van de in België gewonnen kolen bedroeg 20 401 651 044 F, dit is 3 120,06 F per ton.

TABLEAU 13. Prix des charbons

TABEL 13. Kolenprijzen

Sortes Soorten	Teneurs-Gehalte		Gras B	Gras A	Flambants	Maigres et anthracites b	Anthracites Hainaut
	cendres as	eau water	Vetk. B	Vetk. A	Vlankolen	Magerk. en antraciet b	Antrac. Henegouwen
Fines lavées Gewassen fijnkolen	10 (1)	7	3 529 3 547	3 655	3 396	-	3 340
5/10	4-8	4-8	3 975 4 025	-	-	-	-
8/12	6	6	-	-	-	-	5 650
10/20	4-8	4-8	4 025	4 025	-	-	-
12/22	4-5	5	-	-	-	-	7 300
20/30	4-8 4-6	4-8 5	4 025 -	4 025 -	-	-	- 7 450
30/50	4-8 4-5	4-8 5	4 025 -	- -	3 875 -	-	- 6 950

(1) 7 pour les gras A et B du Nord.

(1) 7 voor vetkolen A en B uit het Noorden.

Cette valeur de la production tient compte de :

- 1) la valeur réelle des ventes;
- 2) la valeur selon barème des cessions aux activités connexes et aux usines de l'entreprise;
- 3) la valeur selon barème des consommations propres;
- 4) la valeur selon barème du charbon gratuit enlevé;
- 5) l'abattement sur mise au stock;
- 6) la différence entre la valeur d'écoulement des charbons repris au stock et leur valeur de mise au stock;
- 7) la différence de prix sur exportation et les rabais d'alignement.

Ces chiffres ne tiennent pas compte de la valeur des schistes valorisés.

En 1981, d'après les mêmes données provisoires, la valeur moyenne correspondante avait été de 2 489,25 F/t; on a donc enregistré d'une année à l'autre, une augmentation de la valeur moyenne à la tonne des charbons extraits : 630,81 F/t.

En comparant cette valeur de la production, affectée du résultat des schistes, aux dépenses totales de l'année, immobilisations comprises, il est possible de dégager le résultat d'exploitation qui se traduit par une perte de 1 121,80 F/t pour l'ensemble des mines du pays, contre 1 764,34 F/t et 1 947,24 F/t en 1981 et 1980 respectivement.

Les résultats d'exploitation, lourdement déficitaires, se traduisent pour l'ensemble par une perte égale à 36,0% de la va-

Deze waarde van de produktie is berekend op :

- 1) de werkelijke waarde van de verkochte kolen;
- 2) de waarde volgens het barema, van de aan nevenbedrijven en fabrieken van de onderneming afgestane kolen;
- 3) de waarde volgens het barema, van de zelf verbruikte kolen;
- 4) de waarde volgens het barema, van de kosteloos afgehaalde kolen;
- 5) de waardevermindering bij het vormen van voorraden;
- 6) het verschil tussen de afzetwaarde van de kolen genomen van de voorraden en hun waarde bij het vormen van de voorraden;
- 7) het verschil in prijs voor uitgevoerde kolen en de gelijkstellingskortingen.

Deze cijfers houden geen rekening met de waarde van de gevaloriseerde kolenschist.

In 1981 bedroeg de overeenkomstige gemiddelde waarde volgens dezelfde voorlopige gegevens 2 489,25 F/t; de gemiddelde waarde per ton van de gewonnen kolen is dus met 630,81 F/t gestegen.

Wanneer men de waarde van de produktie, verhoogd of verlaagd met het resultaat van de kolenschist, met de totale uitgave van het jaar vergelijkt, de vastleggingsuitgaven inbegrepen, bekomt men de bedrijfsuitslag, die voor alle mijnen samen neerkomt op een verlies van 1 121,80 F/ton, tegenover 1 764,34 F/t in 1981 en 1 947,24 F/t in 1980.

De bedrijfsuitslagen, die sterk negatief zijn, komen alles samen genomen neer op een verlies van 36,0% van de waarde van

leur de la production. Ils ne sont supportables que dans la mesure où ils sont compensés par des subsides d'exploitation de l'Etat (6 560 035 753 F en 1982, soit 1 003,24 F/t).

TABLEAU 14. Résultats provisoires de l'exploitation des mines de houille en 1982

		Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk		
Nombre de mines		1	1	2		Aantal mijnen
Production nette	t	262 000	6 276 874	6 538 874	t	Nettoproductie
Valeur de vente de cette production	F F/t	963 765 500 3 678,50	19 437 885 544 3 096,75	20 401 651 044 3 120,06	F F/t	Verkoopwaarde van deze productie
Résultat des schistes	F F/t	- -	+ 133 948 282 + 21,34	+ 133 948 282 + 20,48	F F/t	Resultaat kolenschist
Dépenses d'exploitation	F F/t	1 565 308 000 5 974,50	25 558 658 295 4 071,87	27 123 966 295 4 148,11	F F/t	Bedrijfsuitgaven
Dépenses d'immobilisation	F F/t	- -	746 913 631 119,01	746 913 631 114,23	F F/t	Vastleggingsuitgaven
Résultats d'exploitation	F F/t	- 601 542 500 - 2 296,00	- 6 733 738 100 - 1 072,79	- 7 335 280 600 - 1 121,80	F F/t	Bedrijfsuitslagen
Comptes de résultats (1)	F F/t	508 554 000 1 941,00	6 051 481 753 964,09	6 560 035 753 1 003,24	F F/t	Uitslagrekeningen (1)
Résultat final (2)	F F/t	- 92 988 500 - 354,92	- 682 256 347 - 108,70	- 775 244 847 - 118,56	F F/t	Einduitslag (2)

(1) Subsides de l'Etat admis pour le calcul de la redevance proportionnelle aux propriétaires de surface et subsides d'exploitation.

(2) Pour apprécier la portée réelle de ce "résultat final", le lecteur est prié de se reporter au texte.

Il convient de préciser toutefois que ce résultat d'exploitation ne correspond pas nécessairement au solde des bilans des sociétés charbonnières, où les dépenses de premier établissement sont amorties en plusieurs années et où les résultats des activités connexes, généralement bénéficiaires, atténuent les pertes de la houillère proprement dite. L'évaluation administrative du résultat d'exploitation est faite suivant des règles fixées par les lois et arrêtés royaux relatifs à la détermination de la redevance proportionnelle due par les concessionnaires de mines aux propriétaires du sol. Ces règles écartent du calcul les activités connexes (centrales électriques, fabriques d'agglomérés, vente au comptant, etc.) ainsi que les amortissements, les revenus et les charges financiers, et d'autres éléments considérés comme étrangers à l'exploitation de la houillère proprement dite.

Pour obtenir le résultat final des houillères, il y a lieu d'ajouter au résultat d'exploitation les "comptes de résultat", à savoir les subsides reçus de l'Etat.

Ainsi, on arrive à une perte de 354,92 F/t dans le Sud et de 108,70 F/t dans le Nord.

de produkten. Ze kunnen alleen gedragen worden in zoverre ze door rijkstoelagen gedekt worden (6 560 035 753 F in 1982 of 1 003,24 F/t).

TABEL 14. Voorlopige uitslagen van de ontginning van steenkolenmijnen in 1982

		Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk		
Nombre de mines		1	1	2		Aantal mijnen
Production nette	t	262 000	6 276 874	6 538 874	t	Nettoproductie
Valeur de vente de cette production	F F/t	963 765 500 3 678,50	19 437 885 544 3 096,75	20 401 651 044 3 120,06	F F/t	Verkoopwaarde van deze productie
Résultat des schistes	F F/t	- -	+ 133 948 282 + 21,34	+ 133 948 282 + 20,48	F F/t	Resultaat kolenschist
Dépenses d'exploitation	F F/t	1 565 308 000 5 974,50	25 558 658 295 4 071,87	27 123 966 295 4 148,11	F F/t	Bedrijfsuitgaven
Dépenses d'immobilisation	F F/t	- -	746 913 631 119,01	746 913 631 114,23	F F/t	Vastleggingsuitgaven
Résultats d'exploitation	F F/t	- 601 542 500 - 2 296,00	- 6 733 738 100 - 1 072,79	- 7 335 280 600 - 1 121,80	F F/t	Bedrijfsuitslagen
Comptes de résultats (1)	F F/t	508 554 000 1 941,00	6 051 481 753 964,09	6 560 035 753 1 003,24	F F/t	Uitslagrekeningen (1)
Résultat final (2)	F F/t	- 92 988 500 - 354,92	- 682 256 347 - 108,70	- 775 244 847 - 118,56	F F/t	Einduitslag (2)

(1) Rijkstoelagen, die voor het berekenen van het evenredig mijnrecht voor de grondeigenaars in aanmerking genomen worden en exploitatietoelagen.

(2) Om de juiste betekenis van deze "einduitslag" te beoordelen, wordt de lezer verzocht de tekst te raadplegen.

Hierbij dient evenwel aangestipt dat deze bedrijfsuitslag niet noodzakelijk overeenstemt met het saldo van de balansen van de ondernemingen, aangezien de vastleggingsuitgaven in de balansen over verscheidene jaren afgeschreven worden en de uitslagen van de nevenbedrijven, die doorgaans winstgevend zijn, het verlies van de eigenlijke mijn milderden. De administratieve raming van de bedrijfsuitslag geschiedt volgens de regelen die in de wetten en koninklijke besluiten betreffen de het vaststellen van het door de concessionaris aan de grondeigenaar verschuldigde evenredige mijnrecht bepaald zijn. Volgens die voorschriften wordt de bedrijfsuitslag berekend zonder dat de nevenbedrijven (elektrische centrales, brikettenfabrieken, detailverkoop, enz.) of de afschrijvingen, de financiële inkomsten en lasten en andere posten die geacht worden niet tot de ontginning van de eigenlijke mijn te behoren, in aanmerking worden genomen.

Om de einduitslag van de mijnen te bepalen, dient men bij de bedrijfsuitslag de "uitslagrekeningen" te voegen, met name de rijkstoelagen.

Aldus blijkt er een verlies van 354,92 F/t te zijn in het Zuiden en van 108,70 F/t in het Noorden.

1982

F/t

	Résultat final suivant tableau 14 Eindsuitslag volgens tabel 14 (1)	Subsides complémentaires Bijkomende toelagen voor				Autres charges Andere lasten			Résultat final corrigé Verbeterde eindsuitslag (9) =(1)+(5)+(8)	
		d'amortissement afschrijvingen (2)	pour charges financières financiële lasten (3)	divers allerlei (4)	total subs. complémentaires totaal bijk. toelagen (5)	Résultats * financiers Financiële uitslagen * (6)	Amortissements Afschrijvingen (7)	Total charges Totaal andere lasten (8)		
Sud	- 354,92	-	-	-	-	+ 27,28	- 27,86	- 0,58	- 355,50	Zuiden
Nord	- 108,70	+ 27,51	+ 37,53	- 26,32	+ 38,72	- 37,53	- 38,36	- 75,89	- 145,87	Noorden
Royaume	- 118,56	+ 26,40	+ 36,02	- 25,26	+ 37,16	- 34,93	- 37,93	- 72,86	- 154,26	Het Rijk

* Charges financières - revenus financiers.

* Financiële lasten - financiële inkomsten.

Encore convient-il de noter que le résultat final obtenu de la sorte a souvent une apparence plus favorable que le résultat social réel, car des dépenses telles que les charges financières ne sont pas prises en considération, non plus qu'aucun amortissement, alors que les subsides de l'Etat comprennent parfois des subventions pour charges financières.

Le tableau 14.1. montre l'incidence de ces corrections complémentaires sur le résultat réel des houillères, compte tenu des bénéfices éventuels tirés des activités connexes.

L'importance de ces corrections montre que l'industrie charbonnière belge ne peut poursuivre son activité que grâce à la compensation de ses pertes d'exploitation et autres par des subsides de l'Etat, lesquels ont encore atteint au total en 1982 plus de 6 milliards de F (6 893 947 152 F).

CHAPITRE II LES COKERIES

1. Production

Le tableau 15 donne les productions mensuelles et annuelles de coke en 1982 et, à titre de comparaison, les productions de quelques années antérieures.

Pour l'ensemble du Royaume, la production de coke a été de 5 216 692 tonnes, soit une diminution de 787 038 tonnes par rapport à 1981 (6 003 730 tonnes). La diminution a été de 13 %.

Depuis le 1er avril 1976, subsiste une seule cokerie indépendante.

2. Prix

Les cokeries, comme les charbonnages, sont tenues de publier les prix de vente de leurs produits, en vertu du Traité de Paris instituant la Communauté européenne du Charbon et de l'Acier.

Ces prix barémiques, qui avaient peu varié de 1959 à 1968, n'ont cessé d'augmenter rapidement depuis. Le prix moyen du gros coke métallurgique était de 5 000 F/tonne environ en 1982.

Les cokeries sidérurgiques, productrices de 98 % du tonnage global, ont livré en 1982, 90 % de leur coke aux entreprises sidérurgiques dans lesquelles elles sont intégrées.

Hierbij dient te worden aangestipt dat de aldus verkregen einduitslag dikwijls beter lijkt dan de werkelijke uitslag van de maatschappij, omdat uitgaven zoals de financiële lasten niet in aanmerking genomen worden, evenmin als de afschrijvingen trouwens, hoewel de rijkstoelagen soms toelagen voor financiële lasten bevatten.

In tabel 14.1. is de weerslag van deze bijkomende verbeteringen op de werkelijke uitslag van de kolenmijnen aangeduid, eventuele winsten uit nevenbedrijven en andere activiteiten terzijde gelaten.

Uit de omvang van deze verbeteringen blijkt, dat de Belgische kolenindustrie enkel kan blijven werken omdat haar bedrijfs- en andere verliezen door rijkstoelagen gedekt worden; deze bedroegen in totaal nog meer dan 6 miljard frank (6 893 947 152 F) in 1982.

HOOFDSTUK II COKESFABRIEKEN

1. Produktie

In tabel 15 is de cokesproductie van 1982 per maand en voor heel het jaar aangeduid. Ter vergelijking is ook de jaarproductie van de jongste jaren erin vermeld.

Voor heel het Rijk bedroeg de cokesproductie 5 216 692 ton, d.i. 787 038 ton minder dan in 1981 (6 003 730 ton). Dit is een daling van 13 %.

Sinds 1 april 1976 is er maar één zelfstandige cokesfabriek meer.

2. Prijzen

Juist zoals de kolenmijnen, zijn de cokesfabrieken krachtens het Verdrag van Parijs tot oprichting van de Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal verplicht hun prijzen openbaar te maken.

Van 1959 tot 1968 zijn deze schaalprijzen over 't algemeen weinig veranderd, maar nadien zijn ze voortdurend gestegen. De gemiddelde prijs van de hoogovenokes was in 1982 ongeveer 5 000 F/ton.

De cokesfabrieken van staalondernemingen, die 98 % van de totale produktie voortbrengen, hebben in 1982, 90 % van hun cokes geleverd aan de staalbedrijven waaraan zij verbonden zijn.

TABLEAU 15. Production de coke

TABEL 15. Produktie van cokes

Mois de 1982 Maanden van 1982	Production (t) Produktie (t)
I	513 238
II	461 896
III	392 878
IV	499 696
V	515 201
VI	457 373
VII	404 098
VIII	383 072
IX	407 823
X	386 316
XI	386 212
XII	408 889
Années - Jaren	
1982	5 216 692
1980	6 047 504
1978	5 747 192
1976	6 216 054
1974	8 050 411
1972	7 239 202
1970	7 119 210
1968	7 243 086
1966	6 961 188
1964	7 397 625

CHAPITRE III

LES FABRIQUES D'AGGLOMERES

1. Production

Les productions mensuelles et annuelle d'agglomérés de houille en 1982 sont inscrites au tableau 16, avec rappel des chiffres de quelques années antérieures.

La production d'agglomérés, étroitement adaptée à la demande, est en régression constante depuis 1964. En 1982, on constate une diminution de 4 145 tonnes, soit - 7,7 %.

2. Prix

Depuis le 1er octobre 1982, le prix de vente des boulets ordinaires de 20 grammes, avec une teneur de base en cendres de 6 à 9 %, est de 4 800 francs la tonne.

HOOFDSTUK III

KOLENAGGLOMERATENFABRIEKEN

1. Produktie

In tabel 16 is de produktie van kolenagglomeraten voor iedere maand van 1982 en voor heel het jaar aangeduid. Ter vergelijking is ook de jaarproduktie van de jongste jaren vermeld.

De produktie van agglomeraten, die nauw aan de vraag aangepast wordt, is sedert 1964 voortdurend verminderd. In 1982 is de produktie met 4 145 ton gedaald, d.i. - 7,7 %.

2. Prijzen

Sinds 1 oktober 1982 bedraagt de verkoopprijs van gewone eierkolen van 20 gram met een basis-asgehalte van 6 tot 9 %, 4 800 frank per ton.

TABLEAU 16. Production d'agglomérés

TABEL 16. Produktie van kolenagglomeraten

Mois de 1982 Maanden van 1982	Production (t) Produktie (t)
I	6 135
II	5 450
III	5 030
IV	7 205
V	1 805
VI	2 970
VII	-
VIII	2 506
IX	3 220
X	3 950
XI	4 900
XII	6 665
Années - Jaren	
1982	49 836
1980	81 597
1978	124 496
1976	165 930
1974	416 783
1972	495 979
1970	756 420
1968	820 841
1966	983 744
1964	1 416 875

CHAPITRE IV

LE MARCHÉ DES COMBUSTIBLES SOLIDES

Les combustibles solides, c'est-à-dire le charbon, les agglomérés de houille et le coke, font également l'objet d'importations, soit en provenance des autres pays producteurs de la CECA, soit en provenance des pays tiers, de même que le lignite.

Par rapport à 1981, les importations de charbon ont augmenté (+ 4,3 %). Les importations de coke ont fortement diminué (- 52,8 %).

Les importations d'agglomérés de houille ont diminué de 7,6 %.

Le tableau 17 met en évidence l'évolution du marché charbonnier belge en 1981 et 1982.

Le tableau 18 donne le détail des fournitures aux différents secteurs de consommation du marché intérieur. Le tableau mentionne aussi les livraisons de briquettes de lignite importées.

Par rapport à l'année 1981, le marché intérieur belge a augmenté ses achats de charbon de 367 000 tonnes.

HOOFDSTUK IV

DE MARKT VAN VASTE BRANDSTOFFEN

De vaste brandstoffen, dat zijn steenkolen, kolenagglomeraten en cokes, worden ook ingevoerd, hetzij uit de overige landen van de EGKS, hetzij uit derde landen, net als bruinkolen.

In vergelijking met 1981 is de invoer van kolen toegenomen (+ 4,3 %). De invoer van cokes is sterk gedaald (- 52,8 %).

Voor de kolenagglomeraten is de invoer met 7,6 % gedaald.

Tabel 17 geeft een overzicht van de Belgische kolenmarkt in de jaren 1981 en 1982.

In tabel 18 zijn de leveringen aan de verschillende verbruikssectoren van de Belgische markt aangeduid. Ook de leveringen van ingevoerde bruinkoolbriquettes zijn in deze tabel vermeld.

In vergelijking met 1981 heeft de Belgische markt 367 000 ton kolen meer gekocht.

TABLEAU 17. Aspect du marché charbonnier belge en 1981 et 1982

TABEL 17. Overzicht van de Belgische kolenmarkt in 1981 en 1982

1000 t

	1981			1982			
	Charbon Kolen	Agglomérés Agglomeraten	Cokes	Charbon Kolen	Agglomérés Agglomeraten	Cokes	
1. Production	6 136	54	6 004	6 539	50	5 217	1. Produktie
2. Importations	10 051	92	1 136	10 484	85	536	2. Invoer
3. Stocks au 1er janvier							3. Voorraden op 1 januari
- producteurs	164	-	107	206 (2)	-	138	- producenten
- importateurs	36	-	-	25	-	1	- importeurs
4. Soldes des échanges	+ 58	-	-	+ 2	-	-	4. Saldo van de uitwisselingen
5. Disponibilités	16 445	146	7 247	17 256	135	5 892	5. Beschikbaar
6. Consomm. propre des prod. et fournitures au personnel	399	1	8	359	-	9	6. Door de producenten zelf gebruikt en geleverd aan person.
7. Fournit. à l'intérieur	15 057	129	6 278	15 423	122	5 228	7. Leveringen in België
8. Exportations							8. Uitvoer
- produits belges	685 (1)	16	821	585 (1)	13	472	- Belgische produkten
- produits importés	87	-	1	88	-	6	- ingevoerde produkten
9. Stocks au 31 décembre							9. Voorraden op 31 december
- producteurs	192	-	138	736 (2)	-	174	- producenten
- importateurs	25	-	1	65	-	3	- importeurs

(1) Les exportations du charbonnage à ciel ouvert et des charbonnages fermés non comprises.

(2) Y compris les stocks détenus par les établissements connexes.

(1) De uitvoer van de openluchtsteenkolenmijn en van de gesloten mijnen niet inbegrepen.

(2) Inbegrepen de voorraden bij de nevenbedrijven.

TABLEAU 18. Fournitures au marché intérieur

TABEL 18. Leveringen op de binnenlandse markt

1982

1000 t

Secteurs de consommation	Charbon Kolen	Agglomérés Agglomeraten	Cokes Cokes	Lignites Bruinkool	Verbruikssectoren
Cokeries	7 555	-	-	-	Cokesfabrieken
Fabriques d'agglomérés	36	-	-	-	Agglomeratenfabrieken
Centrales électriques	6 108	-	-	-	Elektrische centrales
Transports	1	-	1	-	Vervoer
Sidérurgie	30	-	4 975	-	IJzer- en staalnijverheid
Industries diverses	495	-	220	94	Diverse nijverheidstakken
Foyers domest. et artisanat	1 198	122	31	-	Huisbrand en kleinbedrijf
Total	15 423	122	5 227	94	Totaal

Dans ce total interviennent :

les cokeries pour - 50
 les centrales électriques pour + 652
 le secteur domestique et artisanal pour + 65
 la sidérurgie pour -
 les industries diverses pour - 298
 les fabriques d'agglomérés pour - 3

Dit cijfer wordt als volgt onder de verschillende sectoren verdeeld :

- 0,1 % Cokesfabrieken
 + 11,9 % Elektrische centrales
 - 0,6 % Huisbrand en kleinbedrijf
 - IJzer- en staalnijverheid
 - 37,5 % Diverse nijverheidstakken
 - 0,8 % Agglomeratenfabrieken

Les tableaux 19, 20, 21 et 22 donnent respectivement les détails des importations et des exportations belges par pays d'origine et de destination. Les renseignements figurant dans ces tableaux ont été établis au moyen des données fournies par les producteurs et par les importateurs belges.

In de tabellen 19, 20, 21 en 22 zijn de in België ingevoerde en de uitgevoerde hoeveelheden ingedeeld naar het land van herkomst of van bestemming. Deze inlichtingen steunen op de aangiften van de producenten en de Belgische importeurs.

Le tableau 19 a été établi suivant une répartition par groupe, pratiquée par l'Office Statistique des Communautés Européennes.

Le tableau 21 a été établi suivant une répartition par catégorie, fixée par l'arrêté royal du 2 juin 1982.

La comparaison du commerce extérieur des charbons de 1981 avec celui de 1982 met en lumière :

- Une hausse des importations (+ 433 666 t, soit 4,3 %).

Ce mouvement affecte les importations communautaires et les importations en provenance de pays tiers dans les proportions respectives de - 30,9 % et + 17,9 %. Les importations d'autres combustibles solides (agglomérés, cokes, briquettes de lignites) ont subi des diminutions de l'ordre de 43,9 % en passant de 1 400 116 t en 1981 à 785 526 t en 1982.

- Une diminution des exportations de charbons (93 545 t, soit 13,3 %).

Les exportations de coke ont diminué de 349 302 t par rapport à 1981 (- 42,5 %) et les exportations d'agglomérés ont diminué de 2 849 t (- 18,4 %).

In tabel 19 zijn de steenkolen in groepen ingedeeld die overeenstemmen met de indeling die door het Bureau voor Statistiek van de Europese Gemeenschappen wordt toegepast.

In tabel 21 zijn de steenkolen ingedeeld in categorieën volgens het koninklijk besluit van 2 juni 1982.

Als wij de buitenlandse handel in kolen van 1981 met die van 1982 vergelijken zien wij :

- Dat de invoer toegenomen is (+ 433 666 ton of 4,3 %).

De invoer uit EGKS-landen is met 30,9 % afgenomen en die uit derde landen met 17,9 % toegenomen. De invoer van andere vaste brandstoffen (agglomeraten, cokes, bruinkoolbriquettes) is met nagenoeg 43,9 % afgenomen, namelijk van 1 400 116 t in 1981 naar 785 526 t in 1982.

- Dat de uitvoer van kolen gedaald is (93 545 t of 13,3 %).

De uitvoer van cokes is met 349 302 ton gedaald (- 42,5 %) en die van agglomeraten met 2 849 ton (- 18,4 %).

TABLEAU 19.
Importations belges de charbons

1982

Origines	Groupe I Groep I	Groupe II Groep II	Groupe III Groep III	Groupe IV Groep IV	Groupe V Groep V	Groupe VI Groep VI	Groupe VII Groep VII	Total Totaal	Herkonst
Allemagne Occidentale	951 420	64 419	237 583	4 938	265 429	58 320	-	1 582 100	West-Duitsland
France	29 571	-	-	-	-	203	-	29 774	Frankrijk
Royaume-Uni	66 633	9 803	-	-	23 815	-	-	100 251	Verenigd Koninkrijk
Pays-Bas	24 469	-	-	181 602	11 692	9 526	-	227 289	Nederland
Pays de la CECA	1 072 093	74 222	237 583	186 540	300 936	68 049	-	1 939 423	EGKS-landen
USA	-	-	-	996 339	3 245 343	212 567	41	4 454 290	USA
URSS	87 205	-	-	-	55 235	-	-	142 440	USSR
Pologne	-	-	-	-	337 116	-	-	337 116	Polen
Afrique du Sud	215 528	8 478	-	53 871	2 651 967	58 849	-	2 988 693	Zuid-Afrika
Australie	-	-	-	-	487 598	-	-	487 598	Australië
Canada	-	-	-	-	-	9 511	-	9 511	Canada
Divers	95 568	-	-	-	29 732	-	-	125 300	Allerlei
Pays tiers	398 301	8 478	-	1 050 210	6 806 991	280 927	41	8 544 948	Derde landen
Ensemble 1982	1 470 394	82 700	237 583	1 236 750	7 107 927	348 976	41	10 484 371	Samen 1982
1981	1 451 386	67 350	500 769	920 535	6 726 188	384 477	-	10 050 705	1981
1980	1 701 221	114 288	536 574	1 121 517	6 210 678	454 548	-	10 138 826	1980
1979	2 194 736	195 397	257 288	96 478	6 221 501	656 998	-	9 622 398	1979
Mouvement des stocks chez les importateurs	+ 39 254	- 73	-	-	+ 2 227	- 1 211	-	+ 40 197	Beweging van de voorraden bij de invoerders
Ecoulement									Afzet
1. Marché intérieur	1 346 142	82 773	237 583	1 236 750	7 104 589	347 953	41	10 355 831	1. Binnenlandse markt
2. Réexportation	84 998	-	-	-	1 111	2 234	-	88 343	2. Wederuitvoer

TABEL 19.
Invoer van steenkolen in België

t

TABLEAU 20.
Importations belges de cokes, d'agglomérés
et de lignite

1982

TABEL 20.
Invoer van cokes, agglomeraten en bruinkolen
in België

t

Origines	Agglomérés de houille Steenkolenagglomeraten	Coke de four et semi-coke de houille Ovencokes en steenkolenhalfcokes			Lignite Bruinkool	Briquettes de lignite Bruinkool- briketten	Coke de lignite Bruinkool- cokes	Herkomst
		Coke métallurgique et de fonderie Metaal- en gietscokes	Autres cokes Andere cokes	Total Totaal				
Allemagne Occidentale	74 177	38 289	44 017	82 306	85 647	53 025	-	West-Duitsland
France	10 924	6 849	11 862	18 711	-	-	-	Frankrijk
Pays-Bas	-	200 019	42 185	242 204	-	-	-	Nederland
Royaume-Uni	-	-	51 190	51 190	-	-	-	Verenigd Koninkrijk
Pays de la CECA	85 101	245 157	149 254	394 411	85 647	53 025	-	EGKS-landen
Pays tiers	-	-	141 826	141 826	7 975	11 580	5 961	Derde landen
Ensemble 1982	85 101	245 157	291 080	536 237	93 622	64 605	5 961	Samen 1982
1981	91 505	883 996	251 880	1 135 876	111 566	54 193	6 976	1981
1980	92 495	1 016 134	244 379	1 260 513	94 528	46 739	6 133	1980
1979	125 798	1 068 668	339 548	1 408 216	7 668	32 441	4 074	1979
Mouvement des stocks chez les importateurs	-	-	+ 1 206	+ 1 206	-	-	-	Beweging van de voorraden bij de invoerders
Écoulement								Afzet
1. Marché intérieur	85 101	245 157	283 540	528 697	91 853	64 172	5 691	1. Binnenlandse markt
2. Réexportation	-	-	6 334	6 334	1 769	433	-	2. Wederuitvoer

TABLEAU 21.
Exportations belges de charbons

1982

TABEL 21.
Uitvoer van steenkolen uit België

Destination	CHARBONS BELGES - BELGISCHE KOLEN							Houille	Total	Bestemming
	Anthracite	Anthracite B et maigres	½ gras	Flambants	Gras A	Gras B	Total	Ingevoerde kolen	Totaal	
	Antraciet	Antraciet B en magerkool	½ vetkool	Vlankolen	Vetkool A	Vetkool B	Totaal			
Allemagne Occidentale	-	3 353	-	63 115	17 626	329 110	413 204	20 750	433 954	West-Duitsland
France	2 236	11 601	-	2 427	25	45 656	61 945	35 763	97 708	Frankrijk
Italie	-	-	-	-	-	2 263	2 263	-	2 263	Italië
Luxembourg	-	-	-	-	-	26	26	3 041	3 067	Luxemburg
Pays-Bas	-	482	-	5 869	-	44 447	50 798	8 530	59 328	Nederland
Royaume-Uni	-	-	-	-	-	-	-	20 209	20 209	Verenigd Koninkrijk
Danemark	-	-	-	-	-	148	148	50	198	Denemarken
Pays de la CECA	2 236	15 436	-	71 411	17 651	421 650	528 384	88 343	616 727	EGKS-landen
Pays tiers	28	-	-	17 908	-	59 925	77 861	-	77 861	Derde landen
Ensemble 1982	2 264	15 436	-	89 319	17 651	481 575	606 245	88 343	694 588	Samen 1982
1981	6 446	11 958	-	18 272	70 897	592 218	699 791	87 228	787 019	1981
1980	3 376	10 391	-	-	9 596	417 198	440 561	39 078	479 639	1980
1979	10 150	-	-	-	3 603	277 293	291 046	28 182	319 228	1979

TABLEAU 22.
Exportations belges de cokes et agglomérés

TABEL 22.
Uitvoer van cokes en agglomeraten uit België

1982

t

Destination	Agglomérés de houille Steenkolenagglomeraten			Coke de four et semi-coke de houille Ovencokes en steenkolenhalfcokes					Bestemming
	Briquettes	Boulets	Total	Coke de four belge Belgische ovencokes			Cokes de four et semi-cokes de houille importés	Total	
				Coke métallurgique et de fonderie	Autres cokes	Total			
	Briketten	Eierkolen	Totaal	Metaal- en gietscokes	Andere cokes	Totaal	Ingevoerde ovencokes en steenko- lenhalfcokes	Totaal	
Allemagne Occidentale	-	118	118	37 672	22 601	60 273	6 334	66 607	West-Duitsland
France	139	11 138	11 277	190 568	2 574	193 142	-	193 142	Frankrijk
Luxembourg	100	-	100	3 276	7 096	10 372	-	10 372	Luxemburg
Pays-Bas	-	42	42	18 819	6 086	24 905	-	24 905	Nederland
Royaume-Uni	-	-	-	13 796	-	13 796	-	13 796	Verenigd Koninkrijk
Danemark	-	-	-	2 501	-	2 501	-	2 501	Denemarken
Irlande	-	-	-	2 476	-	2 476	-	2 476	Ierland
Italie	-	-	-	1 023	-	1 023	-	1 023	Italië
Grèce	-	-	-	500	-	500	-	500	Griekenland
Pays de la CECA	239	11 298	11 537	270 631	38 357	308 988	6 334	315 322	EEKS-landen
Pays tiers	1 070	19	1 089	158 757	4 085	162 842	-	162 842	Derde landen
Ensemble 1982	1 309	11 317	12 626	429 388	42 442	471 830	6 334	478 164	Samen 1982
1981	2 163	13 312	15 475	751 221	69 911	821 132	921	822 053	1981
1980	2 819	20 381	23 200	681 339	84 121	765 460	2 259	767 719	1980
1979	2 593	52 259	54 852	805 825	36 437	842 262	21 392	863 654	1979

Conseils,
Conseils d'administration,
Comités et commissions

Raden,
Beheerraden,
Comités en Commissies

Composition au 1^{er} janvier 1983

Samenstelling op 1 januari 1983

CONSEIL NATIONAL CONSULTATIF DE L'INDUSTRIE
CHARBONNIERE

Siège : rue De Mot 30, 1040 Bruxelles

Président :

DE JONGHE Eugeen,
présenté par le Ministre des Affaires Eco-
nomiques.

Membres :

MATHELART René,
NELLISSEN François,
URBAIN Pierre,
VANDERPUTTE Jacques,
présentés par les organisations les plus
représentatives des entreprises charbon-
nières;

CHARLIER Lucien,
OLYSLAEGERS Jan,
RENDERS August,
DELPORTE Jean,
présentés par les organisations les plus
représentatives des travailleurs occupés
dans les entreprises charbonnières;

de la VALLEE POUSSIN Charles,
MORNIE Antoine,
ROLIN André,
STOOP Jean,
présentés par les organisations les plus
représentatives des utilisateurs et négo-
ciants de charbon;

CRAMM Pierre,
DOYEN Jean,
VAN GRONVELD Célestin,
VERSCHOREN Maurice,
présentés par les organisations syndicales
interprofessionnelles les plus représenta-
tives;

MEDAETS Jean,
désigné par le Ministre des Affaires Eco-
nomiques;

DE DONDER Henri,
désigné par le Ministre des Finances;

DENYS Jacques,
désigné par le Ministre de l'Emploi et du
Travail;

FREROTTE Marcel,
désigné par le Ministre des Communications.

NATIONALE ADVISERENDE RAAD VOOR DE KOLEN-
NIJVERHEID

Zetel : De Motstraat 30, 1040 Brussel

Voorzitter :

DE JONGHE Eugeen,
voorgedragen door de Minister van Econo-
mische Zaken.

Leden :

MATHELART René,
NELLISSEN François,
URBAIN Pierre,
VANDERPUTTE Jacques,
voorgedragen door de meest representatieve
organisaties der kolenbedrijven;

CHARLIER Lucien,
OLYSLAEGERS Jan,
RENDERS August,
DELPORTE Jean,
voorgedragen door de meest representatieve
werknemersorganisaties der kolenbedrijven;

de la VALLEE POUSSIN Charles,
MORNIE Antoine,
ROLIN André,
STOOP Jan,
voorgedragen door de meest representatieve
organisaties der kolenverbruikers en han-
delaars;

CRAMM Pierre,
DOYEN Jean,
VAN GRONVELD Célestin,
VERSCHOREN Maurice,
voorgedragen door de meest representatieve
interprofessionele vakorganisaties;

MEDAETS Jean,
aangewezen door de Minister van Econo-
mische Zaken;

DE DONDER Henri,
aangewezen door de Minister van Financiën;

DENYS Jacques,
aangewezen door de Minister van Tewelk-
stelling en Arbeid;

FREROTTE Marcel,
aangewezen door de Minister van Verkeers-
wezen.

Chargé du Secrétariat :

FONTEYN André, ingénieur principal
divisionnaire des mines.

CONSEILS CONSULTATIFS PROVINCIAUX

A. Pour le Bassin du Hainaut

Siège : Centre Albert, Place Albert 1er,
6000 Charleroi

FRENAY Charles,
désigné par le Ministre des Affaires Econo-
miques;

ANDRY Jacques,
BERWART Roger,
FRANCE Maurice,
MATHELART René,
VANESCOTE Pierre,
présentés par l'organisation représentative
de la direction des entreprises charbon-
nières;

DELPORTE Jean,
DESTREE Claude,
ENGLEBERT Jean,
RIBOUX Guy,
ROBACHE Hector,
présentés par les organisations les plus
représentatives des travailleurs des char-
bonnages;

ANDRIS Henri,
JEROME René,
MICHAUX Léon,
désignés par la Députation permanente du
Hainaut.

Secrétaire :

CAZIER Jean-Baptiste, ingénieur principal
divisionnaire des mines.

B. Pour le Bassin de Liège

Siège : boulevard Frère Orban 25, 9e, 4000
Liège

STASSEN Jean,
désigné par le Ministre des Affaires Econo-
miques;

CARPAY Paul,
CLAUS Jacques,
DEFER Jean,
GROVEN Maurice,
SEQUARIS Gérard,
présentés par l'organisation représentative
de la direction des entreprises charbon-
nières;

ADOVASIO Vincenzo,
ALBERT François,
DESSILLY Arthur,
RICCADONNA Andrea,
STAJSZCZYK Walter,
présentés par les organisations les plus
représentatives des travailleurs des char-
bonnages;

DONNAY Louis,
HENCKAERTS Emile,
PAQUE Simon,
désignés par la Députation permanente de
Liège.

Belast met het Secretariaat :

FONTEYN André, eerstaanwezend
divisiemijnningenieur.

PROVINCIALE ADVISERENDE RADEN

A. Voor het Bekken van Henegouwen

Zetel : Centre Albert, Place Albert 1er,
6000 Charleroi

FRENAY Charles,
aangewezen door de Minister van Econo-
mische Zaken;

ANDRY Jacques,
BERWART Roger,
FRANCE Maurice,
MATHELART René,
VANESCOTE Pierre,
voorgedragen door de representatieve or-
ganisatie van de leiding der kolnmijnen;

DELPORTE Jean,
DESTREE Claude,
ENGLEBERT Jean,
RIBOUX Guy,
ROBACHE Hector,
voorgedragen door de meest representatieve
organisaties van de arbeiders van de ko-
lenmijnen;

ANDRIS Henri,
JEROME René,
MICHAUX Léon,
aangewezen door de Bestendige Deputatie
van Henegouwen.

Secretaris :

CAZIER Jean-Baptiste, eerstaanwezend divi-
siemijnningenieur.

B. Voor het Bekken van Luik

Zetel : boulevard Frère Orban 25, 9e, 4000
Luik

STASSEN Jean,
aangewezen door de Minister van Econo-
mische Zaken;

CARPAY Paul,
CLAUS Jacques,
DEFER Jean,
GROVEN Maurice,
SEQUARIS Gérard,
voorgedragen door de representatieve orga-
nisatie van de leiding der kolenmijnen;

ADOVASIO Vincenzo,
ALBERT François,
DESSILLY Arthur,
RICCADONNA Andrea,
STAJSZCZYK Walter,
voorgedragen door de meest representatieve
organisaties van de arbeiders van de ko-
lenmijnen;

DONNAY Louis,
HENCKAERTS Emile,
PAQUE Simon,
aangewezen door de Bestendige Deputatie
van Luik.

Secrétaire :

PETITJEAN Modeste, ingénieur principal divisionnaire des mines.

C. Pour le Bassin de la Campine

Siège : Demerstraat 81, 3500 Hasselt

DECKERS Frans, désigné par le Ministre des Affaires Economiques;

GOFFIN Jan, NELLISSEN François, ROUSSEAU Jules, TORFS Joseph, VAN WALLE André, présentés par l'organisation représentative de la direction des entreprises charbonnières;

BAEYENS Jan, BERGEN Guido, CANINI Sergio, CUYVERS Antoine, DAEMEN André, présentés par les organisations les plus représentatives des travailleurs des charbonnages;

DIDDEN Maurice, NEESEN Victor, OP'T EYNDE Alfons, désignés par la Députation permanente du Limbourg.

Secrétaire :

DURWAEL Roger, conseiller juridique.

CONSEIL SUPERIEUR DE LA SECURITE MINIERE

Siège : rue De Mot 30, 1040 Bruxelles

Président :

MEDAETS J., directeur général des mines.

Secrétaires :

BRACKE J., ingénieur en chef-directeur des mines; FRAIPONT R., ingénieur principal divisionnaire des mines.

Rapporteur :

RZONZEF L., ingénieur en chef-directeur des mines.

Membres :

ABRAHAM J.F., administrateur-directeur de la S.A. Carrières Gauthier-Wincqz, BAEYENS J., de la Centrale nationale des Travailleurs des mines de Belgique, BERWART R., ingénieur en chef à la S.A. des charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau, CAJOT P., inspecteur général des mines, CHARLIER L., de la Centrale nationale des Travailleurs des mines de Belgique,

Secretaris :

PETITJEAN Modeste, e.a. divisiemijn-
ingénieur.

C. Voor het Kempens Bekken

Zetel : Demerstraat 81, 3500 Hasselt

DECKERS Frans, aangewezen door de Minister van Economische Zaken;

GOFFIN Jan, NELLISSEN François, ROUSSEAU Jules, TORFS Joseph, VAN WALLE André, voorgedragen door de representatieve organisatie van de leiding der kolenmijnen;

BAEYENS Jan, BERGEN Guido, CANINI Sergio, CUYVERS Antoine, DAEMEN André, voorgedragen door de meest representatieve organisaties van de arbeiders van de kolenmijnen;

DIDDEN Maurice, NEESEN Victor, OP'T EYNDE Alfons, aangewezen door de Bestendige Deputatie van Limburg.

Secretaris :

DURWAEL Roger, juridisch adviseur.

HOGE RAAD VOOR VEILIGHEID IN DE MIJNEN

Zetel : De Motstraat 30, 1040 Brussel

Voorzitter :

MEDAETS J., directeur-generaal der mijnen.

Secretarissen :

BRACKE J., hoofd-ingenieur-directeur der mijnen; FRAIPONT R., eerstaanwendend divisiemijn-ingenieur.

Verslaggever :

RZONZEF L., hoofd-ingenieur-directeur der mijnen.

Leden :

ABRAHAM J.F., beheerder-directeur van de "S.A. Carrières Gauthier-Wincqz", BAEYENS J., van de Nationale Centrale der Mijnwerkers van België, BERWART R., hoofd-ingenieur aan de "S.A. des Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau", CAJOT P., inspecteur-generaal der mijnen, CHARLIER L., van de Nationale Centrale der Mijnwerkers van België,

CUYVERS A., de la Centrale des Francs Mineurs,
DAEMEN A., de la Centrale des Francs Mineurs,
DARQUENNE R., de la Fédération charbonnière de Belgique,
DECKERS F., directeur divisionnaire des mines,
DELPORTE J., de la Centrale des Francs Mineurs,
DIELTIENS F., chef du service sécurité à la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",

DUSOLEIL L., Secrétaire national de la Centrale chrétienne des travailleurs de la pierre, du ciment, de la céramique et du verre,
FRENAY Ch., directeur divisionnaire des mines,
FOBLETS E., directeur des travaux du fond à la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",

GODDEERIS G., directeur de la production - groupe ouest - de la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",
GREGOIRE H., inspecteur général des mines,

LORENT H., secrétaire national de la Centrale générale - F.G.T.B.,
LUYSMANS J., de la Centrale nationale des Travailleurs des mines de Belgique,
OLYSLAEGERS J., président national de la Centrale nationale des Travailleurs des mines de Belgique,
PEIRS G., directeur du Groupement national de l'industrie de la terre cuite,
RADLET E., ingénieur principal à la S.A. des Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau,
RENDERS A., président de la Centrale des Francs Mineurs,
SCHELSTRAETE E., secrétaire national adjoint de la Centrale générale - F.G.T.B.,
STASSEN J., directeur divisionnaire des mines,
VAN BERWAER R., ingénieur principal à la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",
VERHEES F., directeur du service du personnel à la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",
WOUTERS E., directeur de l'Union des producteurs belges de chaux, calcaires, dolomies et produits connexes.

CONSEIL GEOLOGIQUE

Siège : rue Jenner 13, 1040 Bruxelles

Président :

MEDAETS J., directeur général des mines,

Membre-secrétaire :

GREGOIRE H., inspecteur général des mines, chef du Service géologique de Belgique.

Membres :

BEUGNIES A., professeur à la Faculté polytechnique de Mons,
BULTINCK P., chef de travaux à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique,
de BETHUNE P., professeur à l'Université catholique de Louvain,

CUYVERS A., van de Centrale der Vrije Mijnwerkers,
DAEMEN A., van de Centrale der Vrije Mijnwerkers,
DARQUENNE R., van de Belgische Steenkool Federatie,
DECKERS F., divisiedirecteur der mijnen,

DELPORTE J., van de Centrale der Vrije Mijnwerkers,
DIELTIENS F., hoofd van de veiligheidsdienst van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen,
DUSOLEIL L., nationaal sekretaris van de Christelijke Centrale van Werknemers uit de Steen-, Cement-, Ceramiek- en Glasbedrijven,
FRENAY Ch., divisiedirecteur der mijnen,

FOBLETS E., directeur der ondergrondse werken van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen,

GODDEERIS G., directeur van de productie - Groep West - N.V. Kempense Steenkolenmijnen,

GREGOIRE H., inspecteur-generaal der mijnen.

LORENT H., nationaal sekretaris van de Algemene Centrale - A.B.V.V.,

LUYSMANS J., van de Nationale Centrale der Mijnwerkers van België,

OLYSLAEGERS J., nationaal voorzitter van de Nationale Centrale der Mijnwerkers van België,

PEIRS G., directeur van de Nationale Groepering der Kleinijverheid,

RADLET E., e.a. ingenieur aan de "S.A. Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau",

RENDERS A., voorzitter van de Centrale der Vrije Mijnwerkers van België,

SCHELSTRAETE E., adjunkt-nationaal sekretaris van de Algemene Centrale - A.B.V.V.,

STASSEN J., divisiedirecteur der mijnen,

VAN BERWAER R., e.a. ingenieur aan de N.V. Kempense Steenkolenmijnen,

VERHEES F., directeur van de personeelsdienst - N.V. Kempense Steenkolenmijnen,

WOUTERS E., directeur van de Vereniging der Belgische Voortbrengers van kalk, kalksteen, dolomiet en aanverwante produkten.

AARDKUNDIGE RAAD

Zetel : Jennerstraat 13, 1040 Brussel

Voorzitter :

MEDAETS J., directeur-generaal der mijnen,

Lid-secretaris :

GREGOIRE H., inspecteur-generaal der mijnen, hoofd van de Belgische Geologische Dienst.

Leden :

BEUGNIES A., hoogleraar aan de "Faculté polytechnique de Mons",
BULTINCK P., werkleider bij het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen,
de BETHUNE P., hoogleraar aan de "Université catholique de Louvain",

DE PLOEY J., professeur à la "Katholieke Universiteit Leuven",
GULLENTOPS F., membre de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique,
MARECHAL R., professeur à la "Rijksuniversiteit Gent",
MICHOT P., membre de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique,
MORTELMANS G., professeur à l'Université Libre de Bruxelles,
PEETERS L., professeur à la "Vrije Universiteit Brussel",
SARTENAER P., chef de section à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique,

STREEL M., professeur à l'Université de Liège,
TAVERNIER R., professeur à la "Rijksuniversiteit Gent".

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Siège : rue du Chéra 200, 4000 Liège

Président :

PAQUET R., directeur général de la Fédération professionnelle des producteurs et distributeurs d'électricité de Belgique.

Membres :

Vice-Président : VANDERPUTTE J., directeur général de la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",
MATHELART A., directeur-gérant de la S.A. des Charbonnages Réunis de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau,
PEIRS G., directeur du Groupement National de l'Industrie de la Terre Cuite,
REYNDERS C., directeur de la S.A. des Carrières et Fours à Chaux d'Aisemont,
SOUILLARD G., directeur général de Labofina,
délégués des organisations les plus représentatives des industries extractives;

Vice-Président : VERSCHOREN M., secrétaire national du Syndicat des Employés, Techniciens et Cadres de Belgique, F.G.T.B.,
BAEYENS J., secrétaire provincial de la Centrale Régionale des Mineurs du Limbourg, F.G.T.B.,
CHARLIER L., secrétaire de la Centrale Syndicale des Mineurs du Bassin de Liège,
DELPORTE J., secrétaire régional de la Centrale des Francs Mineurs,
RENDERS A., président national de la Centrale des Francs Mineurs, C.S.C.,
délégués des organisations les plus représentatives du personnel ouvrier et employé des industries extractives;

CYPRES R., professeur à l'Université Libre de Bruxelles,
de CROMBRUGGHE O., professeur à la "Katholieke Universiteit Leuven",
ROEGIERS J., membre du Comité de Gérance de la S.A. PRB,
VAN OMMESLAGHE B., professeur à l'Université Libre de Bruxelles,
personnalités du monde technologique ou scientifique;

DE PLOEY J., hoogleraar aan de Katholieke Universiteit Leuven,
GULLENTOPS F., lid van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België,
MARECHAL R., hoogleraar aan de Rijksuniversiteit Gent,
MICHOT P., lid van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België,
MORTELMANS G., hoogleraar aan de "Université Libre de Bruxelles",
PEETERS L., hoogleraar aan de Vrije Universiteit Brussel,
SARTENAER P., sectiechef bij het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen,
STREEL M., hoogleraar aan de "Université de Liège",
TAVERNIER R., hoogleraar aan de Rijksuniversiteit Gent.

RAAD VAN BEHEER VAN HET NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

Zetel : rue du Chéra 200, 4000 Luik

Voorzitter :

PAQUET R., directeur-generaal van de Bedrijfsfederatie van de voortbrengers en verdelers van elektriciteit in België.

Leden :

Ondervoorzitter : VANDERPUTTE J., directeur-generaal van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen,
MATHELART A., directeur-gerant van de "S.A. Charbonnages Réunis de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau",
PEIRS G., directeur van de Nationale Groepering van de Kleinijverheid,
REYNDERS C., directeur van de "S.A. des Carrières et Fours à Chaux d'Aisemont",
SOUILLARD G., directeur-generaal van Labofina,
afgevaardigden van de meest representatieve organisaties van de extractiebedrijven;

Ondervoorzitter : VERSCHOREN M., nationaal secretaris van de Bond der Bedienden, Technici en Kadres van België, A.B.V.V.,
BAEYENS J., provinciaal secretaris van de Gewestelijke Centrale der Mijnwerkers van Limburg, A.B.V.V.,
CHARLIER L., gewestelijk secretaris van de "Centrale Syndicale des Mineurs du Bassin de Liège",
DELPORTE J., gewestelijk secretaris van de Centrale der Vrije Mijnwerkers,
RENDERS A., nationaal voorzitter van de Centrale der Vrije Mijnwerkers, A.C.V.,
afgevaardigden van de meest representatieve organisaties van het arbeiders- en bediendenpersoneel van de extractiebedrijven;

CYPRES R., hoogleraar aan de "Université Libre de Bruxelles",
de CROMBRUGGHE O., hoogleraar aan de Katholieke Universiteit Leuven,
ROEGIERS J., lid van het Beheercomité van de S.A. PRB,
VAN OMMESLAGHE B., hoogleraar aan de "Université Libre de Bruxelles",
personaliteiten uit de technologische of wetenschappelijke wereld,

Vice-Président : MEDAETS J., directeur général des mines,
DECKERS F., directeur divisionnaire des mines,
Secrétaire : GREGOIRE H., inspecteur général des mines,
STASSEN J., directeur divisionnaire des mines,
fonctionnaires de l'Administration des mines;

DE RYCK E., secrétaire général du Ministère de la Communauté Flamande,
FORET M., docteur en droit,
membres présentés respectivement par l'Exécutif flamand et l'Exécutif régional wallon.

Participent aux réunions du Conseil d'Administration :

Rapporteur :

VIATOUR G., directeur de l'INIEX

Commissaire du Gouvernement :

GAUTHY R., inspecteur général au Ministère des Affaires Economiques

Délégué du Ministre des Finances :

COENE J.P., inspecteur adjoint des finances.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU FONDS NATIONAL DE GARANTIE POUR LA REPARATION DES DEGATS HOUILLERS

Siège : avenue Marnix 30, 1050 Bruxelles

Président :

MEDAETS J., directeur général des mines, délégué du Ministre des Affaires Economiques.

Secrétaire :

de LOOZ CORSWAREM P., conseiller juridique.

Membres :

ANDRY J., directeur-gérant de la S.A. des Charbonnages de Monceau-Fontaine,
CALIFICE A., sénateur,
CARPAY P., directeur-gérant de la S.A. Charbonnages du Hasard,
DAGNELY R., à Jumet,
DECKERS F., directeur divisionnaire des mines,
DELSUPEHE I., directeur du Service juridique de la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",
GREGOIRE H., inspecteur général des mines,
MATHELART A., directeur de la S.A. des Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau,
NELLISSSEN F., directeur à la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",

Ondervoorzitter : MEDAETS J., directeur-generaal der mijnen,
DECKERS F., divisiedirecteur der mijnen,

Secretaris : GREGOIRE H., inspecteur-generaal der mijnen,
STASSEN J., divisiedirecteur der mijnen, ambtenaren van de Administratie van het Mijnwezen;

DE RYCK E., secretaris-generaal van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap,
FORET M., doctor in de rechten, leden voorgedragen respectievelijk door de Vlaamse Executieve en de Waalse Gewest-executieve.

Nemen deel aan de vergaderingen van de Raad van Beheer :

Verslaggever :

VIATOUR G., directeur van het NIEB

Regeringscommissaris :

GAUTHY R., inspecteur-generaal bij het Ministerie van Economische Zaken

Afgevaardigde van de Minister van Financiën :

COENE J.P., adjunct-inspecteur van Financiën.

RAAD VAN BEHEER VAN HET NATIONAAL WAARBORGFONDS INZAKE KOLENMIJNSCHADE

Zetel : Marnixlaan 30, 1050 Brussel

Voorzitter :

MEDAETS J., directeur-generaal der mijnen, afgevaardigde van de Minister van Economische Zaken.

Secretaris :

de LOOZ CORSWAREM P., juridisch adviseur.

Leden :

ANDRY J., directeur-gerant van de "S.A. Charbonnages de Monceau-Fontaine",
CALIFICE A., senator,
CARPAY P., directeur-gerant van de "S.A. Charbonnages du Hasard",
DAGNELY R., te Jumet,
DECKERS F., divisiedirecteur der mijnen,
DELSUPEHE I., directeur van de Rechtskundige dienst van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen,
GREGOIRE H., inspecteur-generaal der mijnen,
MATHELART A., directeur van de "S.A. des Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau",
NELLISSSEN F., directeur bij de N.V. Kempense Steenkolenmijnen,

STASSEN J., directeur divisionnaire des mines,
VAN DE MOSSELAER F., directeur à la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen",
VANHAMEL R., conseiller provincial, à Beringen.

COMITE PERMANENT DES DOMMAGES MINIERES

Siège : avenue Marnix 30, 1050 Bruxelles

Président :

MEDAETS J., directeur général des mines.

Secrétaire :

FRAIPONT R., ingénieur principal divisionnaire des mines.

Membres :

ANDRY J., directeur-gérant de la S.A. des Charbonnages de Monceau-Fontaine,
CARPAY P., directeur-gérant de la S.A. des Charbonnages du Hasard,
de LOOZ CORSWAREM P., conseiller juridique,
de VILLENFAGNE de VOGELSANCK H.,
DECKERS F., directeur divisionnaire des mines,
FRENAY C., directeur divisionnaire des mines,
NICOLAS M., ingénieur à l'Institut National du Logement,
PLATEUS F., notaire,
ROCROI J., président de la section Charleroi-Thuin de la Fédération Nationale des Propriétaires de Belgique,
STASSEN J., directeur divisionnaire des mines,
VAN DE MOSSELAER F., directeur à la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen".

STASSEN J., divisiedirecteur der mijnen,
VAN DE MOSSELAER F., directeur bij de N.V. Kempense Steenkolenmijnen,
VANHAMEL R., provincieraadslid, te Beringen.

VAST MIJNSCHADECOMITE

Zetel : Marnixlaan 30, 1050 Brussel

Voorzitter :

MEDAETS J., directeur-generaal der mijnen.

Secretaris :

FRAIPONT R., eerstaanwezend divisiemijn-ingenieur.

Leden :

ANDRY J., directeur-gerant van de "S.A. des Charbonnages de Monceau-Fontaine",
CARPAY P., directeur-gerant van de "S.A. des Charbonnages du Hasard",
de LOOZ CORSWAREM P., juridisch adviseur,
de VILLENFAGNE de VOGELSANCK H.,
DECKERS F., divisiedirecteur der mijnen,
FRENAY C., divisiedirecteur der mijnen,
NICOLAS M., ingenieur bij het Nationaal Instituut voor de Huisvesting,
PLATEUS F., notaris,
ROCROI J., voorzitter van de afdeling Charleroi-Thuin van de Nationale Federatie der Eigenaars van België,
STASSEN J., divisiedirecteur der mijnen,
VAN DE MOSSELAER F., directeur bij de N.V. Kempense Steenkolenmijnen.

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, 15 Lower Grosvenor Place, London SW1W 0EX, England.

COAL INDUSTRY

7620

Development of China's coal industry
J. Inst. Eng. (India), Min. Metall. Div.; 62(MM2); 62-65 (Nov 1981)

China is divided into five major coal-bearing areas; the rank of the coal available for mining is given together with the amount present as a percentage of total reserves. Efforts to increase the productive capacity of coal mines are discussed particularly in the North and East of the country. Current policy is to develop large, medium and small mines simultaneously. A brief description of the methods and machinery used in mining is given; longwall and inclined slicing techniques account for almost 80 % of China's coal output. The allocation of coal among general industries is described and the administration of the coal industry is mentioned. Education and research facilities are discussed briefly.

7624

French coal policy and Charbonnages de France

World Coal, 8(4); 26-28 (Jul 1982)

The French energy programme adopted in October 1981 aims to have 50 % of the national energy requirements supplied from indigenous resources by 1990. To this end, the use of coal is being actively encouraged, and some 10 million dollars of the 1982 budget is devoted to the promotion of coal utilisation. A long-term investment programme is being worked out between the Government and Charbonnages de France. The structure of the nationalised coal industry is outlined, and work on the assessment of reserves and the potential for increased coal production are described. Other activities of Charbonnages de France in the fields of carbonisation, chemicals and overseas mining consultancy are indicated.

7634

Coal as a means of reducing our dependence on oil

Botta, L.

Rev. Energ.; 33(341); 16-25 (Jan 1982)

In order to determine coal's possible role in the supply of energy to the OECD countries, the author examines the present energy structure, its development prospects

in the near future and the energy policy problems yet to be resolved. Discusses the current energy situation and examines the prospects for the end of this century. Looks at the proposed role of coal and the implications involved, coal reserves and prices and the need for a political framework to ensure changes to this structure. Examines the role of the International Energy Agency and the Coal Industry Consultative Committee. Some doubts still remain : the requirements of electricity generation and industry, the impact on the environment and the infrastructures for international transport. (In French)

7647

Hydrogen economy in competition with other energy sectors. In *Energie in Alternativen*. Bd. 2

Justi, E.W. (Technische Univ. Braunschweig, FRG. Fachbereich für Physik und Geowissenschaften); Bockris, J.M.

Muenchen, FRG, Pfriemer, pp 13-32 (1981)
Linneweber, K.W.; Waldau, I. (comps.)

In their book "Hydrogen-energy for all times. The plan for a solar energy-hydrogen based economy" published in Spring 1980 the authors had presented a global energy plan. It is about the use of all kinds of primary energy for generating hydrogen, a 100 % environmentally-safe and universal multi-purpose fuel. Hydrogen can be stored, distributed and utilized in households, industry and traffic. The present article compares 10 alternative energy plans : synthetic natural gas on a coal basis, methanol from coal, nuclear-electric, nuclear-electrochemical, solar-electric, solar-hydrogen, nuclear (fusion)-electrochemical, solar (land-bound)-hydrogen, solar (space-ship-bound)-electrochemical, solar (space-ship-bound)-hydrogen. (In German)

MINING

7699

The use of explosives to break up rock
Carbonel, P.

Ind. Miner. Tech.; (6); 108-113 (Jun 1982)

The author describes the effects of the use of explosives in the strata. In normal shotfiring operations, the aim is to break the roof up into small pieces, on account of the pattern of cracks produced by the

explosive charges through the solid. On the other hand, in controlled shotfiring operations the aim is to reduce the size of the fragmented area and to direct the cracks in certain directions. The author describes how to limit the size of the fragmented area and how to direct the line of cracking. (In French and in English)

7704

The mechanism of production of carbon monoxide and nitric oxide following the detonations of mining safety explosives. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines. Crichton, O.

19. int. conf. of research institutes in safety in mines, Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981. Mikolow, Poland, Glowny Instytut Gornictwa, Instytut Bezpieczenstwa Gorniczego, vol.1, pp 381-389 (1981)

Much effort has been devoted in recent years to the problem of irritating or toxic fume production from permitted explosives. The author's approach has been to try to account theoretically for some of the basic experimental features of toxic gas formation during detonation of mining explosives. If successful, this approach to the problem should enable conclusions to emerge that need not be limited to the particular explosives used or the actual test conditions. (6 refs.)

7724

The high pressure water-jet : a new tool for the miner and quarrier

Hamel, M.

Ind. Miner. (St.-Etienne, Fr.); 64(7); 419-428 (Jul 1982)

The technology of the high pressure water-jet is a relatively new one. Its possible application in the mining industry is examined and the types of equipment that have been investigated (using nozzles with diameters from 0.1 to 1 mm and pressures from 400 to 4000 bar) are described. Test results are given. (In French)

7728

Longwall shearing with caving to the dip at Minister Stein Colliery

Prinz, B. and others

Glückauf; 118(15); 783-789 (12 Aug 1982) Available in English in Glückauf + translation; 118(15); 303-306 (12 Aug 1982)

The main feature in the Minister Stein take is the Bochum syncline. This syncline is cut into narrow strips up to 500 m wide by two main faults and several smaller ones. Working to the dip was introduced in 1977, initially with plough faces, and results compared favourably with those from faces worked to the strike. Problems were found to be controllable up to a dip of 30 gon. This experience led to plans to work the Fuerst Hardenborg take, not previously entered, by dip mining. The planning of the layout and the decision to use shearer extraction are discussed. Initial results are satisfactory and savings made in development work and face transfers have more than compensated for the additional expenditure on conveyors required to cope with the steep dip in the roadways. (In German)

7735

The effects of workings on the New Austrian Tunnelling method

Albers, H.-J. and others

Glückauf; 118(16); 842-844 (26 Aug 1982) Available in English in Glückauf + translation; 118(16); 327-328 (26 Aug 1982)

The first part of the stonedrift driven at Nordstern Colliery using the New Austrian Tunnelling method was subject to additional stress because of the superjacent working of the Zollverein 2/3 seam. No visible changes were evident in this part of the roadway even after the coal face had passed over it. The results obtained in a large-scale instrumented cross-section indicated that the support system used, consisting of a 25 cm thick reinforced sprayed concrete shell and strata bolting, is capable of bearing the additional stress. The results also illustrate the basic concept of the New Austrian Tunnelling method, which is that a mine opening is actually supported by the surrounding rock if a suitably scaled support system is employed at the right time as to avoid loosening the strata so that their natural self-supporting capacity is maintained. (In German)

7740

Tunnelling 1982 (Tunnelbau 1982)

Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.v.

Essen, FRG, Verl. Glückauf, 444 pp (1981) Taschenbuch für den Tunnelbau v. 6

Fields of tunnelling already discussed in earlier volumes are elaborated on, supplemented, and brought up to date. Operations planning in tunnelling and sealing in underground mining and safety measures in open tunnels are discussed in some detail. Examples of calculation are given for better understanding. Recommendations for calculating tunnels in loose rocks are given as well as some remarks on methods of dimensioning reinforced sprayed concrete, sanitation methods for inaccessible pipelines, and dome construction in sprayed-concrete and anchoring techniques. There is a contribution measuring techniques in rock and soil anchoring. In the chapter on materials and components, lining and corrosion protection in collector construction are discussed as well as the field of gap filling compositions. (In German)

7743

Improved roadheading by dinting behind the face line to full section (Verbesserung der Auffahrungstechnik von im Liegenden nachgefahrenen Abbaustrecken)

Seeger, J. (Ruhrkohle A.G.)

BMFT-FB-T - 82-087 Bonn, FRG, Bundesministerium für Forschung und Technologie, 30 pp (Jun 1982)

The project aimed at a roadheading advance rate which could keep pace with increased face advance, by systematic application of techniques developed in the field of roadheading, face operations, and support setting. Simultaneously, the roadway stability was to be increased for keeping roadway maintenance expenditure at a minimum. During the trials, however, unexpected swelling of the floor occurred to such an extent that the special shield units and the integrated roof bolting drilling equipment could not fulfil the tasks assigned. Also the support design tailored to measure to the new technique did not withstand the high strata pressures. For operational and economic reasons therefore the project was aborted and, as before the trials, the road was headed in advance of the face. (In German)

7757

Current trends in shaft sinking in Britain

Tuffs, G.W.

Min. Technol.; 64 (741); 323-327 (Jul 1982)

How certain technical developments in shaft

sinking have evolved are discussed. The main engineering requirements in shaft sinking are itemised and discussed briefly, by taking equipment currently used in the Selby Coalfield, U.K. as examples. The finished shafts in Selby are 7.135 m diameter, with depths from 700 m to 1,000 m. The winding system is discussed with reference to winding engines, stage hoists, headgears, sinking stage and suspension equipment. Then lashing units, lining operations and compressors are considered. A discussion follows, designed to clarify, briefly, items in the main work.

7768

Shotfiring danger caused by stray currents with pulsing character. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines

Gawor, P.; Krasucki, F.

19. int. conf. of research institutes in safety in mines, Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981. Mikolow, Poland, Główny Instytut Górnictwa, Instytut Bezpieczeństwa Górnictwa, vol. I, pp 416-428 (1981)

Sources of stray currents from electric traction networks are considered and the development of the MPBI meter which permits measurement of pulsing stray current peak values independently of their duration is described.

7772

Pneumatic stowing at Hugo Colliery

Linde, F.C.

Glückauf; 118(14); 704-710 (29 Jul 1982) Available in English in Glückauf + translation; 118 (14); 268-270 (29 Jul 1982)

Experience at Hugo Colliery runs counter to that of other Ruhr collieries in that output from pneumatically stowed faces has increased some 6-fold over the past 25 years. In recent years pneumatic stowing has become more important at Hugo as intensive mining is being practised at greater depths in conditions with bad roof and soft floor. The equipment used is described. The compressed air is obtained from a power station 4.4 km distant. Details of the underground layout and the stowing process are given. Although expensive, the use of pneumatic stowing can be justified under some circumstances, as experience at Hugo Colliery has shown. Among the benefits claimed are better strata and gas-emission control, improved mine climate, higher productivity, less subsidence and lower spoil tip costs. (In German)

7773

Can convergence and workability of coal give indications of rock bursts in the face?

Schaepermeier, E.

Rock Mech.; (Suppl. 12); 207-214 (1982)

The results of underground measurements show that the properties of rock in the roof have a marked effect on the ratio of coal movement at the working face to the convergence of a longwall face. It is proved by calculation that in the case of intact roof the ratio of coal movement at the working face to the convergence of the longwall face is a measure of the dimensionless depth of the plasticised zone of the seam. From practical experience it is known that there is a danger of rock bursts if the roof is intact and the depth of the plasticised zone is low. If the roof is intact, it is thus possible to derive information on the possible danger of rock burst from the ratio of coal movement at the working face to the convergence of the

longwall face. (In German)

7778

Strata control in practice (Praxis der Gebirgsbeherrschung)

Jacobi, O.

Essen, FRG, Verl. Glückauf, 576 pp (1981) 2. rev. ed.

The available technical and scientific knowledge of rock mechanics in hard coal mining is presented: Planning of new pits in low-pressure regions, causes of pressure in face and roadways and countermeasures, geological and operational effects on coal pits and assessment of these prior to operation, main characteristics of modern support techniques with a view to roof control. The second edition has been updated, mentioning also modern backfilling and rock bolting methods in roadway driveage and new types of shield supports in the face area. The necessary supports and their effect can be calculated on the basis of recent research findings. The book is based on the work of the research team of support techniques and rock mechanics of Bergbau Forschung GmbH. (In German)

7838

Present state of freeze shaft design in mining. In Strata mechanics

Klein, J.

Symp. on strata mechanics, Newcastle-upon-Tyne, UK, 5-7 Apr 1982. Amsterdam, Netherlands, Elsevier Scientific Publishing, pp 147-153 (1982) Developments in geotechnical engineering, vol. 32 Farmer, I.W. (ed.)

The ground freezing technique is the best method for shaft sinking in non-stable ground and water-bearing layers. Qualified methods of design and security under economic constraints dictate the use of such a method in practice. One of the most interesting questions is the necessary frozen wall thickness as a function of stratigraphical geology. Besides heat conduction problems involving latent heat, the description of the mechanical strength of the frozen soil itself is a prime consideration. The approach to the design of retaining frozen earth structures like shafts is to assume a thick hollow circular cylinder and base the dimensions on strength criteria. This paper deals with the effect on design of using different mechanical idealization for the frozen soil with respect to failure conditions. In addition recent R and D results for deep freeze shafts in German coal mining are demonstrated from theoretical and practical points of view. Measurements at the Voerde shaft - 600 m freezing depth - and in particular the lining system are presented.

7856

Testing of fire-resistant conveyor belting

Perzak, F.J.; Spencer, E.R.; Sapko, M.J.

CIM Bull.; 75 (844); 115-119 (Aug 1982)

The fire resistance of several mine conveyor belts is evaluated using a new belt-flammability apparatus developed by the U.S. Bureau of Mines. The test apparatus, experimental details and a calculated flammability index (FI) are described. The FI values are useful for ranking the fire resistance of mine conveyor belts. Values are determined using parameters readily measured with thermocouples, high-temperature flow probes and a methane-oxygen torch, all of which are components of the Bureau's new test apparatus. The FI varies directly with the flame-spread rate and the rate of heat release during burning and varies inversely with the critical

(minimum) ignitor energy output. The fire-resistance ranking of nine different belt types using this moderately scaled apparatus is compared with available full-scale data on belt fires. This comparison shows that the ranking based on the FI is consistent with the full-scale data.

7870

Detection of fire hazards in belt conveyors in coal mines. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines

Grumbrecht, K.

19. int. conf. of research institutes in safety in mines, Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981. Mikolow, Poland, Główny Instytut Gornictwa, Instytut Bezpieczeństwa Gorniczego, vol. II, pp 669-675 (1981)

Tests were carried out at the Tremonia Experimental Mine on stationary automatic and also portable instruments for the detection of heating in conveyor belts and of smouldering fires in coal. The various fire detection instruments were evaluated and compared with each other. (In German)

7908

Successful control of a mine fire by nitrogen inertisation at a mine in the Lorraine Coalfield

Ind. Miner. Tech.; (5); 305-308 (May 1982)

Comprises a brief report on the successful extinction of a mine fire which occurred in 1980 on a longwall face in thick seam workings liable to firedamp. The author describes the succession of events; how the fire was detected, the extinguishing technique applied, the equipment used and the operations involved. It was possible to extinguish the fire speedily and effectively on account of several favourable circumstances. (In French)

7910

Measuring nitrogen flow-rate underground

Albrand, N. d'

Ind. Miner. Tech.; (5); 313-314 (May 1982)

The method of nitrogen injection is applied in underground collieries in order to prevent or control spontaneous combustion, either in the caved goaf or behind stoppings. The author describes a device for measuring the nitrogen flow-rate, which can be used underground, and possible means of measuring the in-situ flow-rate when no electricity supply is available. (In French)

7931

An experimental investigation into the behaviour of a methane accumulation in an inclined heading following auxiliary fan start-up. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines

Mercer, A.

19. int. conf. of research institutes in safety in mines Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981. Mikolow, Poland, Główny Instytut Gornictwa, Instytut Bezpieczeństwa Gorniczego, vol. I, pp 13-22 (1981)

In 1979 an incident occurred in a mine in North West England in which a large accumulation of methane was released from a gas-filled heading by the air-flow produced when an auxiliary fan was restarted. Some of this gas was ignited near the mouth of the heading: the resulting explosion killed ten workers. A question raised as a result of this incident, was whether, on re-starting the auxiliary fan, an accumulation of methane in a heading will move as a plug or be eroded away by air channelling

underneath it. This paper describes some model experiments that have been carried out in an attempt to answer this question. (7 refs.)

7939

CO monitoring systems with semiconductor sensors for detecting fires in conveyor roads. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines

Eicker, H.; Kartenberg, H.J.

19. int. Conf. of research institutes in safety in mines, Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981. Mikolow, Poland, Główny Instytut Gornictwa, Instytut Bezpieczeństwa Gorniczego, vol. I, pp 141-149 (1981)

A procedure for the early detection of fires in roadways with high ventilation currents is described. At least three CO measuring devices are arranged sequentially in the same ventilation current in a belt conveyor roadway. A new type of CO measuring element employing metal oxide sensors are used as the fire alarm. Preliminary trials have been carried out at the Tremonia Experimental Mine. (4 refs.) (In German)

7952

Operational comparison of Gleithobels and Reissshakenobels

Schwolow, G. and others

Glückauf; 118(16); 838-841 (26 Aug 1982) Available in English in Glückauf + translation; 118 (16); 324-326 (26 Aug 1982)

Comparative investigations with a Gleithobel and a Reissshakenobel, consisting of individual ploughing runs and also operation over a period of several months, were carried out in adjacent panels of a seam at Lohberg Colliery. The coal was fairly hard and high contact pressures were required. During the individual runs the Gleithobel produced a web nearly twice as wide as the Reissshakenobel, but output related to the web was 43% less. Over the extended period, the Gleithobel only achieved the same web as the Reissshakenobel, because the floor had to be cut. Downtime was mostly brief and attributed to shear pin fractures. The Gleithobel's service time was twice as long as the Reissshakenobel, despite having to cut into the floor during the whole period. Results indicated that because of higher potential contact pressures and better energy conversion, the Gleithobel will prove as effective under difficult conditions as the Reissshakenobel working in favourable conditions. (In German)

7954

The catenary idler as a means of energy absorption and spillage prevention

Jay, D.G.

CIM Bull.; 75(840); 142-144 (Apr 1982)

Discusses the use of catenary idlers on existing rigid frame conveyors to absorb the energy of falling lumps, protect conveyor belts and reduce spillage. Traces the use of catenary idlers to support conveyor belts from the original design concept in the early 1900s and shows how existing conveyors can be modified.

7998

Cutting by water jet

Pechalat, F.; Lefin, Y.

Ind. Miner. Tech.; (6); 166-173 (Jun 1982)

This article recalls the main characteristics of high-pressure water jets - the equipment needed to produce the high-pressure jet and the main laws governing the hydraulic cutting of rock. Also describes

the potential applications for water jet cutting in the quarry industry and examines the possible use of water jets as a factory tool and in conjunction with conventional cutter picks. (In French and in English)

8010

Experimental study of the electrostatic hazards associated with the use of non-conductive tubes in a firedamp atmosphere. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines

Movilliat, P.; Dangreaux, J.

19. int. conf. of research institutes in safety in mines, Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981. Mikolow, Poland, Główny Instytut Górnictwa, Instytut Bezpieczeństwa Górniczego, vol. 1, pp 283-292 (1981)

An investigation was carried out to see whether rubber and plastic hoses are liable to produce dangerous electrostatic discharges in a firedamp atmosphere when water or hydraulic fluids flow through them or when hoses are being installed. It was found that only empty hoses or hoses filled with non-flowing conductive fluids might provide an electrostatic hazard. It is concluded that testing is not necessary for water and hydraulic transmission hoses with an external diameter of up to 20 mm or with an electrical resistance up to 10^{10} ohms. (7 refs.) (In French)

8019

The application of fibre-optics in coal mine pager/telephone systems

Aust. Coal Miner; 4 (8); 10, 14 (Aug 1982)

Describes how the technology of fibre-optics can provide an intrinsically safe voice link between permissible and non-permissible mine pager telephone systems. It further shows how an off-the-shelf fibre-optic communication system was modified, to accomplish this purpose. This fibre-optic link is currently undergoing final laboratory tests and will be ready for in-mine trials later this year.

121

Extracting a coal deposit in the Ruhr at great depth

Kugler, U.

Glückauf; 118 (17); 873-879 (9 Sep 1982) Available in English in Glückauf + translation; 118 (17); 334-338 (9 Sep 1982)

In coming years it is envisaged that coal mining in the Ruhr will be extended to a depth of 1500 m. This paper calculates and assesses the problems involved. At strata temperatures of 60 C, such as would be encountered at these depths, mine climate is of decisive importance. Mine climate values are calculated for the major operational situations. It is considered feasible that face output of 1500 to 300 t/day could be achieved. The effects of rock pressure are evaluated by calculating convergences. Suitable roadway layout and other measures with more roadways manageable. Suitable preventive measures can deal with problems of rockbursts, gas emission and spontaneous combustion. Of overall importance is keeping temperatures as low as possible and reducing the number of miners at the hottest working places. It seems clear that the planned depth limit for 1500 m in the Ruhr can be achieved. Even this is not the technical limit, rather an economic one. (In German)

122

Exploration duties of the colliery surveyor

Paffrath, A.

Glückauf; 118 (17); 884-890 (9 Sep 1982) Avail-

able in English in Glückauf + translation; 118 (17); 341-343 (9 Sep 1982)

The exploration, description and evaluation of the deposit is the most important of the duties of the colliery surveyor. The paper cites examples from practice to show how structural mechanics contribute to fault detection, and also underlines the importance of probing seam wash-outs and clarifying the formation and quality of underlying seams by vertical boring. (In German)

126

Advanced winning techniques in the Saar

Stopp, H.

Glückauf; 118 (18); 923-926 (23 Sep 1982) Available in English in Glückauf + translation; 118 (18); 352-354 (23 Sep 1982)

The development of face mechanisation in the Saar has been determined largely by the nature of the coal deposit. A winning method with shield supports was developed for thick seams in inclined conditions. At two of the collieries, several seams in level conditions are being extracted using pneumatic stowing and shield supports. The extreme hardness of the coal in the high volatile seams in the Saar has led to the development of a double-drum shearer with an installed rating of 600 kW. Thin seams are being successfully won by a combination of shield supports and shearing. (In German)

147

Water problems in mines

Dunn, R.B.

Min. Eng. (London); 142 (251); 81-91 (Aug 1982)

Describes past, present and future trends in the control of outcrop and mines' water. The paper deals with the geological formations which produce the bulk of water inflow; the methods and organization in effective monitoring; ancient and modern pumping systems; and the legislation and Acts of Parliament which have been progressively introduced to prevent accident or mishap. The need for dry shafts is discussed and types of modern shaft lining designs are illustrated. The use of well-point and deep-well pumping, and the application of grouting and freezing techniques to stabilize foundations prior to sinking operations, are highlighted. The final section describes effluent disposal to surface watercourses and some of the methods applied to satisfy environmental control applied by the Water Authorities. (19 refs.)

149

Elements of hydraulic coal mine design

Jeremic, M.L. (Univ. of Alberta, Canada)

Clausthal-Zellerfeld, FRG, Trans Tech Publications, 158 pp (1982). Series on mining engineering, vol. 1

Hydraulic mining of coal is discussed. The influence of geological factors in the selection of mining methods, effect and constraint of roof and floor strata on mining, significance of coal strength in monitoring jet technology, operating parameters of jet technology, hydraulic techniques of excavating shafts and drifts, access and development for hydraulic mines, room-and-pillar mining, shortwall and longwall mining, sublevel mining, borehole mining, stability analysis of mine structures, hydraulic transportation, control of the mine environment, and economic aspects are all covered.

152

Use of tremor sensors to monitor rock

bursts in coal mines

Paetow, F., Vossik, H.
Glückauf; 118 (17); 880-884 (9 Sep 1982) Available in English in *Glückauf + translation*; 118 (17); 338-341 (9 Sep 1982)

West German regulations governing the supply of electrical power underground in coal mines are based on the concept that when there is a recognised danger of a rock burst, electrical equipment in the area will be disconnected as rapidly as possible in order to prevent an ignition of methane air mixtures. For this purpose a vibration monitor can be used as a tremor sensor. The authors discuss the suitability of the device which was originally designed to monitor vibration levels on machinery. The paper also describes a practical application and gives details of drawbacks associated with the system. (In German)

154

Complementary influence functions for predicting subsidence caused by mining
Sutherland, J.; Munson, D.E. Sandia National Labs., Albuquerque, NM (USA)
23. US symposium on rock mechanics Berkeley, CA, USA, 24 Aug 1982. DE - 82013643 SAND - 82-0359C CONF 820136 - 5 7 pp (1982)

Surface subsidence caused by underground mining is described through complementary influence functions. The complementary functions developed here differ from the simple functions previously used in that the surface displacement is the result of the combined contributions of the mined and unmined zones. This eliminates computational difficulties experienced with the simple functions in determining the deflections above the rib side and in the eventual application of influence functions to complex room-and-pillar configurations. Although the analysis framework presented is intended for predicting subsidence over complex mine configurations, use of the complementary functions is illustrated adequately by application to a longwall panel of the Old Ben No.24 coal mine.

168

Belt conveyor booster drives

Stewart, J.A.
CIM Bull.; 75 (845); 109-112 (Sep 1982)
Cape Breton Development Corporation's Lingan Mine had a serious overloading problem on its underground coal clearance system; equipment was being damaged and production lost. The position was rectified, in part, by increasing coal clearance capacity through the use of booster conveyors. This paper discusses the factors which led to the problem, the booster concept and the installation of the first unit at the Lingan Mine.

176

Experimental investigation of the electrostatic hazards arising from the use of non-conductive tubing in an explosive atmosphere
Movilliat, P.; Dangreux, J.
Ind. Miner., Tech.; (4); 271-276 (Apr 1982)
This paper was presented at the Conference of Research Institutes on Safety in Mines, at Katowice in October 1981. It reports tests on 8 different types of tubes made of rubber, polyethylene and pvc, and of different diameters, suitable for hydraulic drives or for water distribution. The object was to test whether fluid circulation induces electrification, and also whether an artificially electrified tube could produce dangerous sparks to earth. The results are presented and the conclusion is drawn that pipes for water or hydraulic drives

with a diameter not greater than 20 mm or with a resistance per metre not greater than 10^{10} ohms, can be used safely in a methane atmosphere. (In French)

205

A new conveyance arrestor for mine shafts and haulage

Stutchbury, J.F.; Dymott, K.R.
Min. Congr. J.; 68 (8); 19-22 (Aug 1982)
A new manriding conveyance arresting system is described. Suitable for use in shafts and on inclined tracks, it relies on the work done in deforming a strip of metal to bring the conveyance to rest. The system is known as Selda-Strain Energy Linear Ductile Arrestor. Examples of installations are given.

209

Shield supports - simpler, lighter ?

Irresberger, H.
Glückauf; 118 (18); 927-933 (23 Sep 1982) Available in English in *Glückauf + translation*; 118 (18); 354-358 (23 Sep 1982)
Adapting shield supports to the difficult mining conditions in Germany has led to heavy, hydraulically complicated designs. A research programme at Bergbau-Forschung is reported which aimed to develop simpler and lighter shield supports. The predominant influence on shield weight is the stress to which the rigid support frames are subjected by external forces. The supports are manufactured with a considerable safety factor in view of the fluctuating loads they are called upon to bear. Shield weight can be reduced by limiting the internal and external forces and by better utilisation of hydraulics. External forces parallel to stratification can be limited by hydraulic linkage bars. Pressure controls and adjustments make it possible to achieve a better utilisation of the load-bearing capacity of supports in the face. Efforts to make supports more reliable and more easily operated have been successful. (In German)

236

A manriding cage requiring no winding engineman at a colliery

Dardy, R. and others
Ind. Miner., Tech.; (4); 282-288 (Apr 1982)
Cogema has designed an insulated manriding cage, which operates on a "Press for Service" principle, just like a conventional type of lift. This cage serves 7 levels, the deepest of which is at the - 298 m level. Moreover, the cage meets the standards required by the General Mining Regulations. The authors state why Cogema undertook to design the cage and describe the shaft, the plant, the Vignole 15 kg/m guide rail system, the winding house, equipment at the landings, the actual cage, operating principle, signalling and remote control systems, automatic operation and safety arrangements. The lift operates completely satisfactorily. (In French)

PREPARATION

8026

Rotating probability screens

Jenkinson, D.E.
Min. Congr. J.; 68 (7); 29-32 (Jul 1982)
A description is given of the rotating probability screen developed at MRDE. Details of its operation are given. The rotary motion, instead of conventional vibration, has solved the "blinding" problem caused by wet, clayey coal. It has also

the unique ability to vary sizing during operation.

243

The treatment of fine coal

Vickers, F.
Colliery Guardian; 230 (8); 359, 361-362, 365-366 (Aug 1982)

The treatment of fine coal plays an increasing role in the preparation of coal for the major markets. The author discusses the methods currently used and the significance to both the producer and the customer. The major part of the article is concerned with alternative methods to be considered for the future which are discussed largely in terms of development work at MRDE.

259

Application of the hypothesis on multiplicity of work during size reduction to the process of impact crushing

Sokolowski, M.; Tyro, G.
Freiberg. Forschungsh., A; 165(1); 17-29 (1981)

Analyzes the crushing process in impact crushers with formulae and equations of a size reduction model. A model of processes of size reduction was found to be the adequate method for describing crushing parameters. The coefficient for energy utilization in impact crushers in relation to impact velocity was further determined. Theoretical calculations are compared to measurements conducted on a crusher test stand. Measurement results are given. It is concluded that the hypothesis of Brach should be employed for dimensioning impact crushers. The hypothesis enables the calculation of size reduction degree, crushing forces and energy utilization values. (11 refs.) (In German)

TRANSPORT & HANDLING

8052

Coal/oil slurry stability concepts

Meyer, W.C.
Min. Eng. (Littleton, Colo.); 34 (8); 1238-1241 (Aug 1982)

The use of powdered coal-in-oil mixtures (COM) as a composite fuel is receiving increasing attention. In order for its application to be successful, some degree of stability of the suspension against settling is required. Various means of achieving stability of this slurry are examined, together with some of the physical and chemical concepts underlying each method.

8062

Technical problems of fire prevention arising in the storage of coal, particularly where fuels of coal-waste product mixtures are included. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines

Kohlschmidt, J.; Haisler, K.
19. int. conf. of research institutes in safety in mines, Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981, Mikolow, Poland, Główny Instytut Górnictwa, Instytut Bezpieczeństwa Górniczego, vol. I, pp 119-130 (1981)

Ways of safely storing mixtures of solid fuels are discussed. Ignition characteristics of various coal-waste product mixtures, and fire fighting methods are described. (2 refs.) (In German)

268

Environmental design considerations for belt conveyors

Goodfellow, H.D.; Bender, M.
CIM Bull.; 75 (845); 97-104 (Sep 1982)

The paper reviews belt conveyor dust control technology and compares dust emissions from belt conveyor systems with other possible materials handling systems. Technical information on existing belt conveyor installations which have been designed to minimise or eliminate dust emissions is summarised. A proposed methodology for field measurements of emission factors from belt conveyor systems is presented. Data collected from such a test programme can be used to establish a design basis for new dust-free belt conveyors.

PROPERTIES

312

Self-heating of coal and char : a literature review

Daw, C.S. Oak Ridge National Lab., TN (USA)
DE - 82016301 ORNL/TM - 8273 46 pp (Jan 1982)

This study summarizes the literature on coal and char self-heating. Emphasis is placed on understanding the fundamental processes involved and the methods for predicting the occurrence and extent of self-heating. The best method for modeling self-heating is found to be that typically used for heterogeneous chemical reactions, i.e., numerical integration of the differential heat and mass balances to get temperature and concentration profiles. Thus, the problem is broken down into the basic components of reaction kinetics, mass and heat transfer, and the solution of the continuity and energy equations. Experimental procedures for measuring the reaction and transport properties are described, along with typical values for these parameters. The fundamental models developed to date predict that there are two possible stationary states for coal and char piles.

PROCESSING

8132

The synthetic fuels industry in the United States - problems and prospects. In Proceedings of 33rd Canadian conference on coal

Anderson, H.C.
33. Canadian conf. on coal, Regina, Saskatchewan, Canada, 20-22 Sep 1981, Calgary, Alberta, Canada, Coal Association of Canada, pp 15-22 (Apr 1982)

The technology already exists for substantial production of synthetic fuels. Research underway will make the production of other liquids, especially gasoline, more economic. The specific situation regarding the synthetic fuels industry in the United States is discussed against a political and economic background. Three very large synthetic fuels programs (Great Plains coal gasification and two oil shale programs) will go ahead rapidly. Other U.S. synthetic fuels projects are also described briefly. The time intervals for construction and problem solving for the new synthetic fuels industry are great but even now are influencing OPEC's pricing policy.

8140

Coal upgrading : gasification, liquefaction and coal-chemistry. (La valorisation du charbon : gazéification, liquéfaction, carbochimie)

Ferretti, M.
Paris, France, Technique et Documentation, 328 pp (1982)

This general report presents all the technical and economic aspects which have to be taken into account when drawing up France's coal development strategy. Discusses the need for the coal revival from a historical and topical point of view. Covers (A) Coal gasification (fixed bed, fluidised bed, liquid type using electro-chemistry and solar heat). Describes the principles involved, together with the various processes and their state of development. (B) Coal liquefaction (indirect, using solvents, hydrogenation and pyrolysis). Includes underground gasification. (C) Coal-chemistry. Discusses the conditions under which coal can make a major contribution to the future energy supply of France. (In French)

8143

Development of coking techniques and the coking industry

Nashan, G.

Glückauf; 118 (14); 721-731 (29 Jul 1982) Available in English in *Glückauf + translation*; 118 (14); 277-282 (29 Jul 1982)

A historical survey of the development of the coking industry is presented, from charcoal burners, Abraham Darby and beehive ovens to modern times. By-product recovery improved the economics of the coking process. Today, continuous coking techniques are being developed. The current problems of the carbonisation industry are discussed, in particular, high energy costs, raw materials supply, environmental problems and obsolete plant. (In German)

8167

Hydrogenation of coal to the Talbulag deposit in the Mongolian People's Republic

Tsedevsuren; Titova, T.A.; Zimina, E.S.; Shulyakovskaya, L.V.

Solid Fuel Chem. (Engl. Transl.); 15 (5); 83-85 (1981)

The coal yields a large number of liquid products (83.8 %) with a hydrogen consumption of 1.6 %. 28.3 % of the liquid products have boiling points below 300 C. These fractions contain phenols and aromatic hydrocarbons, an indication of their suitability for motor spirit. Fractions with higher boiling points should be hydrogenated further in view of their large sulphur and non-saturated compound content. (2 refs.)

8222

Liquefaction of blended coal

Sato, Y.

Fuel; 61 (9); 875-876 (Sep 1982)

The effect on liquefaction of the blending of two coals of different rank has been evaluated in a conventional autoclave experiment at about 400 C by the solvent-refined coal (SRC) method as well as by short-contact-time hydrogenation at temperatures up to 500 C without solvent and using a specially designed cylindrical autoclave. Using the latter method, higher conversions of coal to gas and liquid, than those calculated by the additivity rule, were observed. (7 refs.)

8235

Coal pyrolysis - the third alternative. In Proceedings of 33rd Canadian conference on coal

Kolisnyk, Z.; Grant, R.A.

33. *Canadian conf. on coal, Regina, Saskatchewan, Canada, 20-22 Sep 1981. Calgary, Alberta, Canada, Coal Association of Canada, pp 153-164 (1982)*

The use of coal for power generation

purposes will increase substantially in western Canada towards the end of this century. Coal pyrolysis, when used in conjunction with power generation, provides an opportunity to enhance the utilization of western coal reserves during this period of rapid expansion. While the oil output from one plant would be modest, a number of facilities installed over a period of years could together make a significant contribution to demand for liquid fuels. While base technology exists, its further development application to western coals will require much effort and perseverance. The long lead times involved necessitate forward planning and initiation of suitable development programs now if this technology is to be applied to projects coming on stream in the 1990's. The initial requirement is for a concerted effort by industry to categorize western coals and the products of pyrolysis, and to further examine process viability based on project specific data. This process of evaluation has commenced on the Alberta Electric Power Project.

8240

Underground coal gasification

Zvyaghintsev, K.N.

Coal Int.; 1 (2); 15-16, 18-21, 23 (Jul 1982)

The paper provides a historical survey of the development of underground gasification in the Soviet Union. The different test sites are described and the methods used are explained. Currently two sites are in operation. One, at Agrenskaya, has been in production for 15 years; the other, at Yuzhno-Abinskaya, for 23 years. The commercial operation of these stations has shown the advantages and disadvantages of UCG, and these are discussed. It is suggested that the current technology can be successfully applied to coals down to depths of 300 m. It can now be used as the basis for developing a technology of high-pressure oxygen-steam underground gasification of deep coals, which may be considered as the only method so far for their utilisation. (In English, in Spanish and in German)

331

Assessing welding technology for coal conversion equipment

Thomas, R.D.Jr.

Met. Prog.; 121 (5); 60-64 (Apr 1982)

The paper discusses the welding technology available for the construction of pressure vessels for the coal conversion processes of the future (coal gasification and liquefaction) which are expected to be two to four times the size of any pressure vessel yet constructed. They are to operate at high temperatures and under high pressures and contain extremely explosive chemicals. The methods of fabrication of coal conversion pressure vessels are reviewed, the desirability of postweld heat treatment is examined, and cladding needed to resist erosion-corrosion is dealt with. (17 refs.)

360

Mechanisms and kinetics of coal hydrogenation

Baldwin, R.M. Colorado School of Mines, Golden (USA). Dept. of Chemical and Petroleum Refining Engineering

DE - 82012338 DOE/ET/14881 - 8 62 pp (Mar 1982)

Data for coal hydrogenation in the presence of added H₂S, pyrite, and H₂S + pyrite are shown in Table 15 along with baseline data for hydrogenation without the use of additives. What is perhaps most striking about these data is the influence of added H₂S

in absence of added pyrite. The percentages of H_2S refer to the mole % H_2S in the gas atmosphere prior to heating and reaction (cold composition). A 56 % increase in overall conversion is indicated at the 10 minute residence time, with a 21 % increase at 60 minutes when gaseous H_2S alone is added to the reaction gas atmosphere. The predominate influence on product distribution is in the preasphaltene fraction, especially at the short residence time. Clearly, H_2S is acting as a catalyst for coal liquefaction at these conditions. Concentrations above 2 % H_2S in the initial gas phase mixture do not seem to appreciably increase the conversion; the effect noted at 60 minutes between 5 % and 10 % may not be significant due to scatter in the data. The function of H_2S in this case may be as either a homogeneous or heterogeneous catalyst. Rebeck has reported a catalytic effect of H_2S on a n-hexadecane pyrolysis, and attributed the noted effect to catalysis of hydrogen transfer. Since the early stages of coal liquefaction are thought to proceed via free radical chemistry, a similar effect may be operative here.

364

Study of hydroliquefaction of a Lorraine coal. In Chemical and physical valorisation of coal

Pregermain, S.

Round table meeting on chemical and physical valorisation of coal, Brussels, Belgium, 24-25 Nov 1980. EUR - 7633-d,e,f,i Luxembourg, Commission of the European Communities, pp 19-43 (1982)

This study was carried out using discontinuous autoclave tests in order to provide guidance in selecting the operating conditions of a pilot plant with a throughput of a few kg of coal per hour. The tests described are mainly directed towards finding suitable iron-based catalysts. For this purpose a Lorraine coal with 35 % volatile matter was used, with tetralin as solvent. Synthetic catalysts were prepared by coprecipitation of iron and aluminium oxide from the nitrate solution. These preparations demonstrated the decisive influence of particle size on the action of the catalyst. An atomization drying method enables particles a few microns in diameter to be produced, forming a catalyst which is much more active than the product obtained by oven drying followed by mechanical pulverization. Steelworks dusts (converter fumes) contain particles of more or less oxidized iron with sizes of between 0.1 and 1 μm and one of the samples examined actually exhibits significant catalytic activity. The composition of the substances accompanying the iron (basic slag) appear to have, in certain cases, an inhibitory effect on catalytic activity. (5 refs.) (In French)

446

Thermodynamic analysis of the carbon gasification process with an intermediate circulating agent

Tkach, O.D.; Mashukov, A.V.

J. Appl. Chem. USSR (Engl. Transl.); 54 (8); 1506-1510 (20 Jan 1982)

At present, future power engineering is linked to hydrogen. In fact, hydrogen is an ideal fuel, with a high calorific value, ecologically pure, and at the same time serves as a starting component for the preparation of many important compounds. More practicable in the foreseeable future are processes for producing various energy

carriers based on carbon. One of the promising trends is considered to be preparation of liquid products from carbon by hydrogenating it or by reacting water with carbon monoxide. This process is very attractive for the carbons from the Kansk-Achinskii basin. However, large amounts of CO and hydrogen are required, which are expensive. The process for producing these gases by gasification of carbon has great disadvantages. A possibility is being discussed of using heat of a nuclear reactor for the gasification of carbon. At present, several processes are known, which can be called the steam-and-water conversion of carbon into hydrogen and carbon monoxide, using an intermedia auxiliary reagent. Some of the proposed processes proceed at acceptable temperatures. The two-stage process is carried out according to a scheme $MO + CM + CO, M + H_2O \rightarrow MO + H_2$, where M is an element or a lower oxide.

458

Coal gasification. Fundamentals and technical application. (Kohlevergasung, Grundlagen und technische Anwendung)

Juentgen, H.; Heek, K.H. van

Muenchen, FRG, Thieme, 185 pp (1981) Thieme-Taschenbuecher v. 94

The authors have attempted a comprehensive review of the complex and versatile technology of coal gasification. Starting from the principles of coal gasification and the basic chemical reactions, the physical and chemical fundamentals are discussed as well as stoichiometry, reaction enthalpies, thermodynamic equilibria, and reaction kinetics. Basic engineering aspects of the gas generator and its auxiliary systems are discussed. The last few chapters discuss the state of the art of industrial coal gasification, recent developments, including the use of nuclear power, environmental aspects, and in-situ gasification of coal. (In German)

463

Gasification versus "real coal"

Ringwald, G.

Tech. Energ.; (56); 21-24 (May 1982)

Comprises a paper on coal gasification using oxygen, air or steam. The author concentrates on two particular applications: production of industrial fuel gas and production of electricity in combined-cycle power stations. He shows that in gasification processes, it is necessary to filter the gas and that this can be achieved by means of conventional high-output methods. The industrial gas has a calorific value of the order of 2.5 to 3 th/Nm^3 . He describes combined-cycle power stations, where output is already greater than the current figure of 34 % from coal-fired power stations, and where it should reach 44 %. (4 refs.) (In French)

552

Flash hydrolysis of coal for conversion to liquid and gaseous fuels. Sundaram, M.S. and others. Brookhaven Nat. Lab. Upton, NY DE - 82019435 DOE/METC - 82-48 97 pp (May 1982)

The overall objective of the short residence time flash hydrolysis/hydrogasification program is to obtain process chemistry and design information for production of both liquid and gaseous fuels from coal. In particular, the aim is to identify the products and to correlate the product yields as a function of pressure, temperature, and coal residence time in the flash hydrolyser, and then to combine this information with the kinetic data to

develop a reaction model. A parametric study of the flash hydrolysis has been made with different coal types. Appropriate reactor conditions for maximizing either liquid or gaseous products have been determined. The components in the heavier liquids have been identified, and nitrogen and sulfur balances were made on the coal, the char products, and both the liquid and the gaseous effluents. From a detailed analysis of data, a reaction scheme for the flash hydrolysis of coal was proposed, for which reaction rate constants were determined and a kinetic model was developed. All this information was applied to a conceptual full scale process design, and comparative economic estimates were made. The results indicate that the coals tested can be successfully converted to produce clean gaseous and liquid fuels via flash hydrolysis. Two features of this process - its being noncatalytic and its using direct hydrogenation in one step to liquid distillates - tend to improve the efficiency and reduce capital and operating costs. An important aspect of the process is its flexibility: it can be made to produce either gaseous or liquid fuels, or both, by adjusting the reactor and process design conditions.

555

Coal pyrolysis at high temperatures. In Proceedings of the first annual EPRI contractors' conference on coal gasification Solomon, P.R.; Hamblen, D.G.; Goetz, C.J.; Nsakala, N.Y.

1. annual EPRI contractors conference on coal gasification, Palo Alto, CA, USA, 28 Oct 1981. DE - 82905786 EPRI-AP - 2394 CONF-8110210 - 24 pp, Paper 13 (May 1982)

This paper presents a comparison of experimental and theoretical studies of coal pyrolysis using a laminar entrained flow reactor at temperatures up to 1500 °C. The reactor is similar in design to that of Badzloch and Hawksley. The experiment measures the composition of the evolved gases and the physical and chemical changes in the coal char (by Elemental Analysis and FTIR) as a function of reaction distance. Measurements were made on a Pittsburgh Seam Coal in helium and in a N₂ 85 % CO₂ 15 % mixture. The theoretical study models the time-temperature evolution of the products of thermal decomposition using a general set of kinetic parameters and a knowledge of the coal's structural composition. The time-temperature history of the coal particles needed for the thermal decomposition model was obtained from a simulation which included radiative heat flux from the furnace walls, heat exchange with the gas, and a model for the particle swelling which produced a rapid temperature rise due to the increase in surface area for absorbing radiation.

560

Low-temperature pyrolysis of coal under hydrogen pressure. In Chemical and physical valorisation of coal

Cyprès, R.; Furfari, S.
Round table meeting on chemical and physical valorisation of coal, Brussels, Belgium, 24-25 Nov 1980. EUR - 7633-d,e,f,i Luxembourg, Commission of the European Communities, pp 88-124 (1982)

Fixed-bed hydrolysis of coal was studied. An installation was built capable of treating 100 g of coal at up to 900 degrees C and 100 bar. Using a Beringen coal with 32.8 % volatile matter it was shown that, in a fixed bed, a devolatiliza-

tion rate is achieved which is of the same order as that obtained by flash hydrolysis. However, the oil yield is lower due to the slower heating of the coal and the relatively long residence time of the primary volatile matter in the reaction zone. The composition of the oil depends on the pyrolysis temperature. Its benzene content increases with the latter. At constant temperature it can be shown that the influence of the hydrogen partial pressure is particularly significant between 0 and 10 bar. Above this pressure the variations in yields and compositions as a function of pressure are markedly reduced. It was also shown that from 580 degrees C, pyrolysis under hydrogen pressure produces an additional quantity of water compared with pyrolysis in an inert atmosphere under pressure or at atmospheric pressure. The increase in the amount of water formed is due to the hydrogenation reactions of the hydroxyl functions of the heavy phenols and the xylenols. This causes a hydrogen consumption equivalent to 0.2 to 0.3 wt% of coal, depending on the pyrolysis temperature. (21 refs.) (In French)

583

Role of instrumentation in UCG process development

Hommert, P.J. Sandia National Labs., Albuquerque, NM (USA)

American Institute of Chemical Engineers'spring meeting, Anaheim, CA, USA, 8 Jun 1982. DE - 82016397 SAND - 81-2484C CONF-820610 - 9 74 pp (1982)

Underground coal gasification field test results obtained since 1976 are reviewed, illustrating the important role that the UCG process feature of a varying reactor geometry has on resource recovery and gas quality. The different instrumentation used on these tests is then reviewed, particularly as to its effectiveness, or lack of, in defining process geometry. Instrumentation such as thermocouples, HFEM, acoustic and surface resistivity are discussed with respect to concept, cost, resolution, data acquisition and data analysis. Results indicate that when instrumentation is appropriately deployed it can provide significant insight into the dynamics of reactor growth.

COMBUSTION

8247

Nitrogen pollutant formation in a pulverized coal combustor: effect of secondary steam swirl

Harding, N.S. and others

AICHE J.; 28 (4); 573-580 (Jul 1982)

Concentrations of NO, NH₃ and HCN, together with particle burnout and gas composition were measured during combustion of a bituminous coal. Control of incoming secondary gas swirl level and overall stoichiometric ratio led to significant reductions in nitrogen oxide pollutant concentration. In situ measurement showed that coal particles were confined near the reaction centre during rapid particle reaction. This took place in a locally fuel-rich environment, producing near-quantitative conversion of fuel nitrogen to NH₃ and HCN, with some NO. Subsequent gas phase reactions of these nitrogen species were identified as important in establishing the ultimate NO concentration.

8251

Technical evaluation: pressurized fluidized-

bed combustion technology

Miller, S.A.; Vogel, G.J.; Gehl, S.M.; Hanway, J.E. Jr.; Henry, R.F.; Parker, K.M.; Smyk, E.B.; Swift, W.M.; Podolski, W.F. Argonne National Lab., IL (USA)

DE - 82014903 ANL/FE - 81-65 256 pp (Apr 1982)
The technology of pressurized fluidized-bed combustion, particularly in its application to a coal-burning combined-cycle plant, is evaluated by examining the technical status of advanced-concept plant components - boiler system (combustor, air-handling and air-injection equipment, and heat exchangers); solids handling, injection, and ejection system; hot-gas cleanup equipment; instrumentation/control system; and the gas turbine - along with materials of plant construction. Environmental performance as well as energy efficiency are examined, and economic considerations are reviewed briefly. The evaluation concludes with a broad survey of the principal related research and development programs in the United States and other countries, a foreview of the most likely technological developments, and a summary of unresolved technical issues and problems.

8253

Influence of built-in parts on particle residence time and behaviour within one-stage fluidized bed reactors

Heschel, W.; Klose, E.

Freiberg. Forschungsh., A; (647); 45-68 (1981)

Studies particle behaviour in a laboratory fluidized bed apparatus for solids and gas, 1 m in height, 0.2 m in diameter, and equipped with 7 horizontal sieve screens. The results are compared to experiments without using the screens and to further experiments employing a laboratory two-chamber fluidized bed cell. The particle residence distribution, expansion of the fluidized, layer density, mean particle residence time, particle holdback and segregation, and other parameters are analyzed. It was found that by-pass spaces without particles appear in cells with horizontal screens. The screen mesh has therefore to be in accordance with the grain size of solids. The two-chamber cell performed better in regard to the effect of the whirl mixer. Mathematical formulae for particle density of the fluidized bed are derived which can be employed for calculating the throughput of solids in continuous reactions of gas and solids. (34 refs.) (In German)

8258

Coal-water mixtures - practical application and combustion theories - state-of-the-art
Ravnsborg, J.; Ketonen, P.; Gromulski, J.
STUDSVIK-EV - 81-96 Nykoeping, Sweden, Studsvik -Energiteknik AB, 113 pp (Nov 1981)

The report deals with coal-water mixtures (CWM) as a substitute for petroleum. It describes the CWM technology from two different angles i.e. the status of the practical application and the combustion process in theory. The activities within this promising technology are dominated by commercial interests, this makes the available information very limited. From a historical point of view, the Soviet Union has played a major role, whilst US and Sweden seem to be the main actors of today. CWM are liquid and pumpable mixtures of finely ground coal and water - weight ratio about 70/30 - that can be handled like heavy fuel oil. The CWM technology which is still in an early stage of development is regarded as an alternative both for converted oil-fired plants and for new plants i.e. both

for the relative close future and in the long-term perspective. The main topics of today's R and D work are the development of equipment for production and utilization of CWM including both laboratory work and full-scale demonstration. Of special importance is the burner equipment.

592

New developments in industrial combustion
Willis, D.M.

Colliery Guardian; 230 (8); 402-403, 405-406, (Aug 1982)

This paper describes developments carried out at the Coal Research Establishment of NCB, often in collaboration with manufacturers. The improvement of "conventional" equipment is first considered, and then advances in handling equipment. The major part of the article is concerned with fluidized bed combustion systems. A number of these boilers are now available commercially.

594

In-bed corrosion of alloys in atmospheric fluidized bed combustors

Stringer, J. and others

High. Temp. Technol.; 1 (1); 27-36 (Aug 1982)

A series of tests, each of 250 h duration, which is designed to examine the effect of changes in operational parameters on in-bed corrosion, is in progress using a 0.3 m square atmospheric fluidized bed combustor. A 2000 h test has been conducted on a 1.1 m diameter AFBC, partly to determine the comparability between the results of the tests in the small unit and those in more realistically sized beds, and partly to assess the performance of candidate materials of construction in a longer-term test. The results indicate that the smaller unit is indeed a satisfactory representation of large AFBCs. Variables such as coal type, coal sulphur content, acceptor type, excess combustion air and bed temperature appear to have relatively little effect on in-bed oxidation/sulphidation corrosion, certainly within the limits likely in normal operation. Several materials which appear to be suitable for construction of a fluidized bed boiler are identified, although it is emphasized that extrapolation of short-term tests is particularly dangerous for this form of corrosion.

609

Coal-oil mixture combustion program : injection into a blast furnace

Jansto, S.G.; Mertdogan, A.; Marlin, L.A.; Beaucaire, V.D. InterLake, Inc., Oak Brook, IL (USA)

DE - 82013581 DOE/ET/10387 - T1 224 pp (30 Apr 1982)

A chemically stabilized coal-oil mixture (COM) was made and used as an auxiliary fuel in a blast furnace for 44 days. Approximately 485,000 gallons of COM were produced at an on-site COM plant. Composition was 47.9 % coal, 47.6 % No. 6 oil, 4.0 % water, and 0.5 % emulsifier. Average injection rates were 3.8 to 13.0 gpm during different periods of the trial. Coal handling equipment, mixing and processing equipment, pumps, piping, fuel lances, and instrumentation are discussed. The blast furnace performance during the trial is compared to a Base Period of injecting No. 6 oil. Blast furnace performance was satisfactory, with one pound of COM replacing one pound of coke or 0.8 pound of No. 6 oil. The production of COM and its usage in a blast furnace is economical and feasible.

Coal-oil mixture as a utility boiler fuel. Volume 1 : conversion guidelines handbook. Final report

Azarnoosh, A.; Goodman, P.O.; Liljedahl, G.; Dubin, G.; Nelson, M.; Bechtel Group, Inc., San Francisco, CA (USA); Combustion Engineering, Inc. Windsor, CT (USA)
DE - 82903565 EPRI-CS - 2309-Vol. 1 101 pp (Mar 1982)

Coal-oil mixture (COM) has been proposed as an alternative to fuel oil for use in electric utilities. This handbook was developed to provide guideline information for converting existing oil-designed utility boilers to COM firing. It is intended to assist potential users in making site-specific economic evaluation for specific COM fuels and can be used to decide if a more detailed study of converting a specific boiler to COM firing should be made. The technical and economic results given in the handbook were obtained from an analysis of six existing oil-fired boilers representing COM conversion candidates. Specific topics covered include COM-firing performance analysis; boiler and plant modifications required for conversion to COM; detailed COM-conversion cost and economic analysis for four of the study boilers; and a generalized cost estimation methodology for COM conversion applications.

ENVIRONMENTAL ASPECTS

8218

The CO₂ problem and the future of our climate

Fischer, H.

Panel of raw materials' experts, Köln, FRG, 3 Dec 1980. Glückauf; 117 (17); 1123-1132 (3 Sep 1981)

Climatic interdependences are described, and an attempt is made at determining CO₂ production and CO₂ concentration in the atmosphere. Climatic changes and the resulting shifts in climatic regions are illustrated by models. Large-scale climatic effects must be expected if the critical threshold value of 400 ppm is exceeded, which is not expected within this century. Above a CO₂ level of 700 to 800 ppm, a highly uncommon type of climate may recur which has last existed on earth some 3 to 12 millions of years ago : An Arctic ocean free of ice and an ice-packed Antarctic region, with an irreversible shift of the major climatic zones of the earth by some 400 to 800 km. The consequences for world water and food supply are impossible to foresee. (In German)

HEALTH & SAFETY

8345

Developing SCBA mechanical stress resistance tests for fire fighting

Crouch, K.G.; Abedin, S.

Fire Technol.; 17 (4); 238-253 (Nov 1981)

NIOSH have carried out a field study to determine the vibration and impact levels to which self-contained breathing apparatus are subjected in simulated fire-fighting use. The forces that facemask retaining straps experience in simulated fire-fighting use were also measured. Representative cut and puncture hazards were also reproduced under laboratory conditions. Using vibration and impact information from the field study, realistic test methods and performance criteria have also been suggested for the facemask retaining straps against facemask removal forces.

8348

Self-contained oxygen self-rescuers : development and implementation. In Nineteenth international conference of research institutes in safety in mines

Stengel, J.W.; Watson, R.W.

19. int. conf. of research institutes in safety in mines, Katowice, Poland, 5-13 Oct 1981. Mikolow, Poland, Główny Instytut Gornictwa, Instytut Bezpieczeństwa Gorniczego, vol. II, pp 704-711 (1981)

In 1977 MSA and Draeger decided to manufacture 1-hour self-contained self-rescuers (SSR's) utilizing potassium superoxide to generate oxygen, and in December 1978 the Mine Safety and Health Administration promulgated the USA's first laws requiring self-contained self-rescuers in underground coal mines with a compliance deadline of Dec.22,1980. This deadline has recently been extended to June 21,1981. Since then Draeger and MSA 1 hour SSR's have been approved by MSHA and NIOSH for use in underground coal mines. Since their approval the self-rescuers have undergone extensive performance and safety evaluations; these topics are discussed in some detail. (9 refs.)

802

Evaluation and performance of closed-circuit breathing apparatus

Hack, A.; Trujillo, A.; Bradley, O.D.; Carter, K. Los Alamos National Lab.; NM (USA)

DE - 82015877 NUREG/CR - 2652 LA - 9266-MS 22 pp (Apr 1982)

Seven closed-circuit self-contained breathing apparatus were worn by a panel of anthropometrically selected test subjects to determine the protection provided by each. The types included those that supply breathing gas continuously, or on demand, or a combination of both. One unit maintained a positive pressure and provided higher protection than the others. Device performance by facial size is discussed.

BOOK REVIEW

IEA COAL RESEARCH. CONCISE GUIDE TO WORLD COALFIELDS (1983). Compiled by World Coal Resources and Reserves, Data Bank Service. 380 pages, 70 maps and tables, 215 x 155 mm. ISBN 92 9020 088 9. IEA Coal Research, 14/15 Lower Grosvenor Place, London SW1W OEX. Price : £ 45.

"Concise Guide to World Coalfields" provides, for each coalfield, particulars of geology, coal seam characteristics, coal rank and analysis plus brief reference to any local mining activity. Maps of main coal-bearing countries show clearly the location of significant coalfields in relation to rail transport facilities and major ports, plus other coal deposits of less importance.

A glossary of terms provides terse definitions of all words and expressions used in the text.

This book is offered as a handy reference book of prime value to anyone with a professional interest in coal as one of the world's major fuels. For example : advisers on the appraisal of mining investment projects and their information officers and analysts; world trade and energy analysts and forecasters; university and college departments of mining, economics and earth sciences and other research organisations.

IEA. COAL USE AND THE ENVIRONMENT. Coal Industry Advisory Board, vol 1, March 1983, 82 pages, 270 x 200 mm. ISBN 92 64 12421 7. OECD Publications Office, 2 rue André-Pascal, F-75775 Paris Cedex 16.

The report is based on a study of the practical environmental problems encountered in 31 projects in 10 countries for the increased use of coal in industry and electricity generation. The findings are thus based on real experience and on an approach which breaks new ground in international studies. The information in the report will be of great value to all concerned with energy and environmental policies.

The report concludes that environmental concerns are perceived by industry to act as one of the major constraints in many OECD countries and need to be addressed in order to expand the use of coal. It also concludes that existing technology permits the use of coal to be expanded in an environmentally acceptable manner. The CIAB suggest practical action which can be taken to secure the full advantage of coal's competitiveness as a fuel for electricity generation and industry, while continuing to give adequate protection to the environment.

P.A. WOOD. UNDERGROUND STOWING OF MINE WASTE. Report number ICTIS/TR23, April 1983, 67 pages, 210 x 295 mm. ISBN 92 9029 089 7. IEA Coal Research, 14/15 Lower Grosvenor Place, London SW1W OEX.

This report is concerned with the removal of mine waste that has been deposited on the surface and its return to the mined-out area of an active or abandoned coal mine. Emphasis is therefore on the bulk handling systems suitable for large volumes of waste. The major requirements of such

systems are identified as waste excavation, waste preparation, waste transport and emplacement of waste. The characteristics of the mine waste that might influence the choice of handling technique are also discussed. Handling techniques considered are roadside packing, mechanical transport and emplacement, pneumatic transport and emplacement, hydraulic transport and emplacement, and flushing. Roadside packing techniques are considered inadequate to deal with large quantities of waste whereas mechanical transport and emplacement could conceivably be used in certain applications. Both pneumatic and hydraulic handling methods show considerable promise for the handling of large volumes of waste. Pneumatic transport would require more specific waste preparation in contrast to hydraulic transport. Hydraulic stowing entails some risk of inundation of the working face, although this is small if gradients are away from the face and retreat mining is used. Pneumatic stowing methods may result in increased dust levels in the mine, although it is likely that these can be minimised by effective waste preparation. The use of flushing for waste disposal is likely to be prohibited by economics. (296 refs.)

N. DOERLER. INFLUENCE DU BROYAGE SUR LES PROPRIETES MASSIQUES ET SUPERFICIELLES DU QUARTZ ET DE LA BIOTITE. CONSEQUENCES SUR L'ADSORPTION DE TENSIO-ACTIFS IONIQUES. Documents du BRGM n° 44, 1982, 267 p., 58 fig., 34 tabl., 94 réf. BRGM, BP 6009, F-45060 Orléans Cedex. Prix : 100 FF.

Ce travail compare l'influence du broyage sur les propriétés massiques et superficielles du quartz et de la biotite.

Ces minéraux ont été, d'une part, broyés à sec par attrition ou par chocs et, d'autre part, broyés par voie humide.

L'étude examine successivement : - Préparation des échantillons - Caractérisation des échantillons : morphologie, surface spécifique, granulométrie - Evolution des propriétés cristalochimiques en cours des différents broyages - Analyse des propriétés superficielles et des caractéristiques électrochimiques de l'interface solide-eau - Adsorption de tensio-actifs ioniques.

MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE L'INDUSTRIE. ACTION CONCERTÉE : VALORISATION DES RESSOURCES DU SOUS-SOL. Recueil des communications présentées au séminaire - bilan annuel. Paris, 12-16 octobre 1981. Documents du BRGM n° 47, 1982, 284 p., nombr. fig., tabl. et réf. BRGM, BP 6009, F-45060 Orléans Cedex. Prix : 100 FF.

Ce document rassemble les textes des exposés présentés lors du séminaire "Valorisation des ressources du sous-sol". Les communications ont été regroupées en quatre thèmes : - Valorisation des minéraux - Conception et exploitation des gisements - Etude des concentrations minérales et de leur formation - Optimisation des méthodes de prospection géochimique : méthodologie de la prospection géochimique en milieu tropical, géochimie en roche, valorisation des données de prospection géochimique par traitement informatique.