

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

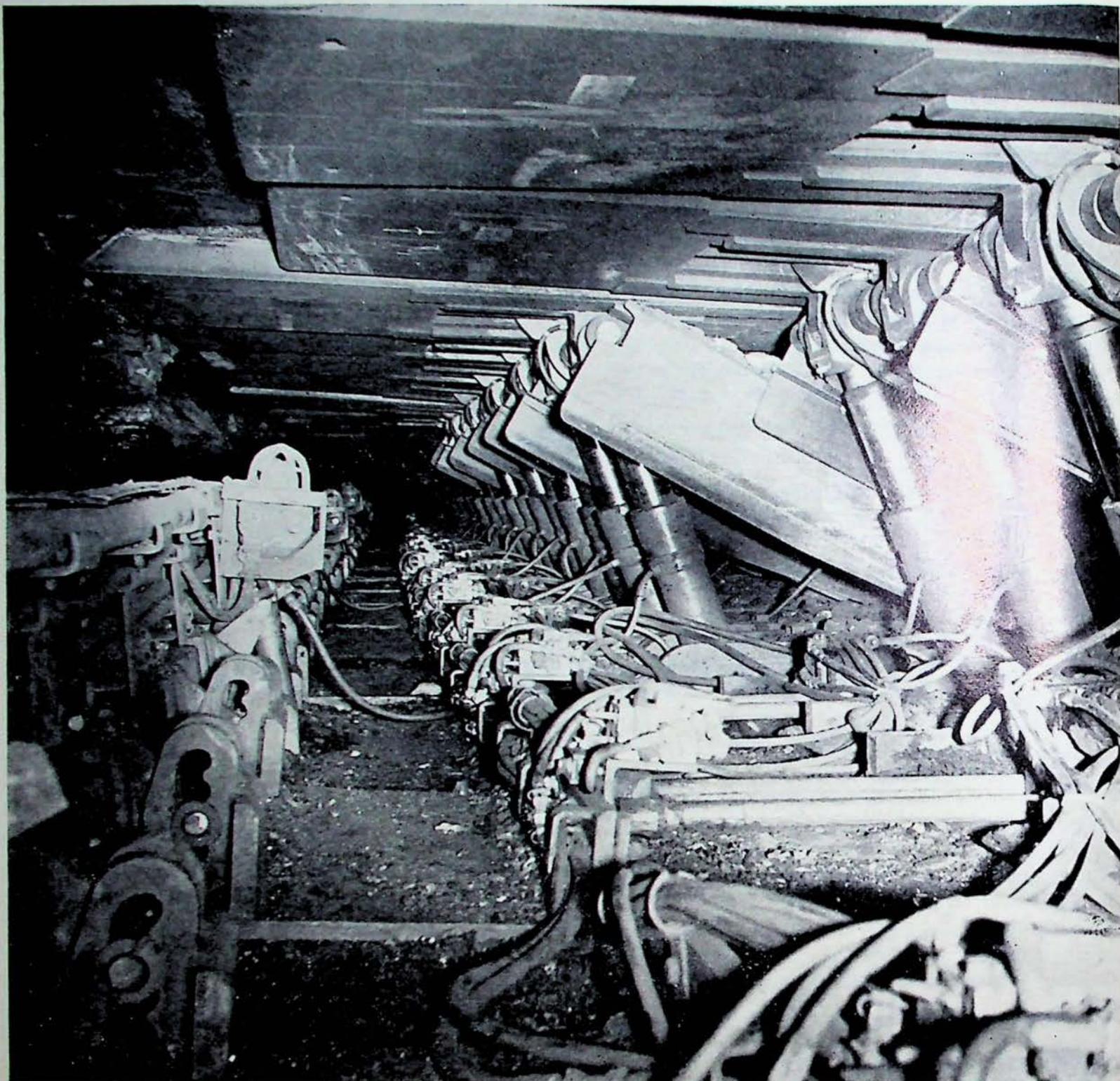
INSTITUT NATIONAL DES
INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

A. HAUSMAN : Vêtements antiflamme pour sauveteurs. - Vlamwerende kledij voor redders. — R. CYPRES : Perspectives offertes par la gazéification souterraine, sous pression, dans le domaine de la carbochimie. — C. SOUDAN-MOINET : Influence de la vitesse de chauffage sur les phénomènes se produisant lors de la pyrolyse de mélanges de charbon et d'oxydes de fer. — A. DE GREEF : Vingt-cinq ans de Marché Commun du charbon. - Vijfentwintig jaar Gemeenschappelijke Markt voor Steenkool. — J. MEDAETS : Statistique sommaire 1977. - Beknopte statistiek 1977. — INIEX : Revue de la littérature technique. — Bibliographie.



le **SCHILD Hemscheidt**

**Un soutènement moderne
sûr – rationnel – robuste**

ANNALES DES MINES

DE BELGIQUE

n° 5 — mai 1978

ANNALEN DER MIJNEN

VAN BELGIE

nr. 5 — mei 1978

Direction-Rédaction :

**INSTITUT NATIONAL
DES INDUSTRIES EXTRACTIVES**

4000 LIEGE, 200, rue du Chéra — TEL. (041) 52 71 50

Directie-Redactie :

**NATIONAAL INSTITUUT
VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN**

Sommaire - Inhoud

A. HAUSMAN : Vêtements antiflamme pour sauveteurs. Vlammenwerende kledij voor redders	537
R. CYPRES : Perspectives offertes par la gazéification souterraine, sous pression, dans le domaine de la carbochimie	581
C. SOUDAN-MOINET : Influence de la vitesse de chauffage sur les phénomènes se produisant lors de la pyrolyse de mélanges de charbon et d'oxydes de fer	593
A. DE GREEF : Vingt-cinq ans de Marché Commun du charbon. Vijfentwintig jaar Gemeenschappelijke Markt voor Steenkool	605
J. MEDAETS : Statistique sommaire de l'exploitation charbonnière des cokeries, des fabriques d'ag- glomérés et aperçu du marché des combustibles solides en 1977. Beknopte statistiek van de kolenwinning, de cokes- en de agglomeratenfabrieken en over- zicht van de markt van de vaste brandstoffen in 1977	615
INIEX : Revue de la littérature technique	643
Bibliographie	652

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

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES
1050 BRUXELLES ● EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES ● 1050 BRUSSEL
Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 640 10 40

Dépôt légal : D/1978/0168

Wettelijk Depot : D/1978/0168

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

SAHUT-CONREUR & C^{IE}

B. P. N° 27 - 59590 RAISMES

TÉL. 46.90.44 + - TÉLEX CONREUR-RAISMES 11847 F

Installations complètes

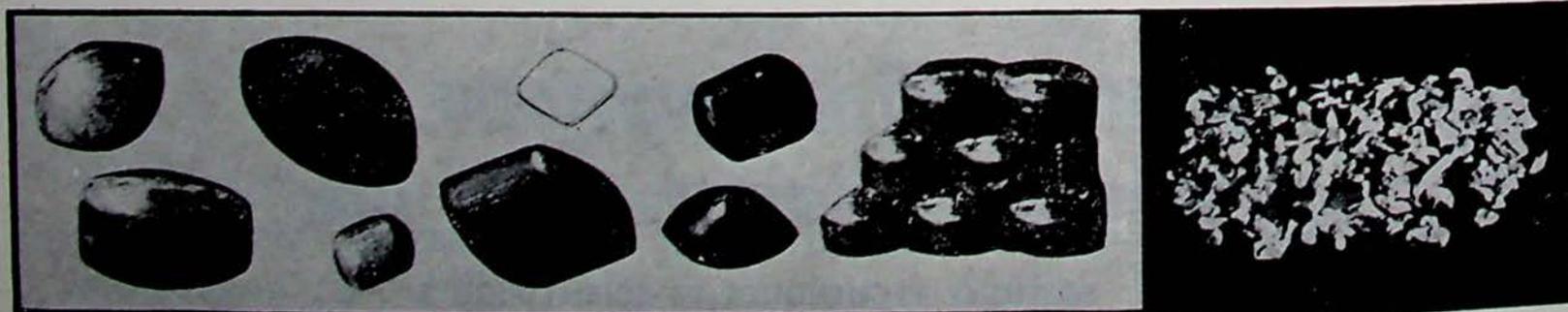
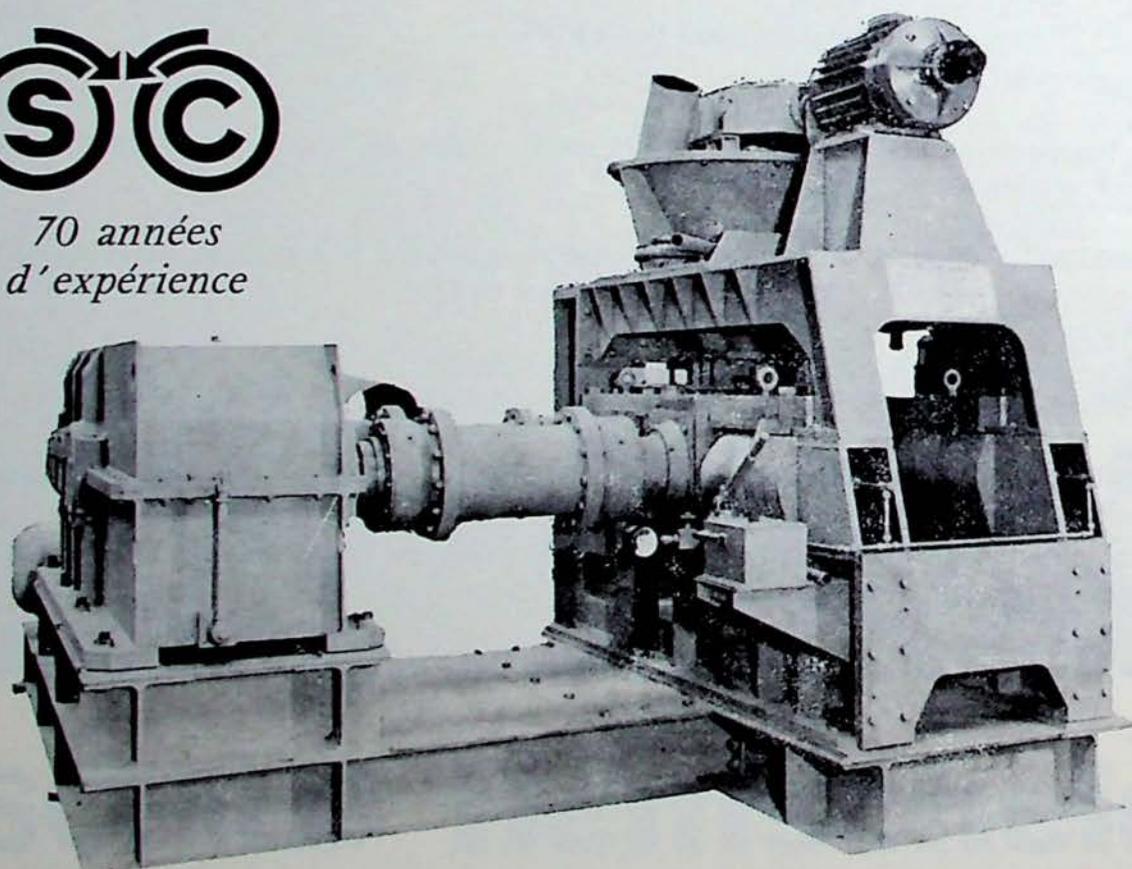
- Usines d'**AGGLOMÉRATION**
- Usines de **COMPACTAGE**
- Usines de **GRANULATION**

Presses à roues tangentes pour toutes productions à basse, moyenne et haute pression pour tous produits

SÉCHEURS - MÉLANGEURS - CRIBLES VIBREURS - MANUTENTION
USINAGE DES MÉTAUX PAR ELECTRO-CHIMIE (PUISSANCE 500 KVA)



*70 années
d'expérience*



Agents et Représentants dans de nombreux pays: ALLEMAGNE - ANGLETERRE - HOLLANDE - ESPAGNE - POLOGNE
RUSSIE - IRAN - AUSTRALIE - AFRIQUE DU SUD, etc...

CATALOGUES SUR DEMANDE

Vêtements antinflamme pour sauveteurs

Vlammenwerende kledij voor redders

*Résumé du rapport final **

*Samenvatting van het eindrapport **

Alphonse HAUSMAN **

Coordinateur de la recherche

Alphonse HAUSMAN **

Coördinator van het onderzoek

RESUME

Le but de la recherche était de trouver un vêtement pour sauveteurs qui soit portable pendant au moins une heure, dans des ambiances à température élevée, et qui les protégerait des effets de la flamme d'une explosion molle.

Le Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen d'Essen, la Versuchsstrecke de Dortmund-Derne, le Coördinatiecentrum Reddingswezen de Hasselt et l'Institut Provincial Ernest Malvoz de Liège ont participé à cette recherche.

Une première sélection entre les tissus disponibles sur le marché a été faite en soumettant ces tissus à des tests de laboratoire déterminant, pour un flux de chaleur constant, leur résistance à la flamme et leur résistance au flux de chaleur. Des essais de portabilité avec des sujets dans des conditions réelles d'intervention ont permis une deuxième sélection. Enfin, des essais d'explosions en galeries de 14 m² et de 5 m² de section ont montré qu'actuellement le meilleur équipement dans des ambiances inférieures à 30°C était le survêtement en Baumwoll-Moleskine associé au sous-vêtement en « Doppel Frottee (Schiesser) » et que, dans des ambiances supérieures à 30°C, le sous-vêtement en « Doppel Frottee (Schiesser) » seul, mais imbibé de 400 % de son poids d'eau, convenait.

* Recherche subsidiée par la CCE (CECA) — Convention n° 6242-21/0/060.

** Ingénieur civil des Mines, avenue du Château, 18, B-4880 Spa.

SAMENVATTING

Het doel van het onderzoek was het vinden van een kledij voor redders, welke gedurende minstens één uur zou kunnen gedragen worden in omgevingen met hoge temperatuur, en welke hen zou beschermen tegen het effect van de vlammen van een zachte ontploffing.

Namen deel aan dit onderzoek: het « Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France », de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » van Essen, de « Versuchsstrecke Tremonia » van Dortmund-Derne, het Coördinatiecentrum Reddingswezen van Hasselt, en het « Institut Provincial Ernest Malvoz » van Liège.

Een eerste selectie van de op de markt beschikbare weefsels werd gedaan door deze weefsels te onderwerpen aan laboratoriumtesten, ter bepaling — bij een constante warmtestroming — van hun weerstand aan de vlammen en aan de warmtestroming. Draagbaarheidsproeven op sujetten in werkelijke interventie-omstandigheden lieten een tweede selectie toe. Tenslotte hebben ontploffingsproeven in galerijen met een sectie van 14 m² en 5 m² aangetoond dat in omgevingen met een temperatuur van minder dan 30°C momenteel de meest geschikte uitrusting bestaat uit een bovenkleding van « Baumwoll-Moliskine » met een onderkleding van « Doppel Frottee (Schiesser) », en dat in omgevingen met een temperatuur van meer dan 30°C enkel een onderkleding van dubbele « Doppel Frottee (Schiesser) » zou volstaan, wanneer deze voor 400 % van haar gewicht met water doordrenkt wordt.

* Door de CEG (EGKS) gesubsidieerd onderzoek — Conventie n° 6242-21/0/060.

** Burgerlijk Mijnbouwkundig Ingenieur, avenue du Château, 18, B-4880 Spa.

ZUSAMMENFASSUNG

Zweck der Forschungsarbeit war das Erfinden einer Bekleidung für Rettungsmannschaften, die mindestens eine Stunde lang bei hoher Umgebungstemperatur getragen werden kann und welche die Retter vor den Auswirkungen einer durch eine weiche Explosion verursachten Flamme schützen sollte.

Das Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France (das Forschungszentrum der französischen Kohlengruben), die Hauptstelle für das Grubenrettungswesen aus Essen, die Versuchsstrecke von Dortmund-Derne, das Coordinatiecentrum Reddingswezen aus Hasselt sowie das Institut Provincial Ernest Malvoz aus Lüttich waren an dieser Forschungsarbeit beteiligt.

Zuerst wurden marktgängige Stoffe besonders ausgesucht, die im Labor getestet wurden, und zwar sollte bei gleichbleibender Wärmeströmung ihre Feuerfestigkeit sowie ihre Widerstandskraft gegenüber dem Wärmefluss bestimmt werden. Aufgrund von Tragversuchen mit Rettern unter tatsächlichen Einsatzbedingungen wurden dann Stoffe in die engere Wahl gezogen. Es ergab sich schliesslich aus Explosionsversuchen in Stollen mit 14 m² bzw. 5 m² Querschnitt, dass zur Zeit die beste Schutzbekleidung bei Temperaturen unter 30°C der Ueberanzug aus Baumwoll-Moleskine zusammen mit der Unterbekleidung aus « Doppel Frottee (Schiesser) » und bei Umgebungstemperaturen über 30°C die Unterbekleidung aus « Doppel Frottee (Schiesser) » allein, jedoch mit 400 % des eigenen Wassergewichts durchtränkt, am besten geeignet sind.

SUMMARY

The purpose of this research was to find a safety garment which can be worn for at least one hour, in high-temperature conditions, capable of protecting the wearers against the effects of a flame from a mild explosion.

The Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France (CERCHAR), the Hauptstelle für das Grubenrettungswesen of Essen, the Versuchsstrecke (Experimental Roadway) of Dortmund-Derne, the Coordinatiecentrum Reddingswezen of Hasselt and the Institut Provincial Ernest Malvoz of Liège all took part in this work.

A first selection from among the commercially-available materials was made by laboratory tests which determined — for a constant heat flow — the flame resistance and heat-flow resistance of the materials. Wearing tests on subjects in real rescue conditions made a second selection possible. Finally, exposure tests were carried out in explosions in roadways respectively 14 m² and 5 m² in cross-section; these showed that currently the best equipment for temperatures below 30°C is the Cotton-moleskin overgarment worn over an undergarment in « Doppel Frottee (Schiesser) »; for temperatures over 30°C, « Doppel Frottee (Schiesser) » soaked in 4 times its weight in water is suitable.

SOMMAIRE

- 0. Introduction
- 1. Essais en laboratoire
 - 1.1. Sélection de tissus présentant une résistance suffisante à la flamme
 - 1.1.1. Appareillage d'essai
 - 1.1.2. Expérimentation sur une première série de 21 tissus
 - 1.1.3. Influence de l'humidité sur la résistance à la flamme
 - 1.1.4. Influence d'un corps à grande inertie thermique en contact avec le tissu ou son voisinage immédiat
 - 1.1.5. Résultats obtenus avec certains tissus

INHOUDSTAFEL

- 0. Inleiding
- 1. Laboratoriumproeven
 - 1.1. Selectie van de weefsels die voldoende aan de vlammen weerstaan
 - 1.1.1. Proefapparatuur
 - 1.1.2. Experimenten op een eerste reeks van 21 weefsels
 - 1.1.3. Invloed van de vochtigheid op de weerstand aan de vlammen
 - 1.1.4. Invloed van een lichaam met grote thermische inertie, bij contact met het weefsel of met zijn onmiddellijke omgeving.
 - 1.1.5. Resultaten, met zekere weefsels bekomen.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1.2. Sélection des tissus présentant une résistance suffisante au flux de chaleur <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1. Appareillage 1.2.2. Résultats des essais 2. Refroidissement autonome <ul style="list-style-type: none"> 2.1. Conception du vêtement <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1. Refroidissement par conduction 2.1.2. Refroidissement par convection 2.1.3. Refroidissement par évaporation 2.2. Refroidissement de l'appareil respiratoire 3. Choix du vêtement en fonction de sa portabilité <ul style="list-style-type: none"> 3.1. Essais de portabilité sans refroidissement supplémentaire 3.2. Comparaison de portabilité des tissus classés 3.3. Conclusions 4. Essais d'explosion en galeries de 14 m² et 5 m² de section <ul style="list-style-type: none"> 4.1. Conditions des expériences <ul style="list-style-type: none"> 4.1.1. Explosions à l'air libre 4.1.2. Explosions dans une galerie de 14 m² de section 4.1.3. Explosions dans une galerie de 5 m² de section 4.2. Interprétation des mesures <ul style="list-style-type: none"> 4.2.1. Mesures des températures 4.2.2. Mesures calorimétriques 4.3. Tissus soumis aux essais 4.4. Essais réalisés et résultats <ul style="list-style-type: none"> 4.4.1. Essais en galerie de 14 m² de section 4.4.2. Essais dans une galerie de 5 m² de section 4.5. Résumé des résultats 4.6. Conclusions 5. Conclusions générales <ul style="list-style-type: none"> Annexe I Annexe II Annexe III | <ul style="list-style-type: none"> 1.2. Selectie van de weefsels die voldoende aan de warmtestroming weerstaan <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1. Apparatuur 1.2.2. Resultaten der proeven 2. Autonome verkoeling <ul style="list-style-type: none"> 2.1. Conceptie van de kledij <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1. Verkoeling door geleiding 2.1.2. Verkoeling door convectie 2.1.3. Verkoeling door verdamping 2.2. Verkoeling van het ademhalingstoestel 3. Keuze van de kledij in functie van haar draagbaarheid <ul style="list-style-type: none"> 3.1. Draagbaarheidsproeven, uitgevoerd zonder bijkomende verkoeling 3.2. Vergelijking van de draagbaarheid van de als A geclassificeerde weefsels. 3.3. Besluiten 4. Ontploffingsproeven in galerijen met een sectie van 14 m² en 5 m² <ul style="list-style-type: none"> 4.1. Proefomstandigheden <ul style="list-style-type: none"> 4.1.1. Ontploffingen in open lucht 4.1.2. Ontploffingen in een galerij met een sectie van 14 m² 4.1.3. Ontploffingen in een galerij met een sectie van 5 m² 4.2. Interpretatie van de uitgevoerde metingen <ul style="list-style-type: none"> 4.2.1. Temperatuursmetingen 4.2.2. Calorimetrische metingen 4.3. Aan de proeven onderworpen weefsels 4.4. Gerealiseerde proefnemingen en resultaten daarvan <ul style="list-style-type: none"> 4.4.1. Proefnemingen in een galerij met een sectie van 14 m² 4.4.2. Proefnemingen in een galerij met een sectie van 5 m² 4.5. Samenvatting van de bekomen resultaten 4.6. Besluiten 5. Algemene besluiten <ul style="list-style-type: none"> Bijlage I Bijlage II Bijlage III |
|---|---|

0. INTRODUCTION

La recherche a pour but de trouver un vêtement autonome donnant aux sauveteurs une protection suffisante contre la flamme d'une explosion molle.

D'après les mesures effectuées au cours d'inflammations et d'explosions, le vêtement devrait résister à

0. INLEIDING

Het onderzoek heeft tot doel het vinden van een autonome kledij, die aan de redders een voldoende bescherming tegen de vlammen van een zwakke ontploffing geven kan.

Ingevolge tijdens ontvlammingsen en ontploffingen uitgevoerde metingen, zou de kledij gedurende

une température de 1.300°C pendant un maximum de 6 s, ne pas laisser passer un flux de chaleur supérieur à 2,5 kJ/m².s après une exposition de 6 s à un flux de chaleur de 85 kJ/m².s, et enfin ne pas se détériorer sous une pression dynamique de 0,5 atm. En plus, le vêtement doit permettre un travail de sauvetage pendant au moins une heure dans des conditions climatiques variables qui peuvent aller jusque 40°C et 50°C.

Un grand nombre de tissus ininflammables existent sur le marché. Il a été décidé, dans une première partie, d'établir une sélection au moyen d'essais de laboratoire entre les tissus assez souples pour être confectionnés en costume. Une deuxième partie étudie les possibilités de refroidissement du sauveteur et de son appareil. Une troisième partie du rapport renseigne sur la portabilité des costumes sélectionnés et une quatrième partie donne les résultats obtenus avec certains costumes lors d'essais d'explosion en galeries de 14 m² et de 5 m² de section. Enfin, une cinquième partie donne les conclusions générales.

1. ESSAIS EN LABORATOIRE

Ces essais ont pour but de déterminer les tissus ou combinaisons de tissus susceptibles de résister à une flamme de 1.300°C pendant 6 s et présentant une résistance au flux de chaleur telle qu'ils laissent passer moins de 2,5 kJ/m².s après une exposition de 6 s à un flux de chaleur de 85 kJ/m².s.

1.1. Sélection de tissus présentant une résistance suffisante à la flamme

Cette recherche a été faite par le Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France.

1.1.1. Appareillage d'essai

A la base et dans l'axe d'un four cylindrique de 0,50 m de diamètre et de 1 m de hauteur, un brûleur à propane de 420.000 kJ/h fournit une flamme dont on peut varier la température (fig. 1).

Un bras support pivotant dans un plan perpendiculaire à l'axe du four, à mi-hauteur, permet, d'une part, la mise en place de l'éprouvette à l'extérieur du four, d'autre part, son introduction dans l'axe de la flamme (fig. 2).

maximaal 6 seconden moeten weerstaan aan een temperatuur van 1.300°C, na een blootstelling van 6 seconden aan een warmtestroming van 85 kJ/m².s geen warmtestroming van meer dan 2,5 kJ/m².s laten doorstromen, en tenslotte niet vernietigd worden onder een dynamische druk van 0,5 At. Daarboven moet de kledij geschikt zijn om gedurende minstens één uur reddingswerk te verrichten in veranderlijke klimatologische omstandigheden van 40°C tot 50°C.

Op de markt is een groot aantal onontvlambare weefsels te verkrijgen. Er werd beslist om in een eerste stadium van het onderzoek door middel van laboratoriumproeven een selectie door te voeren tussen de weefsels, die voldoende soepel waren om onder de vorm van kostuum verwerkt te worden. In een tweede deel worden de mogelijkheden van verkoeling van de redder en van zijn ademhalingstoestel bestudeerd. Een derde deel van het verslag verstrekt inlichtingen over de draagbaarheid van de uitgekozen kostuums, en een vierde deel geeft de resultaten, met bepaalde kostuums bekomen na ontploffingsproeven in galeries met een sectie van 14 m² en 5 m². Tenslotte worden in een vijfde deel de algemene besluiten vermeld.

1. LABORATORIUMPROEVEN

Deze proeven hadden tot doel de bepaling van de weefsels of van de weefselcombinaties, geschikt om gedurende 6 seconden te weerstaan aan een vlam van 1.300°C en zodanig bestand tegen warmtestroming dat zij minder dan 2,5 kJ/m².s laten doorstromen na een blootstelling van 6 seconden aan een warmtestroming van 85 kJ/m².s.

1.1. Selectie van de weefsels die voldoende aan de vlammen weerstaan

Dit onderzoek werd gedaan door het « Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France ».

1.1.1. Proefapparatuur

Aan de basis en in de as van een cilindrische oven van 0,50 m doormeter en 1 m hoogte levert een propaangasbrander van 420.000 kJ/h een vlam, waarvan men de temperatuur kan wijzigen (fig. 1).

Een draagarm, loodrecht op de as van de oven — in het midden van de hoogte van deze oven — op zijn spil draaiend, laat toe, enerzijds het op plaats brengen van het proefstuk aan de buitenkant van de ovens, en anderzijds het inbrengen van dit proefstuk in de as van de vlam (fig. 2).

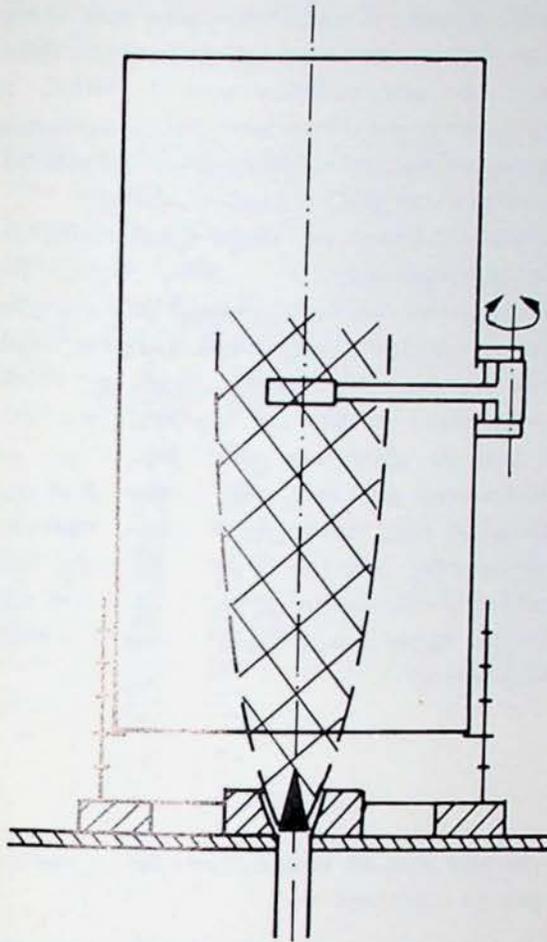


Fig. 1 — Résistance à la flamme — Schéma d'ensemble.
Weerstand aan de vlammen — Schema van het geheel.

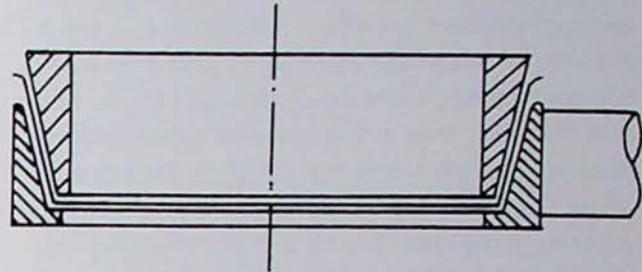


Fig. 2 — Résistance à la flamme — Support d'éprouvette.
Weerstand aan de vlammen — Ophanging van het proefstuk.

La température de la flamme, au niveau de l'éprouvette, est réglable par la variation du débit de propane et par la variation de la distance entre le brûleur et l'éprouvette. La température est contrôlée par une sonde pyrométrique à aspiration.

1.1.2. Expérimentation sur une première série de 21 tissus

Conditions expérimentales :

- Tissu en simple épaisseur à l'état sec.
- Température explorée : 600° - 850° - 1.100°C.
- Temps d'exposition pour chacune des températures : 2, 5 et 8 secondes.

Les conclusions générales de cette expérimentation sont les suivantes :

- Les résultats obtenus sont cohérents, les essais sont reproductibles : on peut donc considérer que l'appareillage et le mode opératoire sont convenables.
- Le temps d'exposition à la flamme a une grande importance pour le comportement du tissu.
- Parmi les tissus éprouvés, les tissus à base de fibre de verre sont ceux qui se comportent le mieux. Pour la plupart, ils résistent, sans altéra-

Op het niveau van het proefstuk is de temperatuur van de vlam regelbaar door verandering van het debiet van het propaangas en door variatie van de afstand tussen de brander en het proefstuk. De temperatuur wordt gecontroleerd door middel van een zuigende pyrometrische sonde.

1.1.2. Experimenten op een eerste reeks van 21 weefsels

Proefomstandigheden :

- Droog weefsel op enkelvoudige dikte.
- Onderzochte temperaturen : 600°C, 850°C en 1.100°C.
- Duur van blootstelling aan ieder van de hierboven aangegeven temperaturen : 2, 5 en 8 seconden.

De algemene besluiten van deze experimenten zijn de volgende :

- De bekomen resultaten zijn coherent en de proefnemingen zijn reproductief. Men kan dus in aanmerking nemen dat de apparatuur en de gevolgde handelwijze passend zijn.
- De duur van blootstelling aan de vlammen heeft een grote invloed op de gedraging van het weefsel.
- Van de aan de proeven onderworpen weefsels zijn deze op basis van glaswol deze die zich het best gedragen. De meeste weerstaan aan een

tion grave, à 850°C pendant 8 s et certains à 1.100°C pendant le même temps.

Par contre, les tissus en Nomex sont rapidement détruits à 600°C.

- Les premiers résultats obtenus par la Hauptrettungsstelle d'Essen ont montré que la fibre de verre constituait un écran médiocre à la transmission de la chaleur, de qualité bien inférieure, sous cet aspect, à des tissus résistant moins bien à la flamme. Une première orientation logique pour le vêtement complet consiste donc à envisager un ensemble comprenant une enveloppe extérieure résistant bien à la flamme et une doublure intérieure s'opposant à la transmission de chaleur.

1.1.3. *Influence de l'humidité sur la résistance à la flamme*

Le vêtement envisagé doit posséder un dispositif de refroidissement permettant au porteur de travailler dans une atmosphère chaude. Dans certains cas simples, une solution immédiate et peu onéreuse à ce problème de refroidissement pourrait consister à humidifier le vêtement.

Dans ce but, une série d'essais ont été effectués pour connaître la différence de comportement à la flamme d'un tissu entre l'état sec et l'état mouillé. Des tissus en fibre de verre et des tissus ignifugés ont été examinés. L'enseignement tiré de tous les essais de résistance à une flamme de 1.500°C est le suivant :

- Aucun des tissus dont nous disposons ne résiste, à l'état sec, à une exposition de 6 s. Les tissus en fibre de verre se rigidifient, les fils se soudent entre eux (la température de fusion du verre est inférieure à 1.000°C). Cependant, certains tissus en fibre de verre supportent sans altération grave une exposition de 3 s.
- Les tissus en fibre de verre, habituellement peu épais, retiennent peu d'eau quand on les mouille. En effet, l'eau glisse sur les fibres et n'est pas absorbée. Il s'ensuit que leur résistance à la flamme est sensiblement la même à l'état sec et à l'état mouillé.
- Les tissus ignifugés, à base de coton ou de fibre synthétique, retiennent bien l'eau. Ils peuvent en absorber entre 50 % et plus de 150 % de leur poids. Pour cette raison, leur résistance à la

blootstelling van 8 seconden aan een temperatuur van 850°C, en sommige gedurende dezelfde tijd aan een temperatuur van 1.100°C, zulks zonder belangrijke veranderingen te ondergaan. Daarentegen zijn de « Nomex »-weefsels bij een temperatuur van 600°C snel vernietigd.

- De eerste resultaten van de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » van Essen/Duitse Bondsrepubliek, hebben aangetoond dat glaswol slechts een middelmatig scherm vormt tegen de warmte-overdracht en op dit gebied van merkkelijk miere kwaliteit is dan de weefsels die minder goed aan de vlammen weerstaan. Een eerste oriëntatie voor een volledige kledij wijst dus logischerwijze naar het in aanmerking nemen van een ensemble, bestaande uit een goed aan de vlammen weerstaande uitwendige envelop met een zich tegen warmte-overdracht werende binnenvoering.

1.1.3. *Invloed van de vochtigheid op de weerstand aan de vlammen*

De in aanmerking te nemen kledij dient voorzien te zijn van een verkoelingsdispositief, dat het de drager moet mogelijk maken in warme atmosfeer te arbeiden. In bepaalde eenvoudige gevallen zou een onmiddellijke en weinig kostende oplossing van dit verkoelingsprobleem kunnen bestaan in het bevochtigen van de kledij.

Met dit doel werd een reeks proeven uitgevoerd ter bepaling van het verschil in gedraging in de vlammen van een weefsel in droge toestand en in bevochtigde staat. Glaswolweefsels en onbrandbaar gemaakte weefsels werden getest. Uit al de proeven van weerstand aan een vlam van 1.500°C bleek het volgende :

- Geen enkel van de ons ter beschikking staande weefsels weerstaat in droge toestand aan een blootstelling van 6 seconden. De glaswolweefsels werden stijf en hun draden plakten aan elkaar (de smeltemperatuur van glaswol bedraagt minder dan 1.000°C). Nochtans verdragen sommige glaswolweefsels een blootstelling van 3 seconden zonder ingrijpende veranderingen te ondergaan.
- Glaswolweefsels zijn over het algemeen weinig dik en weerhouden bij bevochtiging slechts weinig water. Inderdaad, het water glijdt over de vezels en wordt niet opgeslorpt. Het gevolg is dat hun weerstand aan de vlammen merkkelijk dezelfde is bij droge toestand als in bevochtigde staat.
- De onbrandbaar gemaakte weefsels op basis van katoen of van synthetische vezels weerhouden het water goed. Zij kunnen tussen 50 % en meer dan 150 % van hun gewicht aan water absorberen. Om

flamme est très différente entre l'état sec et l'état mouillé.

Ainsi, à l'état sec, aucun ne résiste à une exposition de 3 s, alors qu'à l'état mouillé beaucoup d'entre eux résistent à une exposition de 6 s et même de 9 s. Cette résistance à la flamme est favorisée par leur épaisseur (poids au mètre carré), ce qui est logique, car ils retiennent une plus grande quantité d'eau par unité de surface quand ils sont plus épais.

- Un tissu en fibre de verre à l'état sec, doublé d'un tissu ignifuge à l'état sec, résiste à une exposition de 6 s si la doublure est épaisse. Mais, cette doublure est détruite. Si la doublure est mouillée, les deux tissus supportent l'épreuve sans altération grave.

1.1.4. Influence d'un corps à grande inertie thermique en contact avec le tissu ou son voisinage immédiat

Un vêtement est en contact plus ou moins intime avec le corps du porteur. Il s'ensuit des échanges calorifiques mutuels qui tendent à avoir le même effet, pour le vêtement, qu'une augmentation de son inertie thermique.

Nous avons cherché à mettre ce fait en évidence au cours d'essais à la flamme en comparant les résultats obtenus :

- avec tissu seul (disposition type I) ;
- avec tissu à 1 mm duquel est disposée une baudruche contenant une hauteur d'eau de 15 mm (disposition type II) ;
- avec tissu sur lequel repose une baudruche contenant une hauteur d'eau de 15 mm (disposition type III).

Une première série d'essais effectués à la température de 1.300°C et des temps d'exposition de 2, 4 et 6 s sur des tissus en simple et en double épaisseur, a permis de confirmer, dans une certaine mesure, l'effet d'inertie escompté. La résistance à la flamme du tissu est meilleure pour les temps d'exposition de 2 et de 4 s quand on passe de la disposition type I à la disposition type III.

deze reden is hun weerstand aan de vlammen zeer verschillend naargelang hun droge toestand of bevochtigde staat.

Aldus weerstaat geen enkel dezer weefsels in droge toestand aan een blootstelling van 3 seconden, terwijl in bevochtigde staat meerdere onder hen weerstaan aan een blootstelling van 6 seconden en zelfs van 9 seconden. Deze weerstand aan de vlammen wordt bevorderd door hun dikte (gewicht per vierkante meter), hetgeen logisch is, omdat zij door hun dikte een grotere hoeveelheid water per eenheid van oppervlakte weerhouden.

- Een glaswolweefsel in droge toestand, gevoerd met een droog onbrandbaar gemaakt weefsel, weerstaat aan een blootstelling van 6 seconden wanneer het een dikke voering betreft. Deze voering wordt echter vernietigd. Wanneer de voering bevochtigd is, verdragen de twee weefsels de proef zonder ernstige beschadiging.

1.1.4. Invloed van een lichaam met grote thermische inertie, bij contact met het weefsel of met zijn onmiddellijke omgeving

Een kleding is in min of meer intiem contact met het lichaam van de drager ervan. Hierdoor ontstaan onderlinge warmte-uitwisselingen, dewelke voor de kledij slechts hetzelfde effect hebben als een verhoging van haar thermische inertie.

Wij hebben getracht dit feit in het licht te stellen door proefnemingen met vlammen, zulks ter vergelijking van de bekomen resultaten :

- met het weefsel alleen (dispositie type I) ;
- met weefsel, waarboven op 1 mm een vlies geschikt wordt, hetwelk een hoogte van 15 mm water weerhoudt (dispositie type II) ;
- met weefsel, op hetwelk een vlies rust, dat een hoogte van 15 mm water weerhoudt (dispositie type III).

Een eerste reeks proeven, uitgevoerd op weefsels met enkele en met dubbele dikte, met een duur van blootstelling van 2 en 4 en 6 seconden aan een temperatuur van 1.300°C, bevestigde in zekere mate het verwachte inertie-effect. Bij een blootstellingsduur van 2 en 4 seconden vertoont het weefsel een betere weerstand aan de vlammen wanneer men overgaat van de dispositie type I naar de dispositie type III.

1.1.5. Résultats obtenus avec certains tissus

Tableau I

Combinaison de plusieurs tissus	1.300° 6 secondes	1.100° 6 secondes
GL 220 + PTO 480	X	X
GL 220 + PTO 280		X
PTO 480 + BWPA 250	X	X
PTO 480 + BWPA 290	X	X
PTO 280 + BWPA 290		X
GL 220 + PTO 280 + BWPA 250	X	X
GL 220 + PTO 280 + BWPA 290	X	X

Une croix dans la case (X) indique que le tissu (combinaison de tissus) résiste à la flamme.

1.1.5. Resultaten met zekere weefsels bekomen

Tabel I

Combinatie van meerdere weefsels	1.300°C 6 seconden	1.100°C 6 seconden
GL 220 + PTO 480	X	X
GL 220 + PTO 280		X
PTO 480 + BWPA 250	X	X
PTO 480 + BWPA 290	X	X
PTO 280 + BWPA 290		X
GL 220 + PTO 280 + BWPA 250	X	X
GL 220 + PTO 280 + BWPA 290	X	X

Een X wil zeggen dat het weefsel (weefselcombinatie) aan de vlammen weerstaat.

Tableau II

	1 épaisseur / dikte				2 épaisseurs / dikten			
	1.300° 6 s	1.300° 4 s	1.300° 3 s.30.3 s	1.100° 6 s	1.300° 6 s	1.300° 4 s	1.300° 3 s.30.3 s	1.100° 6 s
PTO 490	X	X	X	X	X	X	X	X
PTO 480	X	X	X	X	X	X	X	X
GL 220		X	X	X	X	X	X	X
PTO 280		X			X	X	X	X
DRIMS 230			X	X		X	X	X
GL 180				X			X	X
GL 190				X				X

Une croix dans la case (X) indique que le tissu résiste à la flamme.
3 s.30.3 s = 2 fois 3 s à 30 s d'intervalle.

Een kruis in het vak (X) betekent dat de stof de vlammen weerstaat.
3 s.30.3 s = 2 maal 3 s tot 30 s onderbreking.

1.2. Sélection des tissus présentant une résistance suffisante au flux de chaleur

Cette recherche a été faite par la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen d'Essen.

1.2.1. Appareillage

Alors que le CERCHAR construisait un appareil pour faire les essais de résistance à la flamme, la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen d'Essen en a conçu un pour la mesure du flux de chaleur qui passe à travers un tissu. Ce calorimètre se compose essentiellement d'un bloc d'aluminium englobé dans une masse isolante. Il peut être testé au moyen d'une résistance électrique (fig. 3).

1.2. Selectie van de weefsels, die voldoende aan de warmtestroming weerstaan

Dit onderzoek werd verricht door de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » van Essen/Duitse Bondsrepubliek.

1.2.1. Apparatuur

Terwijl CERCHAR een apparaat bouwde voor de proeven betreffende de weerstand aan de vlammen, ontwierp de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » er een voor het meten van de door het weefsel stromende warmtestroming. Deze calorimeter bestaat in essentie uit een blok aluminium, omringd van een isolerende massa. Hij kan getest worden met behulp van een elektrische weerstand (fig. 3).

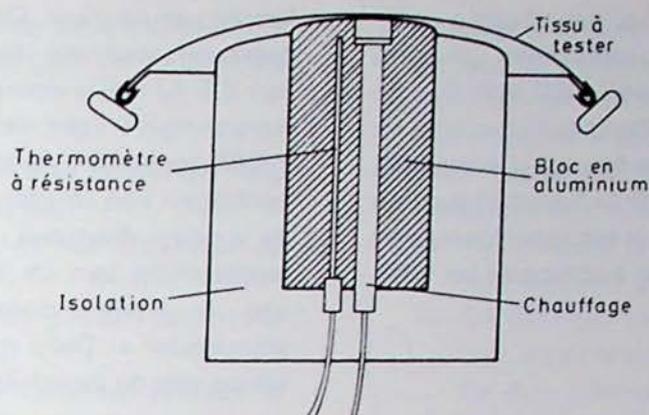


Fig. 3. — Calorimètre / Calorimeter.

La température du calorimètre est mesurée au moyen d'un thermomètre à résistance incorporée. Le tissu à tester est placé sur une surface de 5 cm × 5 cm, seule partie non isolée du calorimètre. La source de chaleur est un brûleur au propane. La température de la flamme est de 860°C et est très stable. Le flux de chaleur développé à l'endroit du calorimètre est environ 82 kJ/m².s (fig. 4).

De temperatuur aan de calorimeter wordt gemeten met behulp van een ingebouwde thermometer met weerstand. Het te beproeven weefsel wordt geplaatst op een oppervlakte van 5 cm × 5 cm, zijnde het enige niet-geïsoleerde gedeelte van de calorimeter. De warmtebron bestaat uit een propaan-gasbrander. De temperatuur van de vlam bedraagt 860°C, en is zeer stabiel. De warmtestroming aan de calorimeter bedraagt ongeveer 82 kJ/m².s (fig. 4).

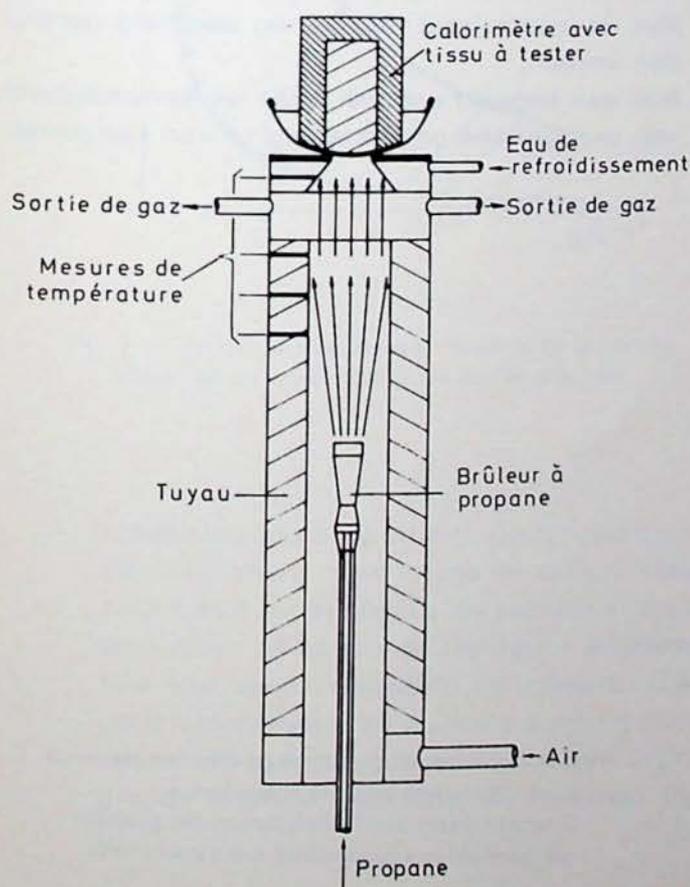


Fig. 4 — Brûleur au propane et calorimètre. Propaangasbrander en calorimeter.

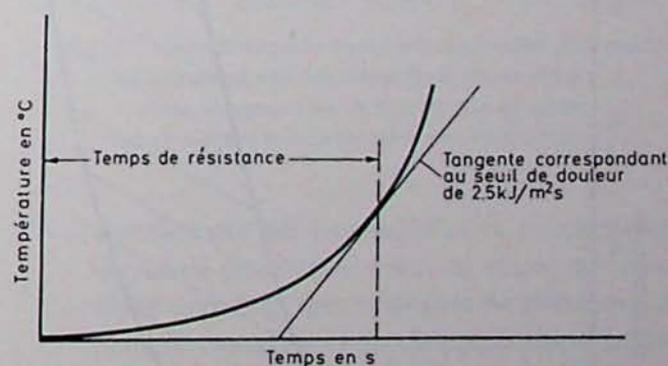


Fig. 5 — Courbe température-temps avec la détermination du temps de résistance. Curve « température-duur », met bepaling van de duur van weerstand.

La perméabilité à la chaleur d'un tissu se mesure par la quantité de chaleur absorbée par le calorimètre en fonction du temps. La figure 5 montre l'augmentation de température du calorimètre en fonction du temps. Une tangente, dont la pente représente un

De aard van doordringbaarheid van de warmte doorheen een weefsel wordt gemeten aan de hand van de hoeveelheid warmte, in functie van de duur door de calorimeter opgeslorpt. De figuur 5 toont de verhoging van de temperatuur aan de calorimeter in

flux de chaleur de $2,5 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{s}$, est tracée à cette courbe. Cette dernière valeur représente, pour un long temps d'application (jusqu'à 1.000 s) le flux de chaleur que peut supporter l'homme sans ressentir de douleur (seuil de douleur). Le temps qui s'écoule depuis le moment d'application de la flamme jusqu'au dépassement du seuil de douleur est appelé temps de résistance. Cette mesure a servi à comparer les différents tissus.

1.2.2. Résultats des essais

35 tissus différents ont été soumis à des essais de résistance au flux de chaleur, soit employés seuls, soit doubles, soit en combinaison avec d'autres tissus, avec et sans sous-vêtements.

De façon générale, on peut conclure :

- Pour aucun tissu utilisé seul, le temps de résistance n'a atteint les 6 s demandées.
- Quand on retire le tissu de la flamme, après un temps inférieur à 6 s, on s'aperçoit que le flux de chaleur atteignant le calorimètre continue à augmenter pendant un certain temps. Il faudra tenir compte de ce phénomène.
- Pour un tissu déterminé, la présence d'un sous-vêtement ordinaire ou Frottee simple semble aug-

menter le temps de résistance. On a constaté que la fonction de la durée. Op deze curve werd een tangens getekend, waarvan de richting een warmtestroming van $2,5 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{s}$ voorstelt. Laatstvernoemde waarde representeert voor een lange toepassingsduur (tot 1.000 seconden) de warmtestroming, die een mens verdragen kan zonder hinder te ondervinden (d.w.z. de « pijn »-drempel). De tijd die verloopt tussen de blootstelling aan de vlammen en het overschrijden van de « pijn »-drempel noemt men de « weerstandsduur ». Deze meting heeft gediend ter vergelijking van de verschillende weefsels.

1.2.2. Resultaten der proeven

35 verschillende weefsels werden onderworpen aan proeven van weerstand aan warmtestroming, zulks als enkelvoudig weefsel of in een dubbele vorm of in combinatie met andere weefsels met en zonder onderkleding.

In het algemeen kunnen de volgende besluiten getrokken worden :

- Geen enkel van de enkelvoudige weefsels heeft de vereiste 6 seconden weerstandsduur bereikt.
- Wanneer men het weefsel na minder dan 6 seconden uit de vlammen trekt, stelt men vast dat de warmtestroming, die de calorimeter bereikt gedurende een zeker tijd blijft toenemen. Met dit verschijnsel zal moeten rekening gehouden worden.
- Met een bepaald weefsel blijkt de aanwezigheid van een gewone onderkleding of van een enkel-

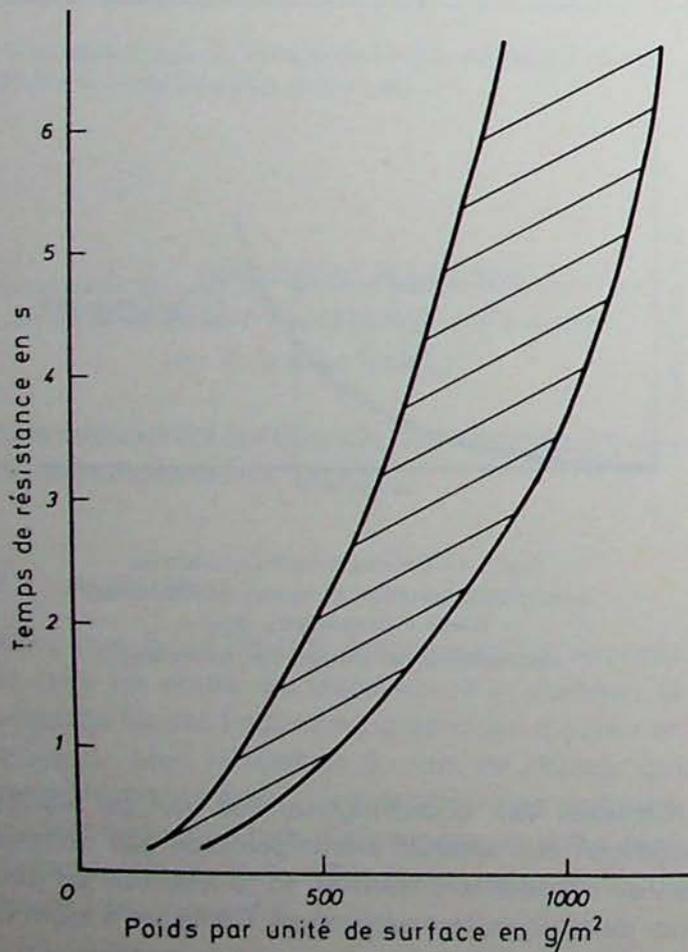


Fig. 6 — Temps de résistance en fonction du poids par unité de surface des tissus.
Duur van weerstand in functie van het gewicht per eenheid van oppervlakte van de weefsels.

menter le temps de résistance de 2 s environ, un Frottee double représente un gain de 4 s environ.

- d) On a établi les relations entre le temps de résistance, d'une part, et, d'autre part :
- Le poids des tissus en g/m^2 . La corrélation est très bonne (fig. 6).
 - La densité du matériau en g/cm^3 . La corrélation est aussi très bonne. Le temps de résistance diminue lorsque la densité augmente (fig. 7).

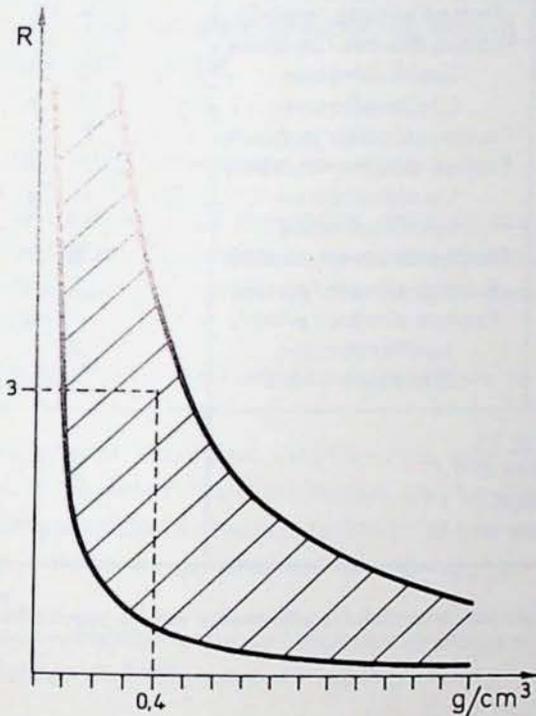


Fig. 7 — Temps de résistance en fonction de la densité.
 Duur van weerstand in functie van de densiteit.

voudige « Frottee » de weerstandsduur met ongeveer 2 seconden te verlengen, terwijl het gebruik van een dubbele « Frottee » een winst van ongeveer 4 seconden oplevert.

- d) Men bepaalde de relatie tussen de duur van weerstand enerzijds, en anderzijds :
- Het gewicht van de weefsels in g/m^2 . De correlatie is zeer goed (fig. 6).
 - De densiteit van het materiaal in g/m^3 . Ook hier is de correlatie zeer goed (fig. 7). De duur van weerstand vermindert wanneer de densiteit vermeerderd.

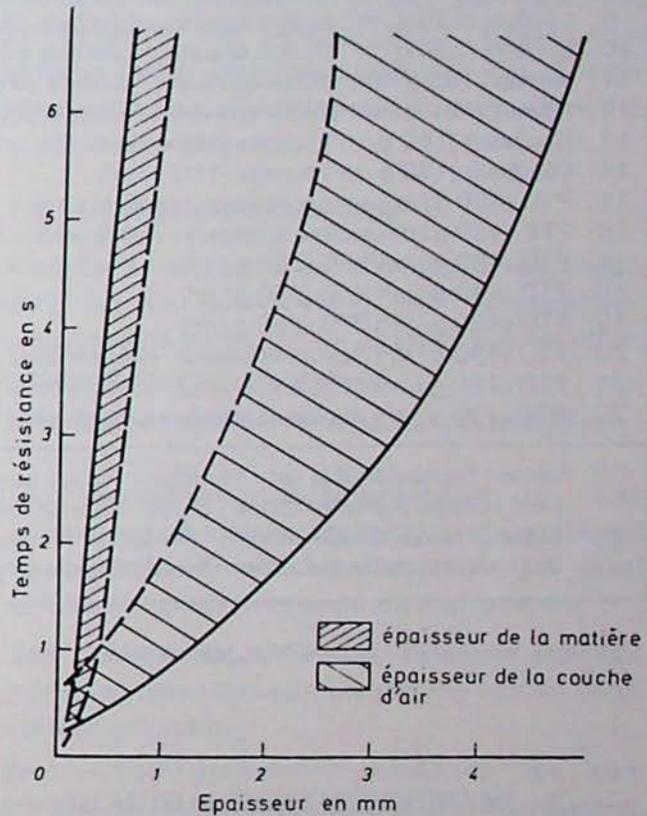


Fig. 8 — Temps de résistance en fonction de l'épaisseur de matière et de l'épaisseur de la couche d'air.
 Duur van weerstand in functie van de dikte van de materie en van de dikte van de luchtlaag.

- L'épaisseur du tissu en mm. On n'a pas trouvé de corrélation, mais lorsqu'on divise l'épaisseur totale en épaisseur de matière et épaisseur d'air, le temps de résistance augmente très vite avec l'épaisseur de matière. C'est pour l'épaisseur d'air qu'il n'y a pas de corrélation. On suppose que cela serait dû à la plus grande chaleur spécifique du matériau (fig. 8).

Il semble donc qu'il y aura un choix à faire entre un vêtement lourd et un vêtement plus léger mais plus épais.

- e) 24 combinaisons de tissus et sous-vêtements, qui présentent un temps de résistance supérieur à 4 s, ont été choisies (tableau III).

- De dikte van het weefsel in mm. Er werd geen correlatie gevonden, maar de duur van weerstand verhoogt zeer snel met de dikte van de materie, wanneer men de totale dikte onderverdeelt in dikte van de materie en dikte van de luchtlaag. Het is voor de dikte van de luchtlaag dat er geen correlatie bestaat. Men veronderstelt dat zulks toe te schrijven is aan de grotere specifieke warmte van de materie (fig. 8).

Het lijkt dus dat er een keuze zal moeten gemaakt worden tussen een zware kledij en een meer lichte kledij, welke laatste echter dikker zou zijn.

- e) 24 combinaties van weefsels en onderkleding, die een weerstandsduur van meer dan 4 seconden hebben, werden uitgekozen (tabel III).

Tableau III. — Combinaisons de tissus retenues

Tabel III. — Weerhouden weefselcombinaties

Vêtement - Kledij	Sous-vêtement Onderkleding	Temps de résistance en secondes Duur van weerstand in seconden
1. Baumwollköper (310 g/m ²) simple épaisseur / enkele dikte	Frottee double / dubbele	4,20
2. Baumwollköper (310 g/m ²) simple épaisseur / enkele dikte	Luciferofrottee	4,00
3. Baumwollköper (310 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Luciferofrottee	6,70
4. Baumwollköper (310 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Frottee double / dubbele	5,75
5. Baumwollköper (310 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Frottee simple / enkele	4,05
6. Lucifero (320 g/m ²) simple épaisseur / enkele dikte	Frottee double / dubbele	5,60
7. Lucifero (320 g/m ²) simple épaisseur / enkele dikte	Luciferofrottee	4,10
8. Lucifero (320 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Luciferofrottee	6,70
9. Lucifero (320 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Frottee double / dubbele	5,60
10. Lucifero (320 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Frottee simple / enkele	4,60
11. Nomex (180 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Frottee double / dubbele	5,35
12. Nomex (180 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Luciferofrottee	5,00
13. Glasfaser (180 g/m ²) Nomex (180 g/m ²)	Luciferofrottee	4,70
14. Glasfaser (180 g/m ²) Nomex (180 g/m ²)	Frottee double / dubbele	5,65
15. PTO (490 g/m ²) simple épaisseur / enkele dikte	Frottee double / dubbele	5,10
16. PTO (490 g/m ²) simple épaisseur / enkele dikte	Luciferofrottee	4,30
17. PTO (490 g/m ²) PTO (280 g/m ²)	Luciferofrottee	5,60
18. PTO (490 g/m ²) PTO (280 g/m ²)	Frottee double / dubbele	7,05
19. PTO (490 g/m ²) PTO (280 g/m ²)	Frottee simple / enkele	4,60
20. PTO (490 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Frottee simple / enkele	6,00
21. PTO (490 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Luciferofrottee	7,10
22. PTO (490 g/m ²) double épaisseur / dubbele dikte	Schiesser 4433	4,65
23. Veste : Frottee double sec - Pantalon : Frottee simple + pantalon n° 11 Vest : Droge dubbele Frottee - Broek : Enkelvoudige Frottee + broek n° 11		3,50
24. Veste : Frottee double mouillé - Pantalon : Frottee simple + pantalon n° 11 Vest : Natte dubbele Frottee - Broek : Enkelvoudige Frottee + broek n° 11		> 5 *

* Le temps de résistance dépend de la quantité d'eau.

* De duur van weerstand is afhankelijk van de hoeveelheid water.

2. REFROIDISSEMENT AUTONOME

2.1. Conception du vêtement

Cette recherche a été faite en liaison étroite entre l'Institut Provincial Ernest Malvoz de Liège et le Coördinatiecentrum Reddingswezen de Hasselt (Belgique).

Des recherches faites précédemment à la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen et au Coördinatiecentrum Reddingswezen ont démontré que le temps d'intervention des sauveteurs équipés des anciens vêtements antinflamme en Baumwollköper (310 g/m²) portés avec un sous-vêtement en flanelle était considérablement réduit, même dans des ambiances à température normale, parce que le sujet ne parvenait pas à évacuer ses calories. Sa fréquence cardiaque et sa température corporelle atteignaient très rapidement des valeurs inadmissibles.

Le problème était encore plus grave pour des températures plus élevées. Ce type de vêtement était alors inutilisable.

2. AUTONOME VERKOELING

2.1. Conceptie van de kledij

Dit onderzoek werd verricht in nauwe samenwerking tussen het « Institut Provincial Ernest Malvoz » van Liège en het Coördinatiecentrum Reddingswezen van Hasselt (België).

Vroegere onderzoekingen van de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » en van het Coördinatiecentrum Reddingswezen hebben aangetoond dat de duur van de interventie van redders, dragers van de vroegere vlammenwerende kledij uit « Baumwollköper » (310 g/m²) met een flanelen onderkleding, zelfs in omgevingen met normale temperatuur aanzienlijk verminderd werd, omdat het sujet er niet toe kwam zijn calorieën te evacueren. Zijn hartslagfrequentie en zijn lichaamstemperatuur bereikten zeer snel onaanvaardbare waarden.

In hogere temperaturen stelde het probleem zich nog veel ernstiger.

Dit type van kledij was dus onbruikbaar.

Or, dans les 24 combinaisons sélectionnées comme suite aux recherches faites au CERCHAR et à la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen, 23 comportent un vêtement en tissus ininflammables portés avec un sous-vêtement. Pour faciliter le port d'un de ces vêtements, un moyen de refroidissement autonome du sujet a été envisagé.

2.1.1. Refroidissement par conduction

Les recherches ont d'abord été orientées dans le sens de trouver un élément qui, appliqué contre le corps, sous le vêtement extérieur, le refroidirait par conduction. Ces recherches ne donnèrent aucun résultat qui soit applicable ergonomiquement dans le cas qui nous préoccupe.

2.1.2. Refroidissement par convection

On a alors essayé de maintenir entre le sous-vêtement et le vêtement extérieur un micro-climat acceptable. Dans ce cas, l'effet de convection serait prépondérant.

Le vêtement complet serait constitué de la façon suivante :

- a) Un vêtement extérieur, antinflamme, qui pourrait de plus, suivant les ambiances de travail, être réfléchissant de la chaleur radiante et/ou uniquement isolant de la chaleur de convection extérieure.
- b) Un sous-vêtement qui protégerait le corps du flux de chaleur de la flamme d'une explosion.
- c) Un élément refroidissant consistant en un corps qui créerait dans l'espace compris entre le sous-vêtement et le vêtement extérieur, un micro-climat acceptable. Ce corps absorberait des calories dans cet espace par changement de son état physique : fusion ou évaporation ou encore sublimation. La difficulté majeure est de maîtriser le refroidissement.

Dans ce système de refroidissement et dans la gamme des températures d'ambiance que nous nous sommes imposés, le tissu extérieur isole, du moins pendant un certain temps, de la chaleur extérieure.

La disposition de l'élément refroidissant et son isolation par rapport au corps doivent être telles qu'il n'agit que lorsque la température du micro-climat entre le sous-vêtement et le tissu extérieur est égale ou légèrement supérieure à celle du corps, sinon la personne risquerait d'avoir froid. L'idéal serait que, dès le début, l'élément refroidissant crée sous le tissu extérieur un micro-climat à température très légèrement inférieure à celle du corps. Il y aurait, de cette façon, échange de chaleur du corps vers l'extérieur dès le début. Mais, régler la disposition et l'isolation

Welnu, van de 24 combinaties, geselecteerd ingevolge de onderzoeken van Cerchar en van de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen », omvatten er 23 een kledij uit onontvlambaar weefsel, gedragen met een onderkleding. Ter vergemakkelijking van het dragen van één dezer kledijen, werd een autonoom middel ter verkoeling van het sujet in aanmerking genomen.

2.1.1. Verkoeling door geleiding

De onderzoeken werden allereerst gericht naar het vinden van een element dat, onder de bovenkleding tegen het lichaam toegepast, een verkoeling door geleiding zou verwezenlijken. Deze onderzoeken gaven geen enkel resultaat, dat op ergonomisch vlak van toepassing zou kunnen zijn in het ons interesserende geval.

2.1.2. Verkoeling door convectie

Men heeft vervolgens getracht tussen de onderkleding en de bovenkleding een aanvaardbaar micro-klimaat te behouden. In dit geval zou het effect van convectie preponderant zijn.

De volledige kledij zou als volgt samengesteld zijn :

- a) Een vlammenwerende bovenkleding die, naargelang van de arbeidsomgevingen, daarenboven de stralende warmte zou reflecteren en/of enkel de uitwendige convectiewarmte zou isoleren.
- b) Een onderkleding, die het lichaam zou beschermen tegen de warmtestroming van de vlam van een ontploffing.
- c) Een verkoelingselement, bestaande uit een lichaam dat in de ruimte tussen de onderkleding en de bovenkleding een aanvaardbaar micro-klimaat zou scheppen. Dit lichaam zou de calorieën in deze ruimte opslorpen door verandering van zijn fysische toestand : fusie of evaporatie of ook nog sublimatie. De grootste moeilijkheid bestaat in het beheersen van de verkoeling.

Met dit verkoelingsysteem en in de gamma der omgevingstemperaturen, die wij ons oplegden, isoleert het buitenste weefsel alleszins gedurende een zekere tijd van de uitwendige warmte.

De schikking van het verkoelingselement en zijn isolatie ten overstaan van het lichaam dienen zodanig te zijn, dat het enkel ageert wanneer de temperatuur van het microklimaat tussen de onderkleding en de bovenkledij gelijk is aan of lichtjes meer bedraagt dan de temperatuur van het lichaam, zo niet zou de persoon het koud kunnen krijgen. Ideaal zou zijn dat het verkoelingselement vanaf het begin onder de bovenkledij een microklimaat zou scheppen met een temperatuur, een weinig minder dan deze van het lichaam. Op deze wijze zou er van bij aanvang door

des éléments refroidissants pour atteindre exactement cette température est une gageure. Dès lors, pour qu'en aucun cas l'individu n'ait froid au début, l'élément refroidissant est disposé et isolé pour qu'il n'agisse que lorsque la température du micro-climat est un peu supérieure à celle du corps et pour que son action soit proportionnelle à la quantité de chaleur qu'il reçoit. On parvient ainsi à maintenir dans des limites acceptables la température du micro-climat. Le micro-climat ayant toujours une température légèrement supérieure à celle du corps, les fonctions physiologiques de défense du corps contre la chaleur entrent en action dès le début : accélération de la fréquence cardiaque, vasodilatation périphérique, sudation.

Lorsqu'on porte ce vêtement, la notion de température effective de l'ambiance est beaucoup moins importante.

Ce qui importe surtout, c'est la température sèche et la température radiante qui conditionnent le flux de calories qui passe au travers de l'enveloppe extérieure. L'enveloppe extérieure doit être conçue en fonction de l'ambiance de travail de façon à isoler le mieux possible de la chaleur, quelle que soit sa source.

De nombreuses recherches ont été faites en vue de déterminer l'élément refroidissant pour ce type de vêtement. Le détail est repris dans le « Rapport de la recherche n° 6242/21/O/60 de la Commission des Communautés Européennes — Direction Générale des Affaires Sociales — Luxembourg ».

En conclusion : Le fréon 11 contenu dans une chasuble et une cagoule en teflon est très valable comme élément refroidissant, mais il présente des difficultés techniques. La glace carbonique répartie sur la tête et le tronc dans des boîtes métalliques est très efficace, mais peu ergonomique, et n'est à envisager que pour les cas extrêmes de température.

D'autres recherches ont démontré que les parties du corps où le refroidissement est le plus efficace sont la tête et le tronc, et qu'il est préférable de porter un vêtement très large plutôt qu'un vêtement ajusté.

2.1.3. Refroidissement par évaporation

Le CERCHAR, de même que la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen, avaient trouvé que le Frottee double de la firme Schiesser imbibé d'eau avait une très bonne résistance à la flamme, de même qu'un temps de résistance au flux de chaleur supérieur aux combinaisons de tissus secs. Le Frottee double mouillé répondait très bien aux exigences formulées.

het lichaam warmte naar buiten afgegeven worden. Het is echter niet te geloven dat de schikking en de isolatie van de verkoelingselementen kunnen geregeld worden om precies deze temperatuur te bekomen. Opdat het individu bij aanvang in geen geval kou zou hebben, wordt van die tijd af het verkoelingselement zodanig geschikt en geïsoleerd, dat het slechts dan ageert wanneer de temperatuur van het microklimaat een weinig hoger dan deze van het lichaam is en dat zijn werking proportioneel zou zijn aan de ontvangen hoeveelheid warmte. Aldus komt men er toe de temperatuur van het microklimaat binnen aanvaardbare perken te houden. De temperatuur van het microklimaat steeds een weinig boven deze van het lichaam liggende, treden de fysiologische verdedigingsfuncties van het lichaam tegen de warmte vanaf het begin in werking : verhoging van de hartslagfrequentie, periferische uitzetting van de bloedvaten, zweten.

De notie van effectieve temperatuur van de omgeving is bij dragen van deze kledij veel minder belangrijk.

Vooraf van belang is de droge temperatuur en de stralende temperatuur, dewelke de stroming van calorieën conditioneren, die doorheen de buitenste envelop stroomt. De buitenste envelop dient opgevat te worden in functie van de arbeidsomgeving, zodanig dat de warmte zo goed mogelijk geïsoleerd wordt, welke er ook de bron van weze.

Met het oog op het bepalen van het verkoelingselement voor een type van kledij werden vele proefnemingen gedaan. Zij zijn gedetailleerd vermeld in het rapport over het onderzoek nummer 6242/21/O/60 van het Directoraat voor Sociale Aangelegenheden van de Commissie van de Europese Gemeenschappen te Luxemburg.

Als besluit kan gesteld worden : « Freon II » in een kazuifel en in een hoofdkap van teflon is als verkoelingselement zeer waardevol, maar stelt technische moeilijkheden. Koolzuurijs, in metalen dozen verdeeld over het hoofd en de romp, is zeer doeltreffend, maar is weinig ergonomisch en slechts voor extreme temperaturen in aanmerking te nemen.

Andere onderzoekingen hebben aangetoond dat het hoofd en de romp de lichaamsdelen zijn waar de verkoeling het meest doeltreffend is, en dat het te verkiezen is een zeer brede kledij te dragen, liever dan een aansluitende kleding.

2.1.3. Verkoeling door evaporatie

CERCHAR, evenals de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen », hadden vastgesteld dat de dubbele « Frottee » van de firma Schiesser met water doordrenkt een zeer goede weerstand tegen de vlammen had, alsmede een duur van weerstand tegen de warmtestroming, die langer is dan deze van combinaties van droge weefsels. De natte dubbele « Frottee » voldeed zeer goed aan de gestelde eisen.

On s'est demandé si, pour la gamme de températures d'ambiance de travail envisagée, le vêtement mouillé ne pourrait pas être une solution. Des essais de portabilité, avec mesures physiologiques dans des ambiances atteignant 40°C sec et 35°C humide, ont permis de comparer un vêtement ajusté complet en Frottee double sec et le même vêtement trempé dans de l'eau à 35°C et légèrement essoré (4 kg d'eau). Les résultats ont été en faveur du vêtement mouillé.

Des essais faits à l'Institut Malvoz ont mis en évidence que l'effet de refroidissement du vêtement mouillé, même dans des conditions de taux d'humidité élevée, était principalement dû à une évaporation importante.

Le tableau IV reprend les résultats des pesées destinées à différencier l'évaporation et la perte de poids ; il s'agit de moyenne de trois résultats pratiquement identiques obtenus dans trois circonstances. A la température du laboratoire, on constate que toute la perte de poids correspond à l'évaporation ; il n'y a pas de sueur perdue par écoulement. En présence d'une contrainte thermique, 40°C sec — 31°C humide, une partie de la perte de poids est inutilisée pour l'évaporation, étant dissipée sous forme d'écoulement de sueur ; cette différence représente environ 200 g. Sous l'influence de la veste-cagoule mouillée, l'évaporation dépasse la perte de poids corporel du sujet de 150 g, à partir du vêtement. Au total, le sujet évapore 350 g de plus sous l'influence d'une veste et d'une cagoule en double Frottee mouillées, ce qui conduit à une dissipation supplémentaire de 790 kJ dont une partie profite à l'individu et explique sa meilleure thermo-régulation dans cette circonstance, l'autre partie devant être dissipée dans l'ambiance.

Men heeft zich afgevraagd of de natte kledij een oplossing kon zijn voor de interesserende gamma van arbeidsomgevingstemperaturen. Draagbaarheidstester, uitgevoerd met physiologische metingen bij temperaturen van tot 40°C droog en 35°C vochtig hebben de vergelijking mogelijk gemaakt tussen een volledige aansluitende kledij van droge dubbele « Frottee » en dezelfde kledij, gedrenkt in water op 35°C en vervolgens lichtjes uitgewrongen (4 kg water). De resultaten waren in het voordeel van de natte kledij.

Proefnemingen van het « Institut Provincial Ernest Malvoz » hebben aan het licht gebracht dat het verkoelende effect van de natte kledij, zelfs in omstandigheden met hoge vochtigheidsgraad, in hoofdzaak aan een belangrijke evaporatie toe te schrijven was.

De tabel IV herneemt de resultaten van de wegingen, uitgevoerd om de evaporatie en het gewichtsverlies te differentiëren. Het gaat hier om de gemiddelden van drie praktisch identieke resultaten, bekomen in drie omstandigheden. Bij de temperatuur van het laboratorium stelt men vast dat geheel het gewichtsverlies overeenstemt met de evaporatie ; er is dan geen door afvloeien verloren zweet. Bij aanwezigheid van een thermische gedwongenheid van 40°C droog en 31°C vochtig wordt een gedeelte van het gewichtsverlies niet voor evaporatie aangewend, vermits dit gedeelte onder de vorm van afvloeien van zweet verdreven wordt ; dit verschil vertegenwoordigt ongeveer 200 g. Onder invloed van de natte kapvest overschrijdt de evaporatie het lichaams-gewichtsverlies van het sujet met 150 g, berekend vanaf de kledij. In het totaal evaporeert het sujet 350 g meer door de invloed van de natte vest en natte hoofdkap uit dubbele « Frottee », hetgeen een bijkomende verdrijving van 790 kJ betekent, waarvan een gedeelte het individu ten goede komt en in deze omstandigheid zijn betere thermo-regulatie verklaart, terwijl het andere gedeelte in de omgeving afgegeven wordt.

Tableau IV : Perte de poids et évaporation dans 3 circonstances expérimentales

Circonstance	Perte de poids g	Evaporation g
a) Laboratoire à t° normale	350	350
b) Contrainte thermique sans refroidissement	662	450
c) Port d'une veste et d'une cagoule mouillées en contrainte thermique	650	800

Tabel IV : Gewichtsverlies en evaporatie in drie proefomstandigheden

Omstandigheid	Gewichtsverlies in g	Evaporatie in g
a) Laboratorium op normale temperatuur	350	350
b) Thermische gedwongenheid zonder verkoeling	662	450
c) Dragen van een natte vest en natte hoofdkap bij thermische gedwongenheid	650	800

2.2. Refroidissement de l'appareil respiratoire

L'appareil respiratoire à circuit fermé est une source très importante de calories. Depuis longtemps, pour les cas d'intervention dans les températures élevées, le Coördinatiecentrum Reddingswezen refroidit l'appareil respiratoire et le dos des sauveteurs au moyen d'un coussin contenant du CO₂ solide, placé entre l'appareil et le dos du sauveteur. Ce coussin a la même surface que l'appareil respiratoire.

Côté appareil, il y a deux grandes poches. Dans chacune d'elles, on met une plaque de CO₂ solide de 3 à 4 cm d'épaisseur et d'environ 1 kg.

Côté dos du sauveteur, des languettes de latex de 5 cm d'épaisseur et de 5 cm de largeur, collées verticalement et distantes de 10 cm, empêchent le contact du CO₂ avec le dos de l'individu et permettent une certaine ventilation.

L'inconvénient est que ce système de refroidissement nécessite de la glace carbonique, impossible à stocker et difficile à transporter ; nous avons pensé refroidir l'appareil au moyen de fréon, facile à stocker et facile à transporter.

La vaporisation de 1 g de fréon donne 180 J.

Sur des appareils respiratoires « Dräger BG 174 », nous plaçons, entre le dos du sauveteur et l'appareil, un réservoir métallique qui est au contact de la cartouche et qui contient du fréon.

La chaleur de la cartouche de régénération et du dos du sauveteur vaporise une partie du fréon, dont les vapeurs peuvent s'échapper par un petit orifice. Un autre réservoir très plat est placé entre le dos du sauveteur et la partie de l'appareil en dessous de la cartouche. Ici aussi, la chaleur du dos du sauveteur et de l'appareil vaporise le fréon.

3. CHOIX DU VÊTEMENT EN FONCTION DE SA PORTABILITE

Cette recherche a été faite au Coördinatiecentrum Reddingswezen de Hasselt (Belgique).

Dans les première et deuxième parties, une liste de combinaisons de tissus, qui pourraient peut-être convenir comme vêtement antinflamme et ne laissant pas passer un flux de chaleur trop grand, a été établie. Les conceptions possibles du vêtement et les possibilités de refroidissement ont été examinées. Les avantages du vêtement élargi, les parties du corps à

2.2. Verkoeling van het ademhalingstoestel

Het ademhalingstoestel van het type « met gesloten omloop » is een zeer belangrijke bron van calorieën. In het geval van interventie in hoge temperaturen verkoelt het Coördinatiecentrum Reddingswezen reeds sedert lange tijd het ademhalingstoestel en de rug van de redders door middel van een kussen met koolzuurijs, geplaatst tussen het ademhalingstoestel en de rug van de redder. Dit kussen heeft dezelfde oppervlakte als deze van het ademhalingstoestel.

Aan de kant van het ademhalingstoestel zijn er twee grote zakken, met in elk van hen een blok van ongeveer 1 kg koolzuurijs op een dikte van 3 cm à 4 cm.

Aan de kant van de rug van de redder zijn er strepen latex van 5 cm dikte en van 5 cm breedte, die op een afstand van 10 cm van elkaar gelijmd zijn in verticale richting, en die het contact van het koolzuurijs met de rug van het individu beletten en tevens een zekere ventilatie verwezenlijken.

Het nadeel van dit verkoelingsstelsel is dat het koolzuurijs vereist, dat onmogelijk te stockeren en moeilijk te transporteren is. Daarom hebben wij gedacht aan een verkoeling van het ademhalingstoestel door middel van freon, dat gemakkelijk te stockeren en gemakkelijk te transporteren is.

De verdamping van 1 g freon geeft 180 J.

Op de ademhalingstoestellen van het type « Dräger BG 174 » plaatsen wij tussen de rug van de redder en het ademhalingstoestel een met freon gevuld reservoir, dat in contact is met de regeneratiepatroon. Door de warmte van de regeneratiepatroon en van de rug van de redder vaporiseert een gedeelte van het freon, waarvan de dampen doorheen een kleine opening kunnen ontsnappen. Een ander zeer plat reservoir wordt geplaatst tussen de rug van de redder en het gedeelte van het ademhalingstoestel onder de regeneratiepatroon. Ook hier vaporiseert het freon door de warmte van de rug van de redder en van het ademhalingstoestel.

3. KEUZE VAN DE KLEDIJ IN FUNCTIE VAN HAAR DRAAGBAARHEID

Dit onderzoek werd verricht door het Coördinatiecentrum Reddingswezen van Hasselt (België).

Na afloop van het eerste en het tweede gedeelte van het onderzoek ging men over tot het opstellen van een lijst van de weefselcombinaties, die misschien als vlammenwerende kledij in aanmerking zouden kunnen komen en die geen al te grote warmtestroming zouden laten passeren. De mogelijke kledijconcepties en de verkoelingsmogelijkheden werden bestudeerd.

refroidir de préférence, et les moyens à utiliser pour refroidir l'appareil ont été déterminés.

A partir de ces données, on a essayé de réaliser un vêtement pratique et portable, si possible dans des températures élevées.

3.1. Essais de portabilité sans refroidissement supplémentaire

La Hauptstelle für das Grubenrettungswesen a déterminé les temps de résistance de 158 combinaisons de tissus. Vingt-quatre de ces combinaisons, présentant un temps de résistance de 4 s et plus, ont été retenues (tableau III).

Le Coördinatiecentrum Reddingswezen a effectué des essais de portabilité avec ces 24 costumes.

Cet essai de portabilité a consisté à faire exécuter par trois personnes différentes, de caractéristiques physiologiques assez semblables, portant chaque fois le même costume, tête découverte (sans cagoule), un exercice sur bicyclette ergométrique dans une ambiance de $t_s = 30^\circ\text{C}$ et $t_h = 28^\circ\text{C}$. L'effort était d'une durée d'une heure et d'une intensité correspondant à une consommation de 1 litre O_2/min (67,4 watts). L'état physiologique de chaque individu était mesuré toutes les 15 min au moyen de l'indice de fatigue exprimé en Kempen (KS) (annexe 1). La moyenne des résultats obtenus par les trois sujets pour chaque vêtement est donnée à la figure 9. L'indice de fatigue exprimé en Kempens est porté en ordonnée. Les numéros portés le long de l'axe des abscisses correspondent au numéro donné à chaque combinaison d'étoffes au tableau III. Les résultats obtenus au point de vue du temps de résistance, de la résistance à la flamme et de la portabilité ont été repris dans le tableau V.

Au point de vue portabilité (colonne 2), nous avons établi 3 catégories :

- a : indice de fatigue plus petit que ou égal à 136 ;
- b : indice de fatigue compris entre 136 et 142 ;
- c : indice de fatigue plus grand que 142.

Au point de vue résistance à la flamme (colonne 3), les combinaisons testées ont été classées en plusieurs catégories :

- A = résiste à 1.300°C pendant 6 s ;
- B = résiste à 1.300°C pendant 4 s ;
- D = résiste à 1.100°C pendant 6 s.

De voordelen van de wijde kledij, de bij voorkeur te verkoelen lichaamsgedeelten, en de middelen ter verkoeling van het ademhalingstoestel werden bepaald.

Vertrekkend vanaf deze gegevens, werd beproefd een, zo mogelijk ook in hoge temperaturen, praktische en draagbare kledij te realiseren.

3.1. Draagbaarheidsproeven uitgevoerd zonder bijkomende verkoeling

De « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » bepaalde de weerstandsduur van 158 weefselcombinaties. Van deze combinaties werden er 24 weerhouden, die een weerstandsduur van 4 s en meer hadden (tabel III).

Door het Coördinatiecentrum Reddingswezen werden op deze 24 kostuums draagbaarheidstesten uitgevoerd.

Voor deze draagbaarheidstesten werd een oefening op ergometrische fiets in een klimaat van 30°C droog en 28°C vochtig uitgevoerd door drie verschillende personen met voldoende gelijkaardige fysiologische karakteristieken, die telkens met ontbloot hoofd (zonder hoofdkap) hetzelfde kostuum droegen. De inspanning had een duur van één uur en was van een intensiteit, overeenstemmend met een zuurstofverbruik van één liter per minuut (67,4 Watts). De fysiologische toestand van ieder individu werd om de 15 minuten gemeten door middel van de vermoeidheidsindex, uitgedrukt in « Kempen » (KS) (zie bijlage I). Het gemiddelde van de resultaten, door ieder van de drie sujetten voor elke kledij bekomen, wordt weergegeven op de figuur 9. De in « Kempen » uitgedrukte vermoeidheidsindex wordt in ordinaat aangegeven. De in de lengte-as van de abscissen aangeduide nummers stemmen overeen met de in de tabel III aan iedere weefselcombinatie gegeven numero. De tabel V geeft de bekomen resultaten op gebied van weerstandsduur, weerstand aan de vlam en draagbaarheid.

Voor hetgeen betreft de draagbaarheid, hebben wij drie categorieën samengesteld :

- a : Vermoeidheidsindex kleiner dan of gelijk aan 136.
- b : Vermoeidheidsindex tussen 136 en 142.
- c : Vermoeidheidsindex groter dan 142.

Op het gebied van weerstand aan de vlammen, werden de geteste combinaties in meerdere categorieën onderverdeeld :

- A = Weerstaan gedurende 6 seconden aan 1.300°C .
- B = Weerstaan gedurende 4 seconden aan 1.300°C .
- D = Weerstaan gedurende 6 seconden aan 1.100°C .

Tableau V

Tabel V

Résultats obtenus au point de vue du temps de résistance, de la résistance de la flamme et de la portabilité
Bekomen resultaten op het gebied van duur van weerstand, van weerstand aan de vlammen en van draagbaarheid

N°	Combinaison Combinatie			Classification pour chaque test Classificatie voor elke test		
	Vêtement : tissu extérieur Kledij : buitenweefsel	Vêtement : tissu intérieur Kledij : binnenweefsel	Sous-vêtement Onderkleding	Temps de résistance en secondes Weerstandsduur in seconden	Portabilité Draag- baarheid	Test à la flamme Vlamtest
21	PTO 490	PTO 490	Luciferofrottee	7,10	c	A
18	PTO 490	PTO 280	Frottee double / dubbele	7,05	c	A
3	Baumwollköper 310	BWK 310	Luciferofrottee	6,70	c	—
8	Lucifero 320	Lucifero 320	Luciferofrottee	6,70	c	—
17	PTO 490	PTO 280	Luciferofrottee	6,60	c	A
11	Nomex 180	Nomex 180	Frottee double / dubbele	6,35	a	—
20	PTO 490	PTO 490	Frottee simple / enkele	6,00	b	A
4	BWK 310	BWK 310	Frottee double / dubbele	5,75	c	—
14	Glasfaser 180	Nomex 180	Frottee double / dubbele	5,65	c	D
9	Lucifero 320	Lucifero 320	Frottee double / dubbele	5,60	b	—
6	Lucifero 320	—	Frottee double / dubbele	5,60	a	—
15	PTO 490	—	Frottee double / dubbele	5,10	c	A
12	Nomex 180	Nomex 180	Luciferofrottee	5,00	b	—
13	Glasfaser 180	Nomex 180	Luciferofrottee	4,70	c	D
22	PTO 490	PTO 490	Schiesser 4433	4,65	c	A
10	Lucifero 320	Lucifero 320	Frottee simple / enkele	4,60	b	—
19	PTO 490	PTO 280	Frottee simple / enkele	4,60	c	A
16	PTO 490	—	Luciferofrottee	4,30	c	A
1	BWK 310	—	Frottee double / dubbele	4,20	a	—
7	Lucifero 320	—	Luciferofrottee	4,10	c	—
5	BWK 310	BWK 310	Frottee simple / enkele	4,05	c	—
2	BWK 310	—	Luciferofrottee	4,00	b	—
23	Veste : BWK 310 Vest : BWK 310	—	Frottee double / dubbele sec / droog	3,50	a	—
	Pantalon Nomex 180 Broek Nomex 180	Nomex 180	Frottee simple Enkele Frottee			
	Veste Vest	—	Frottee double / dubbele mouillé / nat			
24	Pantalon Nomex 180 Broek Nomex 180	Nomex 180	Frottee simple Enkele Frottee	> 5*	a	—

* Dépend de la teneur en eau.

* Is afhankelijk van het gehalte aan water.

Au vu de ces résultats partiels, il semble que les conditions que nous nous étions imposées au départ étaient trop draconiennes.

Seules les combinaisons à base de PTO 490 donnaient une résistance à la flamme suffisante, mais aucune n'était portable.

Nous avons alors pensé réduire nos exigences et admettre une résistance à la flamme de 1000°C pendant 4 s et un temps de résistance de 4 s. Ceci se justifiait d'autant plus que nous pensions adopter le vêtement très ample au lieu du vêtement ajusté.

Bij beschouwing van deze gedeeltelijke resultaten lijken de voorwaarden, die wij ons bij aanvang gesteld hadden, te veeleisend te zijn geweest. Enkel de combinaties op basis van de « PTO 490 » boden een voldoende weerstand aan de vlammen, maar geen enkele combinatie bleek draagbaar te zijn.

Wij hebben daarom gemeend onze eisen te moeten milderen en een weerstand aan de vlammen van 1.000°C gedurende 4 seconden en een duur van de weerstand van 4 seconden te aanvaarden. Zulks werd des te meer verrechtvaardigd, omdat wij wilden overgaan tot het aanvaarden van een zeer wijde kledij, liever dan een juist passende kleding.

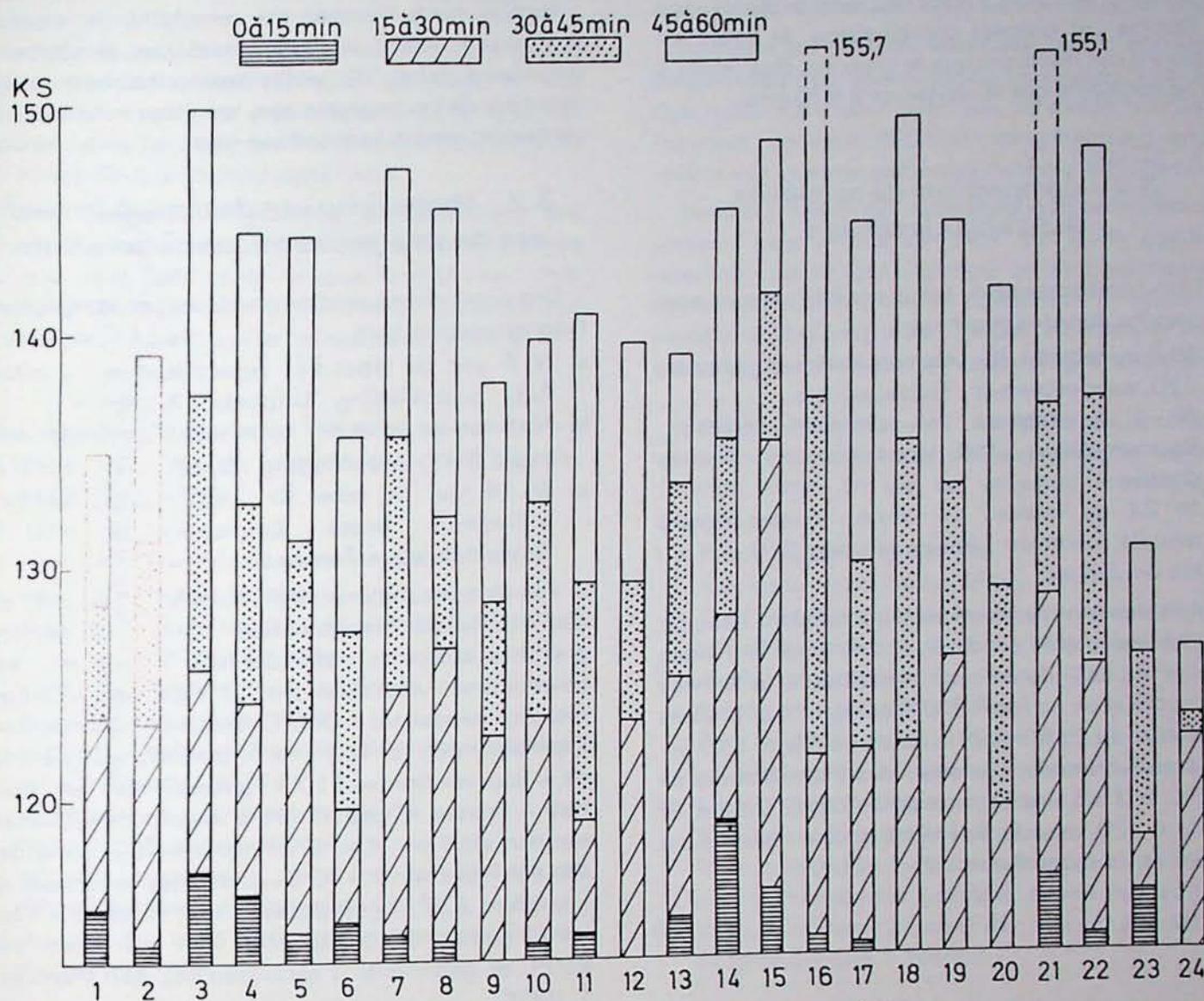


Fig. 9 — Etat physiologique mesuré au moyen de l'indice de fatigue.
 Moyenne des résultats obtenus par trois sujets.
 Physiologische toestand, gemeten met de gemiddelde vermoeidheidsindex
 van de met drie sujetten bekomen resultaten.

Tableau VI.

Tabel VI

Tests de résistance à la flamme sur diverses combinaisons de tissus
 Test van weerstand aan de vlammen, uitgevoerd op verschillende weefselcombinatie

Temps de résistance en secondes Duur van weerstand in seconden	Combinaisons de tissus Weefselcombinaties	Résultat obtenu Resultaten
4,00	PA 450/BWPA 250	Bon / goed
4,00	PTO 230/BWPA 250/BWPA 250	Mauvais / slecht
4,05	BW 310/BW 310/BWPA 250	Bon / goed
4,25	PA 450/PA 450	Bon / goed
4,60	LUC 310/LUC 310/BWPA 250	Mauvais / slecht
4,60	PAC 220/BWPA 250/BWPA 250	Mauvais / slecht
5,10	PTO 320/BWPA 250/BWPA 250	Bon / goed
5,10	230 DRIMS/BWPA 250	Bon / goed
5,10	PTO 480/BWPA 250/BWPA 250	Bon / goed
5,20	280 MOUTARDE/BWPA 250/BWPA 250	Mauvais / slecht
5,20	LUC 310/BWPA 250	Mauvais / slecht

Le CERCHAR alors a refait des tests de résistance à la flamme sur diverses combinaisons de tissus (tableau VI) qui montrent que le choix est plus grand si on ne considère que la résistance à la flamme.

3.2. Comparaison de portabilité des tissus classifiés a

Trois combinaisons de tissus ont été retenues pour les raisons données plus haut :

- a) N° 6 du tableau III : vêtement extérieur : Lucifero 320, sous-vêtement : Frottee double.
- b) N° 1 du tableau III : vêtement extérieur : Baumwollköper 310, sous-vêtement : Frottee double.
- c) N° 24 du tableau III : veste : Frottee double mouillé, pantalon : Baumwollköper 310 + Frottee double sec.

Mais des trois combinaisons qui donnent une portabilité acceptable (n° 6, 1 et 24), seul le Frottee double mouillé donne une résistance à la flamme suffisante si on se fixe 1000°C pendant 4 s. D'après les essais du CERCHAR, le Baumwollköper 310 associé au Frottee double résiste 6 s à une flamme de 850°C et 3 s à une flamme de 1.100°C. L'autre, le Lucifero 320, associé au Frottee double résiste 5 s à 850°C et 2 s à une flamme de 1.100°C.

Il est apparu que les critères d'essais au laboratoire fixés initialement étaient trop ambitieux pour obtenir, avec les tissus actuellement sur le marché, un vêtement qui soit portable (critère primordial).

Faute de mieux, nous avons retenu les 3 combinaisons 6, 1 et 24, leur résistance à la flamme étant bien connue et paraissant acceptable. Il fallait notamment tester leur portabilité dans différentes ambiances, voir la forme à donner au vêtement (ample ou ajusté) et comparer leur comportement lors d'essais d'explosion en galerie.

De nouveaux essais de portabilité dans différentes ambiances ont été faits. Les combinaisons de tissus a) et b) donnant approximativement les mêmes résultats, des vêtements amples et ajustés ont été confectionnés avec la combinaison b), et des vêtements ajustés avec la combinaison c).

A remarquer que le Frottee double mouillé est trempé dans de l'eau à une température d'environ 35°C et est ensuite légèrement essoré. Le pull-over contient entre 3 et 4 kg d'eau.

Nadien heeft Cerchar op verschillende weefselcombinaties testen van weerstand aan de vlammen uitgevoerd (tabel VI), welke testen hebben aangetoond dat de keuze groter was, wanneer men enkel de vlamweerstand in aanmerking nam.

3.2. Vergelijking van de draagbaarheid van de als a geclassificeerde weefsels

Drie combinaties werden om de hoger aangegeven redenen weerhouden :

- a) N° 6 van de tabel III : bovenkleding : Lucifero 320 ; onderkleding : Dubbele « Frottee ».
- b) N° 1 van de tabel III : bovenkleding : Baumwollköper 310 ; onderkleding : Dubbele « Frottee ».
- c) N° 24 van de tabel III : vest : Natte dubbele « Frottee » ; broek : Baumwollköper 310 + Droge dubbele « Frottee ».

Van de drie combinaties (nummers 6, 1 en 24), die een voldoende draagbaarheid bieden, waarborgt nochtans alleen de natte dubbele « Frottee » een bevredigende weerstand aan de vlammen, wanneer men zich bepaalt tot 1.000°C gedurende 4 seconden. Proefnemingen van Cherchar hebben aangetoond dat de « Baumwollköper 310 », geassocieerd met dubbele « Frottee », gedurende 6 seconden weerstaat aan een vlam van 850°C en gedurende 3 seconden aan een vlam van 1.100°C. Anderzijds weerstaat de « Lucifero 320 », geassocieerd met dubbele « Frottee », gedurende 5 seconden aan een vlam van 850°C en gedurende 2 seconden aan een vlam van 1.100°C.

Het bleek dat de oorspronkelijk bepaalde criteria voor laboratoriumproeven te hoog gesteld waren om, met de momenteel op de markt zijnde weefsels, een draagbare kledij te verwezenlijken (hetgeen een primordiaal criterium was).

Bij gebrek aan beter, weerhielden wij de drie combinaties nummers 6, 1 en 24, waarvan de vlamweerstand goed gekend was en dewelke aanvaardbaar leken. Men moest nu overgaan tot het testen van hun draagbaarheid (dit wil zeggen de aan de kledij te geven vorm : wijd of nauwsluitend) in verschillende omgevingen, en tot het vergelijken van hun gedraging bij ontploffingsproeven in een galerij.

Nieuwe draagbaarheidstesten worden in verschillende omgevingen ondernomen. De weefselcombinaties a) en b) bij benadering dezelfde resultaten opleverend, werden met de combinatie b) wijde en nauwsluitende kledijen gemaakt, en met de combinatie c) werden nauwsluitende kledingen ontworpen.

Op te merken valt dat de natte dubbele « Frottee » gedrenkt wordt in water op een temperatuur van ongeveer 35°C en vervolgens lichtjes uitgewrongen wordt. De pullover bevat tussen 3 kg en 4 kg water.

Sachant qu'au moins dans certaines ambiances, le vêtement mouillé était efficace au point de vue refroidissement, nous avons essayé deux types de cagoule refroidie : une en P.V.C. avec fréon, l'autre en Frottee double trempé dans l'eau.

Enfin, l'appareil respiratoire a été chaque fois refroidi au fréon avec les deux réservoirs, comme expliqué plus haut, sauf lorsque le sauveteur était équipé de la combinaison b), vêtement ajusté, où seul le réservoir refroidissant la cartouche était utilisé.

En résumé, de nouveaux essais de portabilité ont été réalisés sur 3 sujets, toujours les mêmes, avec les équipements suivants :

- 1°) vêtement : combinaison b) - ample
cagoule refroidie au fréon
appareil respiratoire sous le vêtement et refroidi par deux réservoirs de fréon
- 2°) vêtement : combinaison b) - ajusté
cagoule refroidie au fréon
appareil respiratoire sur le vêtement et refroidi par un réservoir de fréon
- 3°) vêtement : combinaison c) - ajusté
cagoule refroidie au fréon
appareil respiratoire porté sur le vêtement et refroidi par deux réservoirs de fréon
- 4°) comme 3°), mais avec une cagoule en Frottee double mouillée.

L'effort demandé consistait en une marche à plat combinée avec des montées et descentes de plans inclinés. L'effort moyen mesuré était de 1 litre O_2 /min (67,4 watts).

L'état physiologique des sujets était jugé à la fin de la prestation par le calcul de notre indice de fatigue.

Un résumé des résultats obtenus est donné au tableau VII.

Ces résultats suggèrent les réflexions suivantes :

- 1°) Il est très possible que les sujets se soient améliorés au cours des exercices. Ils sont peut-être surentraînés par suite du nombre très élevés d'exercices rapprochés à haute température. Les valeurs comparatives d'indice moyen sont très probablement valables, mais il faudra être très prudent si on veut transposer les résultats à des personnes non entraînées.
- 2°) L'équipement n° 2 donne de moins bons résultats que les autres, sauf pour la température sèche de 38°C où tous les résultats sont très semblables.

Wetende dat de natte kledij alleszins in sommige omgevingen een doeltreffende verkoeling kon bieden, hebben wij twee typen van verkoelde hoofdkap beproefd : de ene in PVC met freon-verkoeling, en de andere van in water gedrenkte dubbele « Frottee ».

Tenslotte werd het ademhalingstoestel telkens verkoeld door middel van twee met freon gevulde reservoirs, zoals hoger uitgelegd, behalve wanneer de redder uitgerust was met de combinatie b, zijnde de nauwsluitende kledij, waarbij enkel het reservoir voor verkoeling van de regeneratiepatroon gebruikt werd.

Samengevat : nieuwe draagbaarheidsproeven werden verwezenlijkt met drie sujetten, die telkens dezelfde waren en die de volgende uitrustingen droegen :

- 1°) Kledij : wijde combinatie b).
Met freon verkoelde hoofdkap.
Door middel van twee freon-reservoirs verkoeld ademhalingstoestel, gedragen onder de kledij.
- 2°) Kledij : nauwsluitende combinatie b).
Met freon verkoelde hoofdkap.
Door middel van één freon-reservoir verkoeld ademhalingstoestel, gedragen boven de kledij.
- 3°) Kledij : nauwsluitende combinatie b).
Met freon verkoelde hoofdkap.
Door middel van twee freon-reservoirs verkoeld ademhalingstoestel, gedragen boven de kledij.
- 4°) Idem als nummer 3°, maar dan met een hoofdkap uit natte dubbele « Frottee ».

De gevraagde inspanning was een mars op vlakke grond, gecombineerd met het bestijgen van en afdalen langs hellende vlakken. De gemeten gemiddelde inspanning bedroeg één liter zuurstof per minuut (67,4 Watts).

De physiologische toestand van de sujetten werd op het einde van de prestatie beoordeeld door berekening van onze vermoeidheidsindex.

Een samenvatting van de bekomen resultaten wordt in de tabel VII gegeven.

Deze resultaten suggereren de volgende bedenkingen :

- 1°) Het is zeer goed mogelijk dat de sujetten zich in de loop van de oefeningen verbeteren. Zij waren misschien overtraint ingevolge het zeer grote aantal opeenvolgende oefeningen in hoge temperatuur. De vergelijkingswaarden van de gemiddelde index zijn zeer waarschijnlijk geldig, maar men moet zeer voorzichtig zijn bij het transporteren van de resultaten op niet getrainde personen.
- 2°) De uitrusting nummer 2 geeft minder goede resultaten dan de andere, behalve bij een droge temperatuur van 38°C, bij dewelke alle resultaten zeer gelijklopend zijn.

Tableau VII

Tabel VII

Résultats avec différents types de vêtements
Resultaten met verschillende kledijtypes

Températures Temperaturen		Durée en minutes Duur in minuten	Equipement Uitrusting	Indice de fatigue moyen Gemiddelde vermoeidheidsindex
Sèche Droge	Humide Vochtige			
28°C	25,0°C	60	1	121,7
			2	131,7
31°C	28,0°C	60	1	138,0
			2	146,3
34°C	31,0°C	60	1	155,0
			2	170,0
34°C	31,0°C	40 (Un des sujets atteignant un indice trop élevé pour 60 min, nous avons réduit à 40 min) (Gezien één der sujetten voor een duur van 60 min een te hoge index bereikte, werd de duur tot 40 min herleid)	1	146,3
			2	157,7
			3	152,7
			4	125,3
36°C	33,0°C	40	1	132,0
			2	140,0
			3	135,3
			4	134,5
38°C	34,7°C	40	1	136,3
			2	136,7
			3	135,7
			4	135,0

3°) Il y a toujours peu de différences entre l'équipement n° 3 et l'équipement n° 4. Or, ils ne diffèrent que par le refroidissement de la cagoule. Equipement n° 3 : fréon, équipement n° 4 : eau.

3°) Er blijft steeds weinig verschil bestaan tussen de uitrustingen nummers 3 en 4. Zij verschillen enkel door de wijze van verkoeling van de hoofdkap : nummer 3 wordt verkoeld door freon en nummer 4 door middel van water.

3.3. Conclusions

Il faut choisir un type d'équipement qui soit pratique.

- Le vêtement élargi (équipement n° 1) donne de très bons résultats, mais il est d'un port peu pratique pour les sauveteurs.
- L'équipement n° 3 est moins pratique que l'équipement n° 4, parce qu'il faut une cagoule avec fréon et, comme les résultats sont très semblables, il vaut mieux choisir l'équipement n° 4.
- L'équipement n° 4 présente l'inconvénient d'avoir un pull-over et une cagoule mouillée, ce qui fait qu'aux températures inférieures à 32°C le sauveteur aura froid.
- L'équipement n° 2, quoique le moins bon mais le plus pratique, est supportable pour des interventions d'une heure lorsque la température ne dépasse pas 30°C.

3.3. Besluiten

Men moet een praktisch type van uitrusting kiezen.

- De wijde kledij (uitrusting n° 1) geeft zeer goede resultaten, maar is voor de redders weinig praktisch om dragen.
- De uitrusting n° 3 is minder praktisch dan de uitrusting n° 4, omdat men bij de eerst vermeldde een met freon verkoelde hoofdkap moet gebruiken en omdat, gezien de resultaten met beiden zeer gelijklopend zijn, men er beter aan doet de uitrusting n° 4 te verkiezen.
- De uitrusting n° 4 heeft het nadeel een natte pull-over en een natte hoofdkap te hebben, hetgeen de redder koude geeft bij temperaturen van minder dan 32°C.
- De uitrusting n° 2 is weliswaar de minst goede, maar tevens de meest praktische, en is te verdragen tijdens de interventies met een duur van één uur, althans wanneer de temperatuur de 30°C niet overtreft.

Dès lors, il semble que le vêtement antiflamme devrait être, à la condition que les essais en galerie soient satisfaisants :

- Costume ajusté Lucifero ou Baumwollköper.
- Sous-vêtement : Frottee double sec.
- Cagoule : Baumwollköper ou Lucifero + Frottee double sec, ceci jusque des températures de 30°C à 31°C.

Lorsqu'il fait plus chaud, prendre le même équipement, mais enlever la veste et la cagoule en Baumwollköper ou en Lucifero et mouiller le pull-over et la cagoule en Frottee double.

4. ESSAIS D'EXPLOSION EN GALERIES DE 14 m² ET 5 m² DE SECTION

Cette recherche a été effectuée par la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen d'Essen avec l'aide de la Versuchsstrecke de Dortmund.

Les vêtements trouvés ergonomiquement valables lors des expériences reprises dans la troisième partie ont été testés lors d'explosions de poussière et de méthane occasionnant une pression statique très faible.

4.1. Conditions des expériences

4.1.1. Explosions à l'air libre

Des explosions à l'air libre de 4 à 20 kg de poussière de charbon mise en suspension dans l'air à partir d'un réservoir sous pression et enflammée au moyen d'un détonateur chimique ont été réalisées.

Les températures mesurées étaient fort variables et les expériences difficilement reproductibles. Cette méthode fut abandonnée.

4.1.2. Explosions dans une galerie de 14 m² de section

4.1.2.1. Galerie

Une galerie de 14 m² de section et de 10 m de longueur fut construite au moyen de cadres métalliques recouverts de tôles soudées.

Dans cette galerie ouverte aux deux extrémités, la pression de l'explosion est pratiquement nulle et les flammes se développent pratiquement au même moment dans l'ensemble de la section.

Dientengevolge lijkt het — op voorwaarde dat proefnemingen in galerij bevredigende resultaten opleveren — dat een vlammenwerende kledij zou moeten bestaan uit :

- Een nauwsluitend kostuum uit « Lucifero » of uit « Baumwollköper ».
- Een onderkleding uit droge dubbele « Frottee ».
- Een hoofdkap uit « Baumwollköper » of uit « Lucifero », plus een droge dubbele « Frottee ».

Zulks voor temperaturen van 30°C tot 31°C.

Wanneer het warmer is, neme men dezelfde uitrusting, maar verwijdere men het vest en de hoofdkap uit « Baumwollköper » of uit « Lucifero » en bevochtige men de pullover en de hoofdkap uit dubbele « Frottee ».

4. ONTPLOFFINGSPROEVEN IN GALERIJEN MET EEN SECTIE VAN 14 m² EN 5 m²

Dit gedeelte van het onderzoek werd verricht door de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » van Essen met de hulp van de Versuchsstrecke van Dortmund.

De kledijen, ergonomisch waardevol bevonden bij gelegenheid van de in het derde deel vermelde proefnemingen, werden getest bij stofontploffingen en bij mijngasontploffingen, die een zeer zwakke statische druk veroorzaakten.

4.1. Proefomstandigheden

4.1.1. Ontploffingen in open lucht

In open lucht werden ontploffingen gerealiseerd met 4 kg tot 20 kg kolenstof, hetwelk van uit een onder druk staand reservoir in de lucht in suspensie gebracht werd, en dat met behulp van een chemische ontsteker tot ontvlaming gebracht werd.

De gemeten temperaturen waren zeer verschillend en de proeven waren moeilijk te reproduceren. Daarom werd van deze methode afgezien.

4.1.2. Ontploffingen in een galerij met een sectie van 14 m²

4.1.2.1. Galerij

Met behulp van ijzeren kaders, bekleed met gesoldeerd plaatijzer, werd een galerij met een sectie van 14 m² en met een lengte van 10 m gebouwd.

In deze galerij, die aan beide uiteinden open was, is de ontploffingsdruk praktisch nul en ontwikkelen de vlammen zich omzeggens op hetzelfde ogenblik over het geheel van de sectie.

La photographie de cette galerie est donnée figure 10.

4.1.2.2. *Mise en suspension des poussières*

La poussière à mettre en suspension était contenue dans des bonbonnes d'un volume de 12,3 litres sous pression d'air comprimé de 60 bar, disposées soit d'un côté, soit des deux côtés au milieu de la galerie à une hauteur de 1,80 m.

Elle était dispersée dans la galerie en 1 s au moyen de gicleurs spécialement étudiés pour obtenir la meilleure répartition.

4.1.2.3. *Mise à feu*

Celle-ci s'effectuait 0,6 s après l'ouverture des bonbonnes et avait lieu au moyen de détonateurs chimiques (zircon, nitrate de Barium et peroxide de Barium). Chaque détonateur développait une énergie de 5.000 J.

4.1.2.4. *Mesure des températures*

Les températures étaient mesurées au moyen de 4 thermocouples PtRh-Pt. Les éléments étaient disposés à une hauteur de 1,35 m, à 1,50 m de distance des détonateurs et distants de 15 cm l'un de l'autre.

4.1.2.5. *Mesure des effets calorifiques*

Les quantités de chaleur étaient mesurées au moyen de deux calorimètres identiques à ceux utilisés au laboratoire.

4.1.2.6. *Disposition des tissus à soumettre aux explosions*

Des mannequins, grandeur naturelle, ont été habillés de costumes confectionnés dans les tissus à essayer et placés près des calorimètres.

La figure 11 schématise ces dispositions.

De foto van de figuur 10 geeft een beeld van deze galerij.

4.1.2.2. *Het in suspensie brengen van het stof*

Het in suspensie te brengen stof was in flessen met een volume van 12,3 liters en onder een persluchtdruk van 60 bar. Deze flessen werden op een hoogte van 1,80 m in het midden van de galerij geplaatst, hetzij aan slechts één enkele zijde, hetzij aan de twee kanten. Het stof werd in één seconde tijd in de galerij verspreid met behulp van speciaal bestudeerde sproeiers, ten einde een optimale verdeling er van te bekomen.

4.1.2.3. *De ontsteking van het vuur*

Het vuur werd 0,6 s na het openen van de flessen ontstoken door middel van chemische ontstekers (zirkonium, bariumnitraat en bariumperoxyde), die elk een energie van 5.000 J ontwikkelden.

4.1.2.4. *Het meten van de temperaturen*

De temperaturen werden gemeten met behulp van vier thermokoppels PtRh-Pt. De elementen werden geplaatst op een hoogte van 1,35 m, op 1,50 m afstand van de ontstekers, en elk 15 cm van de andere verwijderd.

4.1.2.5. *Het meten van het verwarmende effect*

De hoeveelheid warmte werd gemeten met twee calorimeters, identiek met de in het laboratorium gebruikte.

4.1.2.6. *Schikking van de aan de ontploffing te onderwerpen weefsels*

Mannequins van natuurlijke grootte werden gekleed met uit de te beproeven weefsels vervaardigde kostuums en werden dicht bij de calorimeters geplaatst.

De figuur 11 geeft deze disposities schematisch weer.



Fig. 10 — Galerie de 14 m² de section. Galerie met een sectie van 14 m².

4.1.3. Explosions dans une galerie de 5 m² de section

Des conditions d'explosions, sans pression, telles que celles réalisées dans la galerie de 14 m², ne sont valables dans une galerie de mine que tout au début ou tout à la fin de l'explosion. Les vêtements qui seraient admis lors des expériences dans la galerie de 14 m² ne seraient valables que dans ces conditions.

D'autres expériences ont été faites dans une galerie de 5 m² de section fermée à une extrémité et ouverte à l'autre.

4.1.3.1. Installation

Elle est constituée d'un tuyau de 5 m² de section (250 mm de ϕ) et de 140 m de longueur fermé à une extrémité. À 3 m de cette extrémité une feuille de polyéthylène isole une chambre d'un volume de 15 m³ où le mélange homogène de combustible-air peut être réalisé. À 7 m de l'extrémité fermée (4 m avant la cloison) sont installés les mêmes instruments de mesure que ceux installés dans la galerie de 14 m². De plus au 5ème, 7ème, 9ème et 15ème mètres sont installés des éléments photo-électriques pour enregistrer la vitesse de propagation de la flamme et son temps d'action. Enfin, un indicateur de pression était installé à la hauteur des instruments de mesure pour mesurer la pression statique.

Les différents textiles expérimentés ont été soumis à des explosions de méthane et de poussière de charbon.

La figure 12 donne une vue extérieure du tuyau et la figure 13 schématise l'installation des divers éléments.

4.2. Interprétation des mesures

4.2.1. Mesures des températures

Du tracé de la température en fonction du temps, on peut retenir en plus de la température maximale, le temps d'action de la température et, de là, déduire la température moyenne.

La figure 14 représente une courbe typique température-temps d'une explosion de 10 kg de poussière de charbon.

La température monte après l'inflammation jusqu'à son maximum et diminue peu à peu jusqu'à ce que, après un temps assez long, elle reste constante.

4.1.3. Ontploffingen in een galerij met een sectie van 5 m²

Ontploffingsomstandigheden zonder druk, zoals gerealiseerd in de galerij met een sectie van 14 m², zijn in een mijngalerij enkel geheel bij het begin of geheel aan het einde van de ontploffing geldig. Na beproeving in een galerij met een sectie van 14 m² aanvaard zijnde kledijen zouden slechts onder deze omstandigheden waardevol zijn.

Andere proeven werden ondernomen in een galerij met een sectie van 5 m², welke galerij aan de ene kant gesloten en aan het andere uiteinde open was.

4.1.3.1. Installatie

De installatie bestaat uit een buis met een sectie van 5 m² ($\phi = 2.500$ mm) en met een lengte van 140 m, welke buis aan één uiteinde gesloten is. Op 3 m van dit uiteinde isoleert een blad polyethyleen een kamer met een volume van 15 m³, waarin het homogene mengsel van brandstof en lucht kan gerealiseerd worden. Op 7 m van het gesloten uiteinde (4 m vóór het beschot) zijn de meetinstrumenten opgesteld, die dezelfde zijn als deze voor de galerij met een sectie van 14 m². Daarenboven zijn aan de vijfde, zevende, negende en vijftiende meter foto-elektrische elementen geïnstalleerd voor het registreren van de snelheid van voortzetting van de vlammen en van de inwerkingsduur van deze vlammen. Tenslotte was voor het meten van de statische druk een drukindicator geplaatst ter hoogte van de meetinstrumenten.

De verschillende beproefde weefsels werden onderworpen aan ontploffingen van methaan en van kolenstof.

De figuur 12 toont een zicht op het uitwendige van de proefbuis, en de figuur 13 schematiseert de installatie van de verschillende elementen.

4.2. Interpretatie van de uitgevoerde metingen

4.2.1. Temperatuursmetingen

Van de lijn van de temperatuur, berekend in functie van de duur, kan men, benevens de maximale temperatuur, tevens de inwerkingsduur van de temperatuur afleiden en, daarvan vertrekkend, de gemiddelde temperatuur berekenen.

De figuur 14 representeert een typische curve « température - duur » voor een ontploffing van 10 kg kolenstof.

Na de ontvlaming, stijgt de temperatuur tot op haar maximum, en daalt zij geleidelijk, totdat zij na een betrekkelijk lange tijd constant blijft.

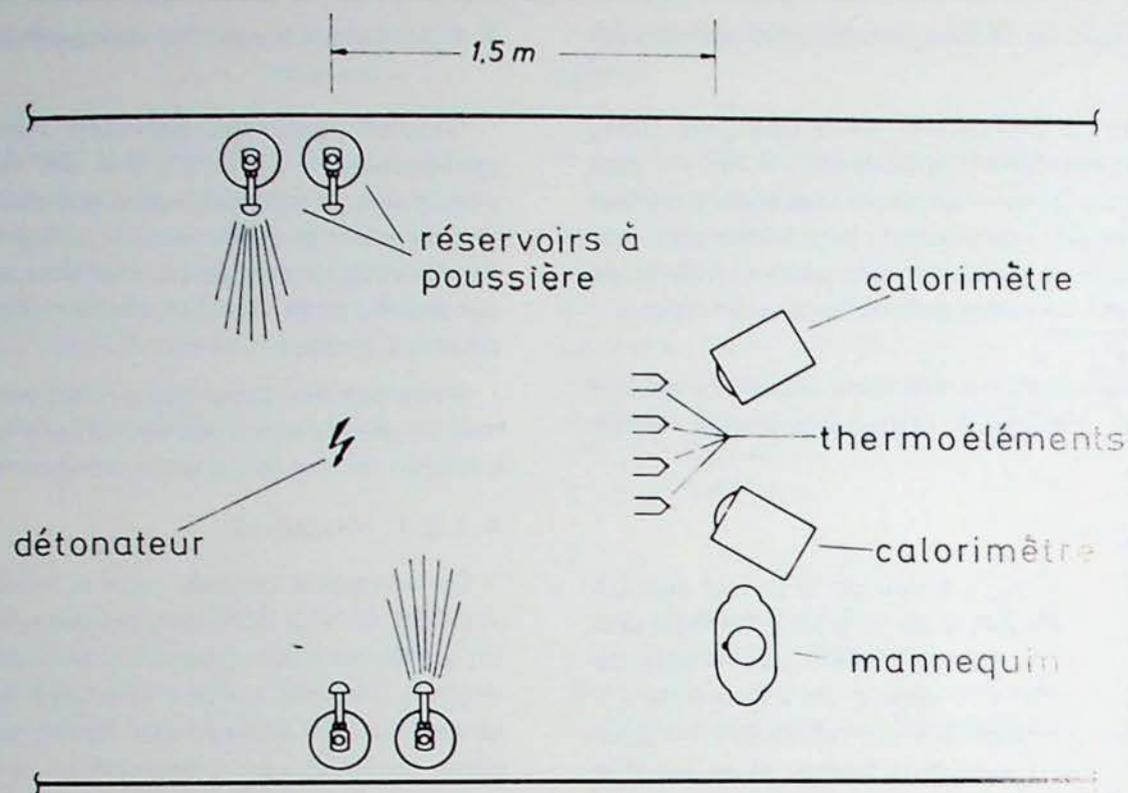


Fig. 11 — Schéma du dispositif d'essai dans une galerie de 14 m² de section.
 Schema van het proefdispositief in een galerij met een sectie van 14 m².



Fig. 12 — Conduite de 2500 mm ϕ .
 Leiding met een doormeter van 2500 mm.

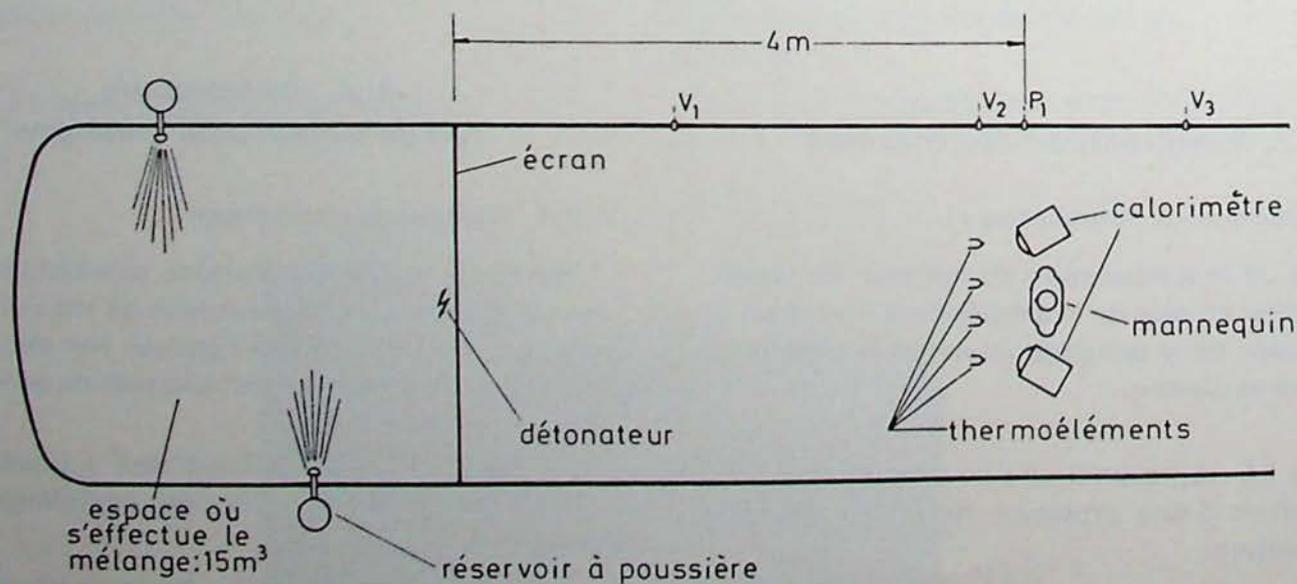


Fig. 13 — Schéma de l'installation dans la conduite de 2500 mm ϕ .
 Schema van de installatie in de leiding met een doormeter van 2500 mm.

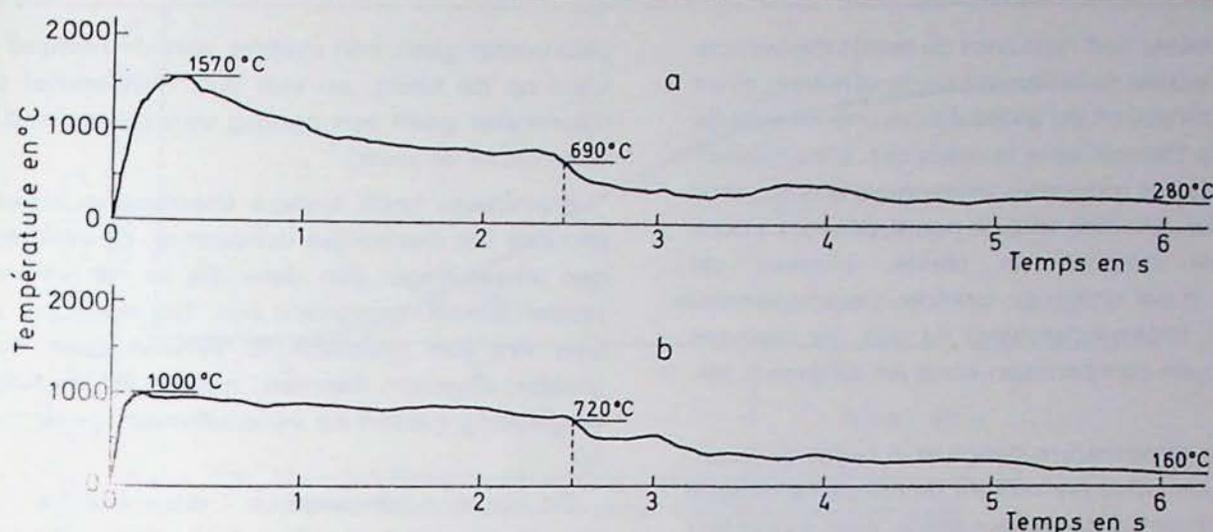


Fig. 14 — Courbe température-temps au cours d'une explosion de poussière de charbon.
 Curve « *temperatuur-duur* » tijdens een kolenstofontploffing

- a) Poussière de charbon : 2 × 5 kg
 détonateur : chimique
 Durée d'action de la flamme : 2,5 s
 Température moyenne de la flamme : 990°C
- b) Poussière de lignite : 2 × 5 kg
 Détonateur : chimique
 Durée d'action de la flamme : 2,5 s
 Température moyenne de la flamme : 870°C

- a) Steenkoolstof : 2 × 5 kg
 Chemische ontstekers
 Duur van inwerking van de vlam : 2,5 s
 Gemiddelde temperatuur van de vlam : 990°C
- b) Bruinkoolstof : 2 × 5 kg
 Chemische ontstekers
 Duur van inwerking van de vlam : 2,5 s
 Gemiddelde temperatuur van de vlam : 870°C

Environ 2,5 s après l'inflammation, dans cet exemple, la courbe présente un point d'inflexion et elle diminue fortement. Au-delà de ce point d'inflexion, la température tend graduellement vers la température ambiante.

Dans toutes les expériences, ce point d'inflexion correspond à l'extinction de la flamme de l'explosion (ce qui a été confirmé au moyen de détecteurs optiques). Le temps depuis l'inflammation jusqu'au point d'inflexion a été pris, en analogie avec les expériences de laboratoire, comme temps d'influence de la flamme. La température moyenne a été déterminée par planimétrie.

Ces expériences sont reproductibles. La température maximale et la valeur moyenne dans toutes les expériences sont basées sur la valeur moyenne de quatre essais.

4.2.2. *Mesures calorimétriques*

L'apport de chaleur de la flamme de l'explosion au travers du vêtement de protection dépend des caractéristiques thermiques de la flamme, du vêtement et du corps. Le calcul théorique est très complexe d'autant plus qu'il faut tenir compte de composantes subjectives.

Des mesures objectives ont été faites au moyen du calorimètre en aluminium utilisé pour les essais de laboratoire.

Bij dit voorbeeld vertoont de curve ongeveer 2,5 s na de ontvlaming een buiging en vermindert zij in sterke mate. Boven dit buigingspunt neigt de temperatuur gradueel naar de omgevingstemperatuur. Dit buigingspunt correspondeert bij alle proefnemingen aan de uitdoving van de vlam van de ontploffing (hetgeen door middel van optische detectors bevestigd werd).

De tijd, verlopen tussen de ontvlaming en het buigingspunt, werd genomen door analogie met de laboratoriumproeven, genomen als duur van invloed van de vlammen. De gemiddelde temperatuur werd bepaald door planimetrie.

Deze proeven zijn reproduceerbaar. De maximale temperatuur en de gemiddelde waarde van al deze proefnemingen zijn gebaseerd op de gemiddelde waarde van vier proeven.

4.2.2. *Calorimetrische metingen*

De aanvoer, doorheen de beschermende kledij, van warmte van de vlam van de ontploffing is afhankelijk van de thermische karakteristieken van de vlam, van de kledij en van het lichaam. De theoretische berekening is zeer complex, te meer omdat men moet rekening houden met subjectieve componenten.

Objectieve metingen werden uitgevoerd met gebruik van de aluminium calorimeter, gebruikt voor de laboratoriumproeven. Een niet met textiel bedekte

Un calorimètre non recouvert de textile donne une mesure de l'action de la flamme sur le vêtement et un calorimètre recouvert du textile donne une mesure de l'action de la flamme sous le vêtement. L'aluminium présente d'autres propriétés thermiques que le corps humain, et les résultats sont un peu supérieurs à ceux qui seraient obtenus en réalité. L'erreur est néanmoins d'un ordre de grandeur pratiquement négligeable. Indépendamment de cela, les mesures permettent une comparaison entre les différents textiles.

La courbe température-temps et la capacité calorifique du calorimètre permettent de calculer à chaque moment la quantité de chaleur totale, ainsi que le flux de chaleur maximum provenant de la flamme de l'explosion devant le vêtement protecteur et derrière celui-ci.

4.2.2.1. Mesures calorimétriques devant le vêtement

La face du calorimètre est nue. La figure 14 montre une courbe typique température-temps.

La charge calorifique B_{F1} se calcule à partir de la différence de température ΔT_B de la capacité calorifique I_W du calorimètre et de la surface exposée F :

$$B_{F1} = \frac{I_W \Delta T_B}{F} \text{ in kJ/m}^2$$

Le flux de chaleur maximal $q F_1$ est donné par l'angle de la tangente au point d'inflexion de la branche montante de la courbe température-temps.

Il est donné par la formule :

$$q F_1 = \frac{I_W \Delta T_q}{F \Delta t_q} \text{ in kJ/m}^2 \text{s} \quad (1)$$

4.2.2.2. Mesures calorimétriques sous le vêtement

La chaleur transmise au travers du vêtement est mesurée au moyen d'un calorimètre recouvert du textile.

La figure 15 montre une courbe typique température-temps.

La quantité de chaleur transmise au travers du vêtement B_D est donnée par la formule :

$$B_D = \frac{I_W \Delta T_i}{F} \text{ in kJ/m}^2$$

où ΔT_i est la température au moment i qui peut être, par exemple, ici a, b, c, d.

calorimeter geeft een meting van de invloed van de vlam op de kledij, en een wel met textiel bedekte calorimeter geeft een meting van de invloed van de vlam onder de kledij.

Aluminium heeft andere thermische eigenschappen dan het menselijke lichaam en de resultaten liggen ietwat hoger dan deze die in de werkelijkheid zouden bereikt worden zijn. De afwijking is nochtans van een praktisch te verwaarlozen orde van grootte. Afgezien daarvan, maken de metingen een vergelijking tussen de verschillende weefsels mogelijk.

De curve « température - duur » en de verwarmende capaciteit van de calorimeter maken het mogelijk op ieder ogenblik de totale hoeveelheid warmte te meten, alsmede de maximale warmtestroming, voortkomend van de vlam van de ontploffing, aan de buitenkant van en onder de beschermende kledij.

4.2.2.1. Calorimétrische metingen aan de buitenkant van de kledij

De zijkant van de calorimeter wordt bloot gelaten. De figuur 14 toont een typische curve van « température - duur ».

De verwarmingslast B_{F1} wordt berekend aan de hand van het temperatuursverschil ΔT_B , de verwarmende capaciteit I_W van de calorimeter en de blootgestelde oppervlakte F .

$$B_{F1} = \frac{I_W \Delta T_B}{F} \text{ in kJ/m}^2$$

De maximale warmtestroming $q F_1$ wordt weergegeven door de hoek van de raaklijn aan het buigingspunt van de stijgingslinie van de curve « température - duur ». Dit wordt gegeven in de formule :

$$q F_1 = \frac{I_W \Delta T_q}{F \Delta t_q} \text{ in kJ/m}^2 \text{s} \quad (1)$$

4.2.2.2. Calorimétrische metingen aan de onderkant (binnenkant) van de kledij

De doorheen de kledij gestroomde warmte wordt gemeten met behulp van een met textiel bedekte calorimeter.

De figuur 15 toont een typische curve van « température - duur ».

De doorheen de kledij stromende warmte B_D wordt gegeven door de formule :

$$B_D = \frac{I_W \Delta T_i}{F} \text{ in kJ/m}^2$$

waarin ΔT_i de temperatuur is op het moment i , die hier bij voorbeeld a, b, c, d kan zijn.

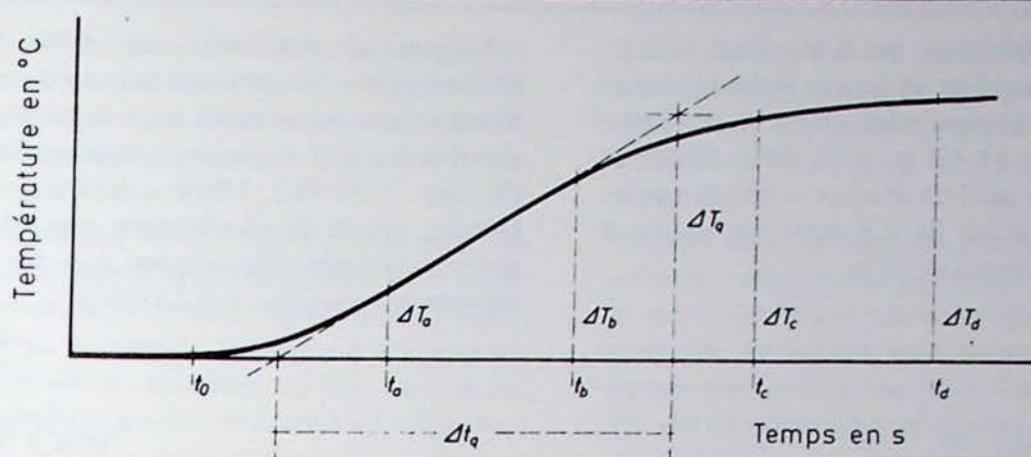


Fig. 15 — Courbe température-temps, typique pour un calorimètre recouvert.
Curve « température-duur », typisch voor een bedekte calorimeter.

Ordinairement, on prend $t_a = 5$ s, $t_b = 10$ s, $t_c = 15$ s et $t_d = 20$ s.

Le flux de chaleur sous le vêtement se calcule suivant la formule (1).

4.2.2.3. Procédé appliqué pour l'estimation des effets calorifiques sur l'homme

Dans la première partie de la recherche, on a pris le temps de résistance comme mesure de comparaison pour l'appréciation des tissus de protection contre la flamme.

Par temps de résistance, on entend le temps compris entre l'instant d'exposition à la flamme jusqu'au moment où la sensation de douleur était atteinte. Un flux de chaleur de $2,5 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{s}$ pouvant être appliqué pendant longtemps (jusqu'à environ 1.000 s) a été considéré comme le seuil de la sensation de douleur.

Pour l'appréciation des temps de résistance lors des expériences de laboratoire, on a utilisé une flamme donnant un flux de chaleur constant. La quantité de chaleur fournie augmentait continuellement jusqu'à la fin de l'expérience. Cette méthode ne permettait qu'une comparaison entre les divers tissus, mais ces conditions d'expérience ne représentaient pas les effets calorifiques possibles sur une personne en cas d'explosion.

Contrairement aux essais de laboratoire, lors des essais d'explosion, le temps d'action des flammes est très court.

Au cours des essais le flux de chaleur varie, passe par un maximum et devient nul.

Lors de presque tous les essais d'explosion, le flux de chaleur dépasse pour un temps très court, ce qu'on a admis comme étant le seuil de douleur, soit $2,5 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{s}$. Il était, par conséquent, nécessaire de trouver l'effet réel sur le corps des quantités de chaleur mesurées.

Gewoonlijk neemt men : $t_a = 5$ s, $t_b = 10$ s, $t_c = 15$ s en $t_d = 20$ s.

De warmtestroming onder de kledij wordt berekend volgens de formule (1).

4.2.2.3. Procédé, toegepast voor de beoordeling van het verwarmende effect op de mens.

Tijdens het eerste gedeelte van het onderzoek namen men de duur van de weerstand als vergelijkingsmeetfactor voor de appreciatie van de vlammenwerende weefsels.

Met « duur van weerstand » bedoelt men de tijd, verlopen tussen het ogenblik van blootstelling aan de vlammen tot op het ogenblik van het bereiken van de gewaarwording van pijn. Een warmtestroming van $2,5 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{s}$, dewelke gedurende geruime tijd (tot ongeveer 1.000 s) kan toegepast worden, werd beschouwd als drempel van de gewaarwording van pijn.

Voor de appreciatie van de duur van weerstand tijdens de laboratoriumproeven gebruikte men een vlam, die een constante warmtestroming gaf. De hoeveelheid geleverde warmte verhoogde voortdurend tot op het einde van de proefneming. Deze methode liet enkel een vergelijking tussen de verschillende weefsels toe, maar deze proefomstandigheden representeerden niet de mogelijke verwarmende uitwerkingen op een persoon in geval van ontploffing.

In tegenstelling tot hetgeen zich tijdens laboratoriumproeven voordoet, is de duur van inwerking van de vlammen tijdens de ontploffingsproeven zeer kort.

Tijdens de proefnemingen varieert de warmtestroming, passeert langs een maximum, en wordt nul.

Tijdens bijna alle ontploffingsproeven overtreft de warmtestroming gedurende een zeer korte tijd hetgeen men als pijndrempel heeft vastgesteld, hetzij $2,5 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{s}$. Dientengevolge was het nodig te zoeken naar het werkelijke effect van de gemeten hoeveelheden warmte op het lichaam.

D'après une publication de A.M. Stoll et L.C. Greene « Rapport entre la douleur et la détérioration des tissus suite à la chaleur rayonnante », *Journal of Applied Physiology* 14 (3) p. 373/382, 1959, et d'autres auteurs, le seuil de douleur n'est pas atteint pour un flux de chaleur de 2,5 kJ/m².s, appliqué pendant un temps court (< 15 s).

Volgens de publicatie van A.M. Stoll en L.C. Greene over « het verband tussen de pijn en de vernietiging van de weefsels door de stralingswarmte », verschenen in « *Journal of Applied Physiology*, 14 (3), pag. 373/382, 1959 », en volgens nog andere auteurs, wordt de pijndrempel niet bereikt met een gedurende korte tijd (minder dan 15 s) toegepaste warmtestroming van 2,5 kJ/m².s.

Tableau VIII

Tabel VIII

*Seuil de douleur et limite d'apparition
d'ampoules en fonction de l'action de la chaleur (d'après A.M. Stoll et L.C. Greene)
Pijndrempel en grens van optreden van blaarvorming,
in functie van de inwerking van de warmte (naar A.M. Stoll en L.C. Greene)*

Flux Warmtestroming en/in kJ/m ² /s	Seuil de la douleur Pijndrempel		Limite de l'apparition d'ampoules Grens van optreden van blaarvorming	
	Temps Dur en/in s.	Quantité de chaleur Hoeveelheid warmte en/in kJ/m ²	Temps Dur en/in s.	Quantité de chaleur Hoeveelheid warmte en/in kJ/m ²
4,19	13,5	56,6	33,8	141,6
5,23	10,1	52,8	—	—
6,28	7,8	49,0	20,8	130,6
8,37	5,5	46,0	13,4	112,2
12,56	2,9	36,4	7,8	98,0
16,75	2,2	37,0	5,6	93,8

Dans le tableau VIII, on trouve les temps d'exposition permis avant d'atteindre le seuil de la douleur ou l'apparition d'ampoules en fonction du flux de chaleur produit par une source de chaleur rayonnante constante. Ces résultats sont mis sous forme de diagramme figure 16.

L'apparition du seuil de douleur pour un flux de chaleur donné, dépend de son temps d'application.

De tabel VIII geeft de duur van blootstelling, toegelaten vóór het bereiken van de pijndrempel of het optreden van blaren, in functie van de warmtestroming, voortgebracht door een bron van constante stralingswarmte. Op de figuur 16 worden deze resultaten onder de vorm van diagram weergegeven.

Het verschijnen van de pijndrempel is voor een gegeven warmtestroming afhankelijk van de duur van blootstelling.

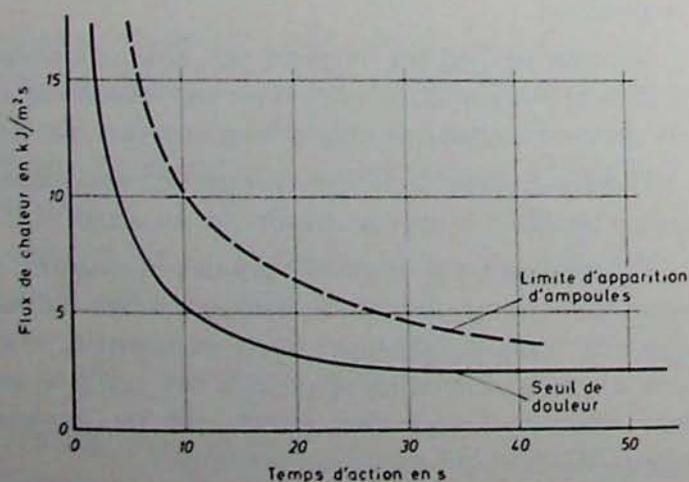
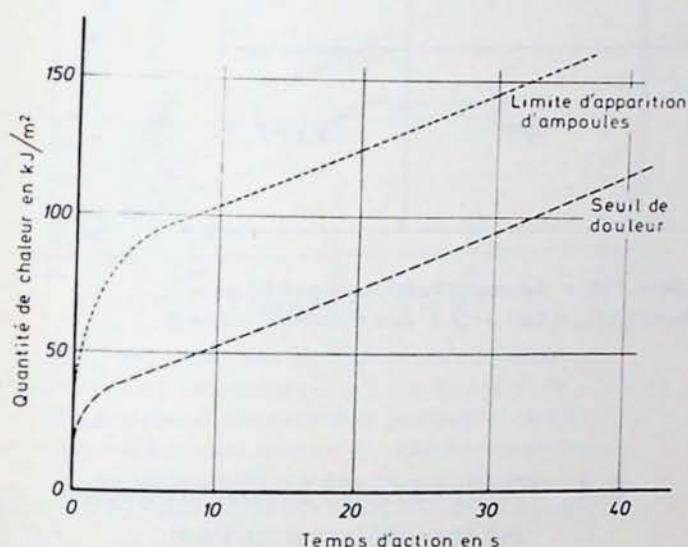


Fig. 16 — Seuil de douleur et limite d'apparition d'ampoules en fonction du flux de chaleur et de son temps d'application.
Pijndrempel en grens van blaarvorming, in functie van de warmtestroming en van de duur van toepassing.

Il existe une difficulté pour l'appréciation aux essais d'explosion du fait que, dans ces publications, de même que dans les autres, il est toujours question de flux de chaleur constant, alors que lors d'une explosion celui-ci est variable.

Mais dans le tableau VIII, on voit que la quantité de chaleur pour atteindre le seuil de douleur ou la limite d'apparition d'ampoules résulte toujours du produit du flux de chaleur pendant son temps d'application. Dès lors, à cause de la variabilité du flux, on a choisi d'exprimer le seuil de douleur et la limite d'apparition d'ampoules en fonction de la quantité de chaleur et du temps au lieu du flux chaleur et du temps. Le diagramme figure 17 donne cette relation.



Les quantités de chaleur transmises sous les vêtements au cours des essais d'explosion seront reportées sur ce diagramme. Cela permettra de juger de l'efficacité de ces vêtements.

4.3. Tissus soumis aux essais (tableau IX)

Ces textiles ont été essayés en simple épaisseur chaque fois en combinaison avec un sous-vêtement en Frottee double et aussi avec un sous-vêtement en Baumwoll-Henkelplüsch ($2 \times 250 \text{ g/m}^2$) (nouveau tissu).

Des vêtements en double épaisseur ont aussi été essayés avec des sous-vêtements en Frottee simple, ainsi qu'avec un sous-vêtement en Baumwoll-Doppelhenkelplüsch (495 g/m^2) (nouveau tissu).

Quelques essais ont été faits sans vêtement de protection contre la chaleur avec simplement un sous-vêtement en Frottee double, imbibé de différentes quantités d'eau.

De appréciation van ontploffingsproeven scheidt moeilijkheden, omdat in deze publicaties, evenals in de andere, er steeds sprake is van een constante warmtestroming, terwijl deze bij een ontploffing veranderlijk is.

Op de tabel VIII ziet men echter dat de hoeveelheid warmte, nodig voor het bereiken van de pijndrempel of van de grens van optreden van blaren, altijd resulteert van de tijdens haar toepassingstijd geproduceerde warmtestroming. Om reden van de variabiliteit van de warmtestroming verkoos men derhalve de pijndrempel en de grens van optreden van blaren uit te drukken in functie van de hoeveelheid warmte en van de duur, in de plaats van in functie van de warmtestroming en van de duur. Het diagram van de figuur 17 toont deze relatie.

Fig. 17 — Seuil de douleur et limite d'apparition d'ampoules en fonction de la quantité de chaleur et de son temps d'application. Pijndrempel en grens van blaarvorming, in functie van de hoeveelheid warmte en van de duur van toepassing.

De hoeveelheden warmte, gedurende de ontploffingsproeven getransmitteerd onder de kledijen, zullen op dit diagram aangeduid worden. Zulks zal het mogelijk maken te oordelen over de doeltreffendheid van deze kledijen.

4.3. Aan de proeven onderworpen weefsels

Deze textielweefsels werden in hun enkelvoudige dikte telkens beproefd in combinatie met een « Frottee »-onderkleding in dubbele uitvoering, alsmede met een onderkleding uit « Baumwoll-Henkelplüsch » ($2 \times 250 \text{ g/m}^2$) (nieuw weefsel).

Kledijen in dubbele dikte werden eveneens beproefd met onderkleding in enkelvoudige « Frottee », evenals met een onderkleding uit « Baumwoll-Doppelhenkelplüsch » van 495 g/m^2 (nieuw weefsel).

Enkele proefnemingen werden gedaan zonder warmtewerende kledij, met enkel een onderkleding van dubbele « Frottee », doordrenkt met verschillende hoeveelheden water.

Tableau IX

Tabel IX

Tissus soumis aux essais
Aan de proeven onderworpen weefsels

Nature du textile <i>Aard van het weefsel</i>	Poids Gewicht en / in g / m ²	Abréviation <i>Afkorting</i>	
		une épaisseur <i>een dikte</i>	deux épaisseurs <i>twee dikten</i>
Baumwollköper (coton imprégné au probame) (n° 1 Tableau VI) <i>(met probaan geïmpregneerde katoen)</i> <i>(n° 1 van de tabel VI)</i>	310	BW	2 BW
Nomex (fibre d'aramides) <i>(aramide-weefsel)</i>	290	PA	2 PA
FPT * (laine - fibre de verre - PVC) (n° 6 Tableau VI) <i>(wol - glasvezel - PVC)</i> <i>(n° 6 van de tabel VI)</i>	420	FPT	2 FPT

* Le fabricant a changé le nom. Ce FPT correspond au Lucifero 310 + Baumwollkeschierung (420 g/m²)

* De fabrikant is van naam veranderd. Dit FPT correspondeert aan Lucifero 310 + Baumwollkeschierung (420 g/m²).

4.4. Essais réalisés et résultats

4.4.1. Essais en galerie de 14 m² de section

4.4.1.1. Explosions avec poussières de charbon

Après de nombreux essais comparatifs, des résultats très reproductibles concernant la température de la flamme, le temps d'action de la flamme, le flux chaleur et la quantité de chaleur, ont été obtenus en mettant en suspension dans l'air 2 × 5 kg de poussière (une bonbonne à chaque paroi de la galerie). De cette façon, l'action de la flamme était bien uniforme sur toute la surface du mannequin.

Au début, le calorimètre recouvert était placé dans la poitrine du mannequin. Les mesures n'étaient pas toujours reproductibles, probablement parce que les étoffes le recouvrant étaient irrégulièrement tendues. Le calorimètre recouvert fut placé sur un support comme indiqué figure 10.

Résultats

Vêtement : une épaisseur et sous-vêtement double

Dans ces conditions, la température de la flamme atteignait environ 1.590°C, le temps d'action de la

4.4. Gerealiseerde proefnemingen en resultaten daarvan

4.4.1. Proefnemingen in een galerij met een sectie van 14 m²

4.4.1.1. Ontploffingen met kolenstof

Na vele vergelijkende proeven, bekwam men zeer reproductieve resultaten betreffende de temperatuur van de vlam, de inwerkingsduur van de vlam, de warmtestroming en de hoeveelheid warmte, door in de lucht 2 × 5 kg stof (één fles aan iedere wand van de galerij) in suspensie te brengen. Op deze wijze was de inwerking van de vlam zeer gelijkmatig over de gehele oppervlakte van de mannequin.

In het begin werd de bedekte calorimeter in de borst van de mannequin geplaatst. De uitgevoerde metingen waren niet altijd te reproduceren, waarschijnlijk omdat de gebruikte stoffen onregelmatig aangespannen waren. De calorimeter werd geplaatst op een steun, zoals aangeduid op de figuur 10.

Resultaten

Kledij op enkelvoudige dikte, plus dubbele onderkleding

In deze omstandigheden bereikte de temperatuur van de vlam ongeveer 1.590°C en bedroeg de in-

flamme était d'environ 2,2 s. La température moyenne de la flamme atteignait environ 1.140°C . La quantité de chaleur devant le vêtement variait de 650 à 830 kJ/m^2 avec une moyenne de 730 kJ/m^2 . Le flux maximum de chaleur était d'environ $220 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

Les résultats sont représentés sous forme de diagramme (fig. 18).

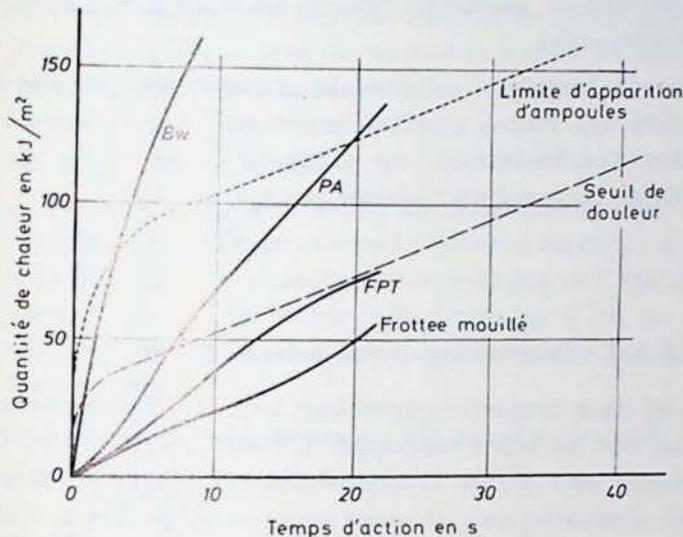


Fig. 18 — Quantité de chaleur sous un vêtement de protection en tissu simple lors d'une explosion de $2 \times 5 \text{ kg}$ de poussière de charbon dans une galerie de 14 m^2 .
Hoeveelheid warmte onder een beschermende kledij van enkelvoudig weefsel, bij een ontploffing van $2 \times 5 \text{ kg}$ kolenstof in een galerij met de sectie van 14 m^2 .

Pour le vêtement en Baumwollköper (BW), le seuil de douleur et la limite de formation d'ampoules sont atteints après quelques secondes. Le flux maximum qui passe au travers est de $28,9 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

Avec le vêtement en Nomex (PA), le seuil de douleur est atteint après environ 7 s et la limite de formation d'ampoules après environ 20 s. Le flux de chaleur maximal sous le vêtement atteint $7,5 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

Avec le vêtement FPT, la quantité de chaleur sous le vêtement reste sous le seuil de douleur et le flux de chaleur maximal est de $4,6 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

La transmission de chaleur a été la moindre avec le sous-vêtement en Frottee double sans survêtement, mais trempé dans l'eau (environ 400 % de son poids). Le flux de chaleur a été de $2,9 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

Vêtement : deux épaisseurs et sous-vêtement en Doppelhenkelplüsch (495 g/m^2)

Les résultats sont représentés sous forme de diagramme (fig. 19).

werkingsduur van de vlam ongeveer 2,2 s. De gemiddelde temperatuur van de vlam bereikte ongeveer 1.140°C . De hoeveelheid warmte aan de buitenkant van de kledij varieerde van 650 kJ/m^2 tot 830 kJ/m^2 , met een gemiddelde van 730 kJ/m^2 . De maximale warmtestroming bedroeg ongeveer $220 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

De resultaten zijn onder de vorm van diagram op de figuur 18 weergegeven.

Met de kledij uit « Baumwollköper » (BW) worden de pijndrempel en de grens van blaarvorming na enkele seconden bereikt. De maximale warmtestroming, die er doorheen passeert, bedraagt $28,9 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

Met de « Nomex »-kledij (PA) wordt de pijndrempel na ongeveer 7 seconden bereikt, en de grens van blaarvorming na ongeveer 20 seconden. De maximale warmtestroming onder de kledij bereikt $7,5 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

Met de FPT-kledij blijft de hoeveelheid warmte onder de kledij beneden de pijndrempel en bedraagt de maximale warmtestroming $4,6 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

De warmte-overdracht was het geringste bij het gebruik van een met water doordrenkte (ongeveer 400 % van het gewicht van de kledij) onderkleding van dubbele « Frottee », zonder bovenkleding. De warmtestroming bedroeg alsdan een waarde van $2,9 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}$.

Kledij op dubbele dikte, plus onderkleding in « Doppelhenkelplüsch » van 495 g/m^2 .

De resultaten zijn onder de vorm van diagram weergegeven op de figuur 19.

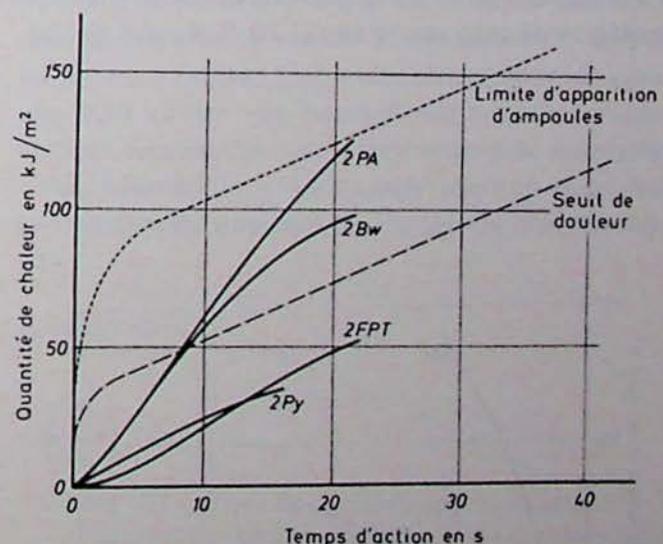


Fig. 19 — Quantité de chaleur sous un vêtement de protection en tissu double lors d'une explosion de $2 \times 5 \text{ kg}$ de poussière de charbon dans une galerie de 14 m^2 .
Hoeveelheid warmte onder een beschermende kledij van dubbel weefsel, bij een ontploffing van $2 \times 5 \text{ kg}$ kolenstof in een galerij met een sectie van 14 m^2 .

Lors de ces expériences, la quantité de chaleur mesurée devant le vêtement variait de 640 à 930 kJ/m² avec une valeur moyenne de 830 kJ/m². Le flux de chaleur moyen était de 220 kJ/m².s.

Comme c'était à prévoir, le BW et le FPT ont donné de meilleurs résultats en deux épaisseurs qu'en une. Il n'en est pas de même avec le PA (Nomex).

Ceci est probablement dû à ce que ce matériel se ratatine sous l'effet de la flamme et de cette façon colle au corps.

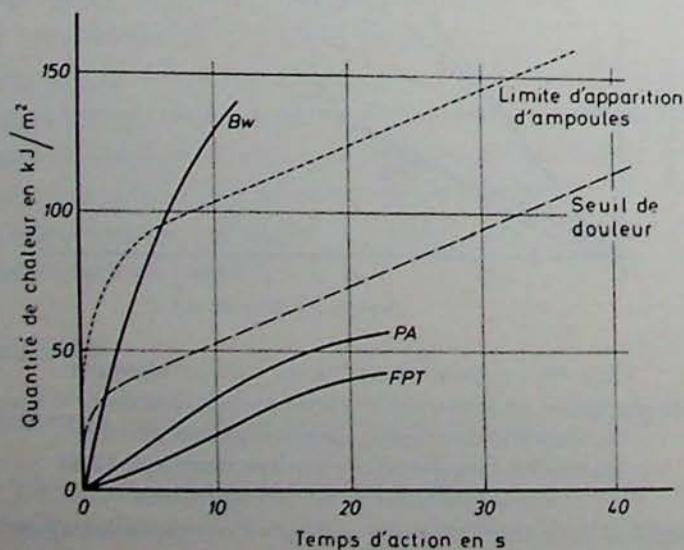
Au cours de cette série d'expériences, un nouveau tissu : le « Pyrovatex » (Baumwoll-Moleskin) en double épaisseur a été essayé : le 2 Py. Les résultats sont bons.

4.4.1.2. Explosions avec poussières de lignite

La température maximale de la flamme a été de 1.160°C, 400°C inférieure à celle du charbon. Le temps d'action de la flamme d'environ 2,4 s donne une température moyenne d'environ 900°C contre 1.120°C pour le charbon.

La quantité de chaleur devant le vêtement a varié de 410 à 640 kJ/m² avec une moyenne de 530 kJ/m², soit environ 40 % de moins qu'avec le charbon. Le flux de chaleur a été en moyenne de 130 kJ/m².s contre 220 kJ/m².s pour le charbon.

Les résultats obtenus avec des vêtements confectionnés avec une épaisseur sont donnés à la figure 20. Le Frottee double mouillé a aussi été expérimenté et n'a pas donné de bons résultats parce qu'il avait été imprégné de trop peu d'eau (170 % de son poids)..



Tijdens deze proefnemingen varieerde de hoeveelheid warmte, gemeten aan de buitenkant van de kledij, van 640 kJ/m² tot 930 kJ/m², met een gemiddelde waarde van 830 kJ/m². De gemiddelde warmtestroming bedroeg 220 kJ/m².s.

Zoals te verwachten was, gaven de BW en de FPT betere resultaten met dubbele dikte dan met enkelvoudige dikte. Dit was niet het geval met de PA (Nomex), vermoedelijk omdat dit materiaal onder de invloed van de vlammen opkrult en daardoor aan het lichaam plakt.

In de loop van deze reeks proefnemingen werd tevens een nieuw weefsel beproefd : « Pyrovatex » (Baumwoll-Moleskin), op dubbele dikte 2 Py genoemd. De resultaten waren goed.

4.4.1.2. Ontploffingen met bruinkoolstof

Bij deze ontploffingsproeven bedroeg de temperatuur van de vlam maximaal 1.160°C, zijnde 400°C minder dan bij de kolenstofontploffingen. De duur van inwerking van de vlam was ongeveer 2,4 s, hetgeen een gemiddelde temperatuur van ongeveer 900°C opleverde, daar waar deze bij de kolenstofontploffingen 1.120°C bedroeg.

De hoeveelheid warmte aan de buitenkant van de kledij varieerde van 410 kJ/m² tot 640 kJ/m², met een gemiddelde van 530 kJ/m², hetzij ongeveer 40 % minder dan met de kolenstofontploffingen. De warmtestroming bedroeg gemiddeld 130 kJ/m².s, tegen 220 kJ/m².s bij de kolenstofontploffingen.

De resultaten, bekomen met op enkelvoudige dikte vervaardigde kledijen, staan weergegeven op de figuur 20. De natte dubbele « Frottee » werd eveneens beproefd, maar gaf geen goede resultaten, omdat er bij het doordrenken te weinig water gebruikt was geworden (170 % van het gewicht van het weefsel).

Fig. 20 — Quantité de chaleur sous un vêtement de protection en tissu simple lors d'une explosion de 2 x 5 kg de poussières de lignite dans une galerie de 14 m².
Hoeveelheid warmte onder een beschermende kledij van enkelvoudig weefsel, bij een ontploffing van 2 x 5 kg bruinkoolstof in een galerij met een sectie van 14 m².

4.4.2. Essais dans une galerie de 5 m² de section

Dans la galerie de 14 m², la pression de l'explosion était pratiquement nulle. Ordinairement dans une galerie de mine, une explosion en cours développe une pression telle qu'elle occasionne des blessures qui sont mortelles. Les vêtements de protection contre la chaleur ne peuvent servir que dans des conditions semblables à celles reproduites dans la galerie de 14 m² où la pression est très faible. Ils ne peuvent servir en fait que si le personnel se trouve au point de départ d'une explosion ou à l'endroit où celle-ci meurt.

Pour avoir une idée du comportement des vêtements de protection contre la flamme au cours d'une explosion réelle, quelques expériences ont été réalisées dans une conduite métallique de 5 m² de section, de 140 m de longueur, une extrémité fermée et l'autre ouverte.

Le schéma d'expérience a été décrit au point 4.1.3.

4.4.2.1. Explosions de méthane

Le mélange méthane-air de 10 % de méthane avait un volume de 15 m³. Les résultats ne sont pas les mêmes que dans la galerie de 14 m², mais permettent des comparaisons intéressantes.

La température maximale de la flamme a été de 1.100°C. La durée de la flamme était d'environ 2,6 s avec une valeur moyenne de 850°C. La vitesse de la flamme était en moyenne de 25 m/s et la pression statique de 0,1 bar. La quantité de chaleur devant le vêtement était de 860 à 1.010 kJ/m² avec une valeur moyenne de 920 kJ/m². La quantité de chaleur sous les vêtements était moindre et à l'exception du Baumwollköper tous les textiles protégeaient suffisamment contre la douleur (fig. 21).

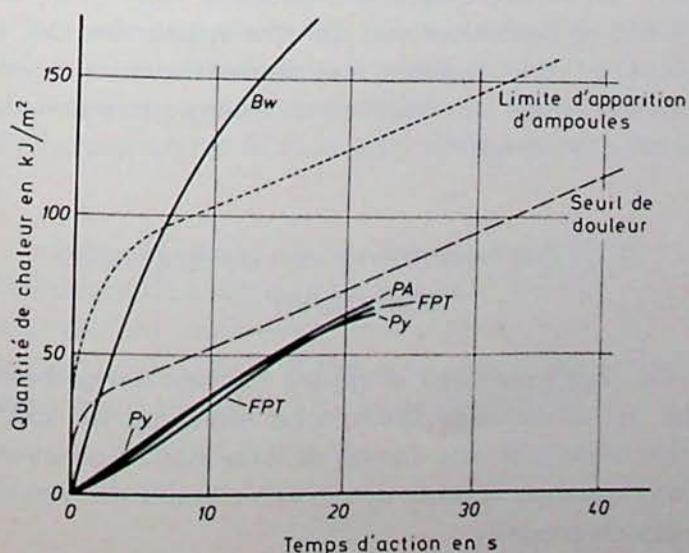


Fig. 21 — Quantité de chaleur sous un vêtement de protection en tissu simple lors d'une explosion d'un mélange méthane-air de 10 % dans une conduite de 5 m².
 Hoeveelheid warmte onder een beschermende kledij van enkelvoudig weefsel, bij een ontploffing van een mengsel van 10 % methaan en lucht in een leiding van 5 m².

4.4.2. Proefnemingen in een galerij met een sectie van 5 m²

In de galerij met een sectie van 14 m² was de druk van de ontploffing praktisch gelijk aan nul. In een mijngalerij veroorzaakt een lopende ontploffing gewoonlijk een druk, die zodanig is dat hij dodelijke verwondingen tot gevolg heeft. De warmtewerende kledijen kunnen slechts dienstig zijn in omstandigheden als deze van de ontploffingsproeven in de galerij met een sectie van 14 m², alwaar de ontploffingsdruk zeer zwak is. In feite kunnen zij slechts nut opleveren voor het personeel, zich bevindend op het punt van vertrek van de ontploffing of op de plaats waar deze ontploffing uitsterft.

Ten einde een gedacht te hebben over de gedraging van de vlammenwerende kledij tijdens een zwakke ontploffing, werden enkele proefnemingen gerealiseerd in een metalen kokerleiding van 5 m² sectie met een lengte van 140 m, aan het ene uiteinde gesloten en aan het andere uiteinde open.

Deze proefnemingen werden in de rubriek 4.1.3. schematisch beschreven.

4.4.2.1. Mijngasontploffing

Het mengsel van 10 % mijngas met lucht had een volume van 15 m³. De resultaten zijn niet gelijk aan deze, bekomen tijdens de proefnemingen in de galerij met een sectie van 14 m², maar laten toch interessante vergelijkingen toe.

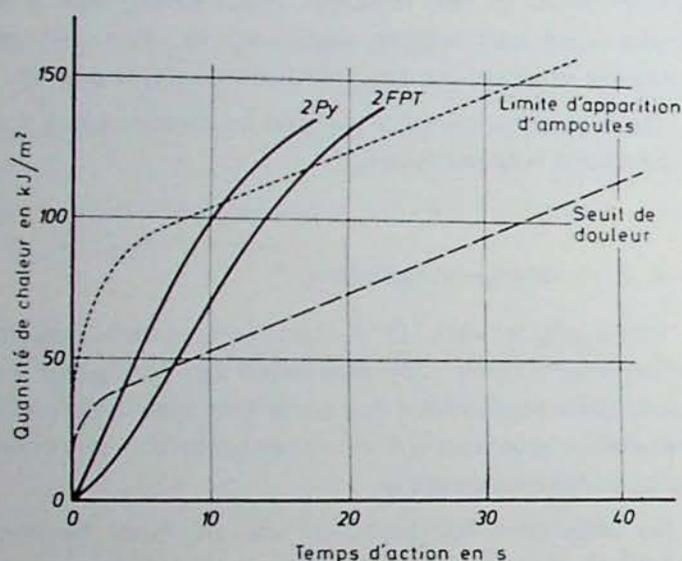
De maximale temperatuur van de vlam bedroeg 1.100°C. De duur van inwerking van de vlam was ongeveer 2,6 s, met een gemiddelde temperatuur van 850°C. De snelheid van voortzetting der vlammen was gemiddeld 25 m/s, en de statische druk bedroeg gemiddeld 0,1 bar. De hoeveelheid warmte aan de buitenkant van de kledij varieerde van 860 kJ/m² tot 1.010 kJ/m², met een gemiddelde waarde van 920 kJ/m². De hoeveelheid warmte onder de kledijen was minder en, uitgezonderd de weefsels uit « Baumwollköper », vertoonde elk beproefd textiel een voldoende bescherming tegen de pijn (zie figuur 21).

4.4.2.2. Explosions de poussière de charbon

2 × 5 kg de poussière ont été insufflés dans le volume de 15 m³. Des essais ont été faits avec des vêtements en double épaisseur de FPT et de Baumwoll-Moleskin avec port d'un sous-vêtement en Doppelhenkelsplüsch qui avaient précédemment donné de bons résultats. La vitesse de la flamme était de 35 m/s, la pression statique de 0,2 bar, la température maximale de 1.250°C. La durée de la flamme était de 2,6 s et la température moyenne de 1.010°C.

La quantité de chaleur devant le vêtement était de 1.680 à 1.700 kJ/m² avec un flux de chaleur moyen de 330 kJ/m².s.

La quantité de chaleur sous le vêtement était relativement élevée (fig. 22).



Dans ce cas, les deux vêtements n'offrent pas de protection suffisante contre la douleur ou l'apparition d'ampoules.

La différence constatée entre les résultats obtenus dans la galerie de 14 m² et la conduite de 5 m² provient d'un déroulement différent de l'explosion. Dans le premier cas, l'explosion se développe dans une section de 14 m² et seulement une partie des poussières participant à l'explosion influence les appareils de mesure. Ce qui n'est pas le cas dans la galerie de 5 m² où toute l'énergie libérée agit dans une beaucoup plus petite section.

4.5. Résumé des résultats

Les essais en galerie ont montré que l'effet thermique extérieur sur le vêtement était plus important que lors des essais de laboratoire. Ceux-ci permettaient néanmoins une classification des tissus.

4.4.2.2. Kolenstofontploffing

2 × 5 kg kolenstof werden in het volume van 15 m³ ingespoten. Proefnemingen werden gedaan met kledijen op dubbele dikte, vervaardigd uit FPT en uit « Baumwoll-Moleskin-Gewebe », zulks met dragen van een onderkleding uit « Doppelhenkelsplüsch ». Deze kledijen hadden vroeger goede resultaten opgeleverd. De snelheid van voortzetting van de vlammen bedroeg 35 m/s, de statische druk was 0,2 bar, en de maximale temperatuur beliep 1.250°C. De duur van inwerking van de vlam was 2,6 s, en de gemiddelde temperatuur bedroeg 1.010°C.

De hoeveelheid warmte aan de buitenkant van de kledij varieerde tussen 1.680 kJ/m² en 1.700 kJ/m², met een gemiddelde warmtestroming van 330 kJ/m².s. De hoeveelheid warmte onder de kledij lag betrekkelijk hoog (zie figuur 22).

Fig. 22 — Quantité de chaleur sous un vêtement de protection en tissu double lors d'une explosion de 2 × 5 kg de poussière de charbon dans une conduite de 5 m².
Hoeveelheid warmte onder een beschermende kledij van dubbel weefsel, bij een ontploffing van 2 × 5 kg kolenstof in een leiding van 5 m².

In dit geval bieden deze beide kledijen geen voldoende bescherming tegen de pijn en tegen het optreden van blaarvorming.

Het vastgestelde verschil tussen de resultaten, bekomen in de galerij met een sectie van 14 m² en in de kokerleiding met 5 m² sectie, komt voort van een verschil in verloop van de ontploffingen. In het eerste geval ontwikkelt de ontploffing zich in een sectie van 14 m² en influeert enkel een gedeelte van het bij de ontploffing betrokken stof de meetapparaten. Dit is niet het geval in de galerij met een sectie van 5 m², in dewelke geheel de vrijgekomen energie in een veel kleinere sectie ageert.

4.5. Samenvatting van de bekomen resultaten

De proefnemingen in galerij hebben aangetoond dat het uitwendige thermische effect op de kledij meer belangrijk was dan bij de laboratoriumproeven. Deze maakten desalniettemin een classificatie van de weefsels mogelijk.

La méthode calorimétrique appliquée a montré que le flux de chaleur était très variable dans le temps. En se basant sur des études américaines, on a pu établir une relation qui donnait le seuil de douleur et la limite de formation d'ampoules en fonction de la quantité de chaleur et du temps. C'est cette relation qui a servi à comparer les tissus.

Des essais ont été faits en galerie de 14 m². Dans ce cas seul, le tissu en FPT en simple épaisseur protège suffisamment que pour rester sous le seuil de douleur.

Dans le cas du tissu utilisé en double épaisseur, la protection est améliorée avec le Baumwollköper et le FPT. De très bons résultats ont été obtenus avec le Baumwoll-Moleskin : Py. Par contre, le Nomex utilisé en double épaisseur n'a pas donné de meilleurs résultats qu'en simple épaisseur. D'autres essais ont été faits avec de la poussière de lignite. Dans ce cas, la quantité de chaleur passant au travers du vêtement est nettement moindre. La limite d'apparition d'ampoules n'est pas atteinte même avec le Nomex utilisé en simple couche.

Enfin, des essais ont été faits dans un tuyau de 5 m² de section fermé à une extrémité.

Dans le cas d'explosion de méthane, à l'exception du Baumwollköper, tous les vêtements protègent suffisamment que pour rester sous le seuil de sensation de douleur.

Dans le cas d'explosion de poussière de charbon, la limite d'apparition d'ampoules a été atteinte même avec les deux tissus utilisés en double épaisseur, le FPT et le Baumwoll-Moleskin qui auparavant avaient donné le meilleur résultat. Ces résultats peuvent s'expliquer du fait qu'à cause des conditions d'expérience la quantité totale de chaleur dégagée par l'explosion a atteint les appareils de mesure, ce qui n'est pas le cas dans une galerie de 14 m².

Des recherches ont été faites avec des sous-vêtements en Frottee double, mouillés, portés seuls sans survêtement. Les résultats dépendent de la quantité d'eau retenue par le sous-vêtement.

Imprégné de 170 % de son poids d'eau, l'influence de la chaleur sous le vêtement est encore relativement importante, mais imprégné de 400 % de son poids d'eau, il présente une protection correspondant à celle du FPT en double épaisseur.

De toegepaste calorimetrische methode toonde aan dat de warmtestroming zeer veranderlijk in tijd was. Zich baserend op Amerikaanse onderzoeken, heeft men een relatie kunnen vaststellen, die de pijndrempel en de grens van blaarvorming in functie van de hoeveelheid warmte en van de duur aangaf. Deze relatie diende ter vergelijking van deze weefsels.

Proefnemingen werden ondernomen in een galerij met een sectie van 14 m². In dit geval heeft enkel het FPT-weefsel op enkelvoudige dikte voldoende bescherming geboden om onder de pijndrempel te blijven.

Bij gebruik van weefsel op dubbele dikte wordt de bescherming verbeterd met de « Baumwollköper » en de FPT. Zeer goede resultaten werden bekomen met gebruik van de « Baumwoll-Moleskin » : Py. Daarentegen heeft de « Nomex » op dubbele dikte geen betere resultaten opgeleverd dan op enkelvoudige dikte. Nog andere proefnemingen werden gedaan met aanwending van bruinkoolstof. In dit geval was de doorheen de kledij passerende hoeveelheid warmte duidelijk minder. De grens van optreden van blaren werd niet bereikt, zelfs niet met de « Nomex » op enkelvoudige dikte.

Tenslotte werden proefnemingen gedaan in een kokerleiding met een sectie van 5 m², dewelke aan één uiteinde gesloten was.

Met uitzondering van de « Baumwollköper », boden de kledijen tijdens mijngasontploffingen voldoende bescherming om onder de pijndrempel te blijven.

Bij toepassing van kolenstofontploffingen werd de grens van blaarvorming zelfs bereikt met de twee op dubbele dikte gebruikte weefsels, namelijk met de FPT en met de « Baumwoll-Moleskin », die voorheen nochtans de beste resultaten hadden opgeleverd.

Deze resultaten vinden een verklaring in het feit dat, in het verloop van de proefomstandigheden, de totale hoeveelheid door de ontploffing vrijgekomen warmte de meetapparaten bereikt heeft, hetgeen niet het geval is in een galerij met een sectie van 14 m².

Proefnemingen werden gedaan met onderkleding uit natte dubbele « Frottee » zonder bovenkleding. De resultaten zijn afhankelijk van de hoeveelheid water, waarmee deze onderkleding doordrenkt was. Bij een doordrenking met 170 % van het gewicht van de kleding is de invloed van de warmte onder de kledij nog betrekkelijk belangrijk, maar bij een doordrenking met 400 % van het gewicht van de kleding correspondeert de geboden bescherming met deze van de FPT op dubbele dikte.

4.6. Conclusions

Les trois combinaisons de costumes retenues dans les conclusions de la 3^{ème} partie ont été testées au cours d'explosions de galeries de 14 m² et 5 m² de section.

Il faut en déduire :

- 1°) que le Baumwollköper est à exclure comme survêtement ;
- 2°) que le FPT donne de biens meilleurs résultats que le Baumwollköper ;
- 3°) que le Doppel Frottee mouillé (à la condition d'être bien mouillé) offre une protection semblable à celle du survêtement en FPT.

Malheureusement, le FPT est d'un entretien très difficile et très coûteux. Il doit être nettoyé chimiquement. Il est donc très peu pratique d'utilisation.

Pendant la période des essais en galerie, deux nouveaux tissus ont été présentés : le Baumwoll-Moleskin (Py) pour le survêtement, le Doppelhenkelplüsich pour le sous-vêtement. Les essais en galerie faits avec le Baumwoll-Moleskin donnent des résultats équivalents à ceux du FPT.

Ce vêtement présente l'avantage d'un entretien facile et peu coûteux. Sans avoir été soumis à des essais de portabilité systématiques comme les autres, il est mieux supporté que le FPT par les sauveteurs de la Ruhr et de la Sarre qui l'ont porté.

Il pourrait remplacer avantageusement le FPT (des essais de portabilité systématiques, tels qu'ils ont été faits pour les autres tissus, seront effectués au Coördinatiecentrum Reddingswezen de Hasselt).

Les essais faits avec le Doppelhenkelplüsich sec porté comme sous-vêtement au lieu du Doppel Frottee semblent aussi donner satisfaction. Il n'a pas encore été essayé mouillé.

5. CONCLUSIONS GENERALES

Nous n'avons pas trouvé, dans la gamme des tissus actuellement sur le marché, un tissu avec lequel on puisse confectionner un vêtement ergonomiquement valable et répondant aux critères antifiemme qu'on s'était imposés au départ.

4.6. Besluiten

De drie kostuumcombinaties, vermeld in de besluiten van het derde rapportgedeelte, werden getest bij ontploffingsproeven in de galerijen met secties van 14 m² en 5 m².

De resultaten van deze proefnemingen laten toe te besluiten :

- 1°) dat de « Baumwollköper » als bovenkleding uit te sluiten is ;
- 2°) dat de FPT veel betere resultaten dan de « Baumwollköper » oplevert ;
- 3°) dat de natte dubbele « Frottee » (wanneer deze goed doordrenkt is) een bescherming verwezenlijkt, die gelijk is aan deze van de bovenkleding uit FPT.

Ongelukkigerwijs vergt de FPT een zeer moeilijk en zeer kostelijk onderhoud. Dit weefsel dient chemisch gereinigd te worden en is derhalve weinig praktisch in het gebruik.

In de loop van de proefnemingen in galerie werden twee nieuwe weefsels voorgesteld : de « Baumwoll-Moleskin » (Py) voor hetgeen de bovenkleding betreft, en de « Doppelhenkelplüsich » voor hetgeen de onderkleding betreft. De in galerie met « Baumwoll-Moleskin » uitgevoerde proefnemingen leverden resultaten op, die gelijkwaardig waren aan deze met het FPT-weefsel.

Deze kledij was voordelig door gemak van onderhoud en door geringe kostprijs van onderhoud. Zonder, zoals de andere, onderworpen te zijn geweest aan systematische draagbaarheidsproeven, werd vastgesteld dat de « Baumwoll-Moleskin » door de koolmijnredders van het Ruhr-gebied beter dan de FPT verdragen werd, zodat deze kledij aldaar ook gedragen wordt.

Deze « Baumwoll-Moleskin » zou op voordelige wijze de FPT kunnen vervangen (systematische proefnemingen, van aard van deze die met de andere weefsels uitgevoerd werden, zullen in het Coördinatiecentrum Reddingswezen te Hasselt doorgevoerd worden).

Proeven met droge « Doppelhenkelplüsich », bij wijze van onderkleding gedragen in de plaats van de dubbele « Frottee », blijken eveneens voldoening te geven. Deze « Doppelhenkelplüsich » werd nog niet in met water doordrenkte toestand beproefd.

5. ALGEMENE BESLUITEN

In de gamma van de momenteel op de markt zijnde weefsels vonden wij er geen waarmee men een kledij zou kunnen vervaardigen, die ergonomisch waardevol zou zijn en die zou beantwoorden aan de vooraf bepaalde vlammenwerende criteria.

Les résultats de la recherche ne sont pas pour autant négatifs :

- 1) Une protection beaucoup meilleure que celle du vêtement en Baumwollkörper a été trouvée. Elle consiste en un vêtement composé d'un survêtement en Baumwoll-Moleskin et un sous-vêtement en Doppel Frottee. Lorsque les conditions d'ambiance sont trop sévères ($> 30^{\circ}\text{C}$ sec), il faut enlever la veste et la cagoule du survêtement et mouiller abondamment le sous-vêtement. D'après les essais faits récemment au Coördinatiecentrum de Hasselt, la température de l'eau peut être de 15°C sans inconvénient.
- 2) Un appareillage de laboratoire original et simple d'utilisation a été mis au point pour permettre de comparer entre eux les divers tissus au point de vue :
 - a) de la résistance à la flamme (Cerchar-Verneuil) ;
 - b) de la résistance au flux de chaleur (Grubenrettungsstelle à Essen).

A la Versuchsstrecke de Dortmund-Derne, il existe une installation pour mesurer les effets d'une explosion en galerie sous un vêtement de protection complet. Ces essais en galerie sont longs et coûteux, mais la Hauptstelle für des Grubenrettungswesen d'Essen vient de mettre au point un appareillage permettant de reproduire en laboratoire, sur un morceau de tissu, les effets mesurés lors des explosions de galerie.

On possède donc actuellement des moyens rapides et peu coûteux pour tester tout nouveau tissu.

ANNEXE I

Indice de fatigue d'un individu suite à un travail de sauvetage

Depuis 1960, environ 2.000 exercices dans des ambiances à température élevée sont effectués chaque année au Coördinatiecentrum Reddingswezen de Hasselt.

Pour chaque individu et chaque exercice, on mesure les facteurs suivants :

- La fréquence cardiaque au repos et à la fin de l'exercice.

De resultaten van het onderzoek zijn niet negatief, in de mate dat rekening wordt gehouden met de onderstaande bemerkingsen.

- 1) Er werd een veel betere bescherming gevonden dan deze met de kledij uit « Baumwollkörper ». Deze betere kledij bestaat uit een bovenkleding van « Baumwoll-Moleskin » en een onderkleding van dubbele « Frottee ». Wanneer de omgevende temperatuur te hoog ligt (meer dan 30°C droog), dient het vest en de hoofdkap van de bovenkleding weggenomen te worden en moet de onderkleding overvloedig bevochtigd worden. Recente proefnemingen van het Coördinatiecentrum Reddingswezen te Hasselt hebben aangetoond dat de temperatuur van het water zonder nadelige invloed 15°C mag bedragen.
- 2) Een originele en gemakkelijk te bedienen laboratoriumapparatuur werd op punt gesteld, ten einde de verschillende weefsels te kunnen onderling vergelijken op het gebied van :
 - a) de weerstand aan de vlam (CERCHAR te Verneuil / Frankrijk) ;
 - b) de weerstand aan de warmtestroming (Hauptstelle für das Grubenrettungswesen te Essen / Duitse Bondsrepubliek).

Bij de « Versuchsstrecke » te Dortmund / Duitse Bondsrepubliek bestaat er een installatie voor het meten van het effect van een ontploffing in galerij op een volledige beschermende kledij, dit wil zeggen onder deze kledij. Deze proefnemingen in galerij duren lang en zijn kostelijk, maar de « Hauptstelle für das Grubenrettungswesen » van Essen / Duitse Bondsrepubliek heeft onlangs een apparatuur op punt gesteld, met behulp van dewelke de tijdens ontploffingen in een galerij gemeten effecten in laboratorium op een stukje weefsel kunnen gereproduceerd worden.

Momenteel beschikt men dus over middelen om ieder nieuw weefsel snel en zonder veel kosten te testen.

BIJLAGE I

Vermoeidheidsindex van een individu ten gevolge van een reddingsarbeid

Sedert 1960 worden in het Coördinatiecentrum Reddingswezen ieder jaar ongeveer 2.000 oefeningen in omstandigheden met hoge temperatuur uitgevoerd.

Bij iedere oefening worden voor elk individu de volgende factoren gemeten :

- De hartslagfrequentie bij rust en op het einde van de oefening.

- La récupération de la fréquence cardiaque après trois minutes de repos dans une température ambiante de 30°C.
- L'augmentation de la température interne.
- La perte de poids en pourcents du poids de l'individu.
- Son propre jugement concernant son état : peu fatigué, fatigué, très fatigué ou épuisé.

Partant de la valeur de ces facteurs, on a cherché à exprimer par un chiffre la charge physiologique de l'individu à la fin de la prestation. L'unité de charge physiologique a été appelée le « Kempen », en abréviation « KS » (en hommage aux charbonnages du bassin de Campine qui ont créé le centre).

On a posé comme postulat que cette charge augmente de façon exponentielle avec l'augmentation de chaque facteur mesuré, et devient infinie pour les valeurs qu'on ne peut logiquement dépasser pour le travail considéré.

Partant de cette conception, on a calculé la charge physiologique de l'individu de la façon suivante.

A chacun des facteurs mentionnés plus haut, on donne une valeur exprimée en KS et calculée suivant une formule déterminée. Cette formule a été modifiée au cours des temps pour serrer de plus près la vérité, et l'on a trouvé la meilleure corrélation entre les divers facteurs en utilisant deux formules :

L'une : $y = 100 \sqrt{(B - A)/(B - X)}$ s'applique :
à la fréquence cardiaque,
à la récupération de la fréquence cardiaque,
à l'opinion de l'individu.

L'autre : $y' = 125 \sqrt{[(B - A)/(B - X)]} - 25$ s'applique :
à l'augmentation de température interne,
à la perte de poids.

Dans ces deux formules :
X est la valeur mesurée du facteur envisagé.

A est la valeur de ce facteur au repos.
B est pour ce facteur la limite à ne pas dépasser sous peine d'accident grave :

- pour la fréquence cardiaque : $A = 72 ; B = 217,8$
- pour la récupération de la fréquence cardiaque après trois minutes : $A = 100 ; B = 6,25$

- De recuperatie van de hartslagfrequentie na drie minuten rust in een omgeving met een temperatuur van 30°C.
- De stijging van de inwendige lichaamstemperatuur.
- Het lichaamsgewichtsverlies in percent van het gewicht van het individu.
- Het eigen oordeel van het individu over zijn toestand : weinig vermoeid, vermoeid, zeer vermoeid, of uitgeput.

Vertrekkend van de waarde van deze factoren, heeft men getracht de physiologische belasting van het individu op het einde van een prestatie in een cijfer uit te drukken. De eenheid van physiologische belasting werd « Kempen » genoemd, met als afkorting « KS » (bij wijze van hulde aan de steenkolenmijnen van het Kempens bekken, die het centrum hebben opgericht).

Men heeft als postulaat gesteld dat deze physiologische belasting op exponentiale wijze stijgt met de verhoging van iedere gemeten factor, en dat zij oneindig wordt voor de waarden die men bij de beschouwde arbeid logischerwijze niet mag overschrijden.

Vertrekkend van deze conceptie, heeft men de physiologische belasting van het individu op de volgende wijze berekend :

Aan elk van de hoger vermelde factoren geeft men een waarde, uitgedrukt in KS en berekend volgens een bepaalde formule. Deze formule werd in de loop van tijd gewijzigd, ten einde zo dicht mogelijk de werkelijkheid te benaderen. Men heeft de meest gunstige correlatie tussen de verschillende factoren gevonden door gebruik van twee formules :

$$1^{\circ} y = 100 \sqrt{(B - A)/(B - X)}$$

Deze eerste formule is toepasselijk voor :
de hartslagfrequentie,
de recuperatie van de hartslagfrequentie,
de persoonlijke opinie van het individu.

$$2^{\circ} y' = 125 \sqrt{[(B - A)/(B - X)]} - 25$$

Deze tweede formule is toepasselijk voor :
de stijging van de inwendige lichaamstemperatuur,
het lichaamsgewichtsverlies.

In deze twee formules :

X = de gemeten waarde van de beschouwde factoren.

A = de waarde van deze factor bij rust.

B = de grens, die voor deze factor op straf van ernstig ongeval niet mag overschreden worden :

- voor de hartslagfrequentie : $A = 72 ; B = 217,8$
- Voor de recuperatie van de hartslagfrequentie na drie minuten : $A = 100 ; B = 6,25$

— pour l'augmentation de la température interne : $A = 0$; $B = 2,65$

— pour la perte de poids : $A = 0$; $B = 3,71$

En ce qui concerne l'opinion personnelle, l'indice se calcule en prenant $A = 0$ et $B = 15$, et en donnant les cotes suivantes :

3,5 pour « peu fatigué ».

7 pour « fatigué ».

10,5 pour « très fatigué ».

14 pour « épuisé ».

L'indice de fatigue est égal à la somme des KS trouvés pour chaque facteur, divisée par le nombre de facteurs pris en considération.

Au lieu d'utiliser les formules, on peut mesurer les KS sur l'une des deux courbes correspondantes, qui sont représentées à la figure 23. Cet indice de fatigue n'est sans doute pas rigoureusement représentatif de l'état de l'individu. Il n'empêche que les résultats obtenus sont déjà très représentatifs de ce que les individus ressentent, c'est-à-dire que l'indice calculé en se basant sur la fréquence cardiaque, l'augmentation de la température interne, le pourcentage de récupération de la fréquence cardiaque et la perte de poids est très voisin de celui correspondant à l'opinion de l'individu.

Il faut ici faire remarquer que les sauveteurs faisant un exercice n'ont aucun avantage à surestimer ou à sous-estimer leur état, car tout esprit de compétition a été banni entre eux. Ce sont tous des volontaires qui ne retirent aucun avantage de leurs prestations.

— voor de stijging van de inwendige lichaamstemperatuur : $A = 0$; $B = 2,65$

— voor het lichaams-gewichtsverlies : $A = 0$; $B = 3,71$

Voor hetgeen de persoonlijke opinie betreft, wordt de index berekend met als waarden : $A = 0$ en $B = 15$. Hierbij worden de volgende waarderingscijfers gebruikt :

3,5 voor « weinig vermoeid ».

7 voor « vermoeid ».

10,5 voor « zeer vermoeid ».

14 voor « uitgeput ».

De vermoeidheidsindex is gelijk aan de som van de KS die voor iedere factor gevonden werd, gedeeld door het aantal in aanmerking genomen factoren.

In de plaats van de formules te gebruiken, kan men de KS berekenen aan de hand van één van de twee corresponderende curven, afgebeeld op de figuur 23. Deze vermoeidheidsindex is ongetwijfeld niet absoluut representatief voor de toestand van het individu. Zulks belet niet dat de bekomen resultaten zeer goed de gewaarwordingen van de individuen weergeven, dit wil zeggen dat de index, berekend op basis van de hartslagfrequentie, de stijging van de inwendige lichaamstemperatuur, het percentage van de recuperatie van de hartslagfrequentie en het lichaams-gewichtsverlies, zeer nauw aanleunen tegen de index van de individuele opinie.

Er dient hier duidelijk gesteld te worden dat de trainende redders er generlei voordeel bij hebben om hun toestand te overschatten of te onderschatten, want iedere vorm van onderlinge competitiegeest werd uitgesloten. Alle redders zijn vrijwilligers en hun prestaties leveren hun geen enkel voordeel op.

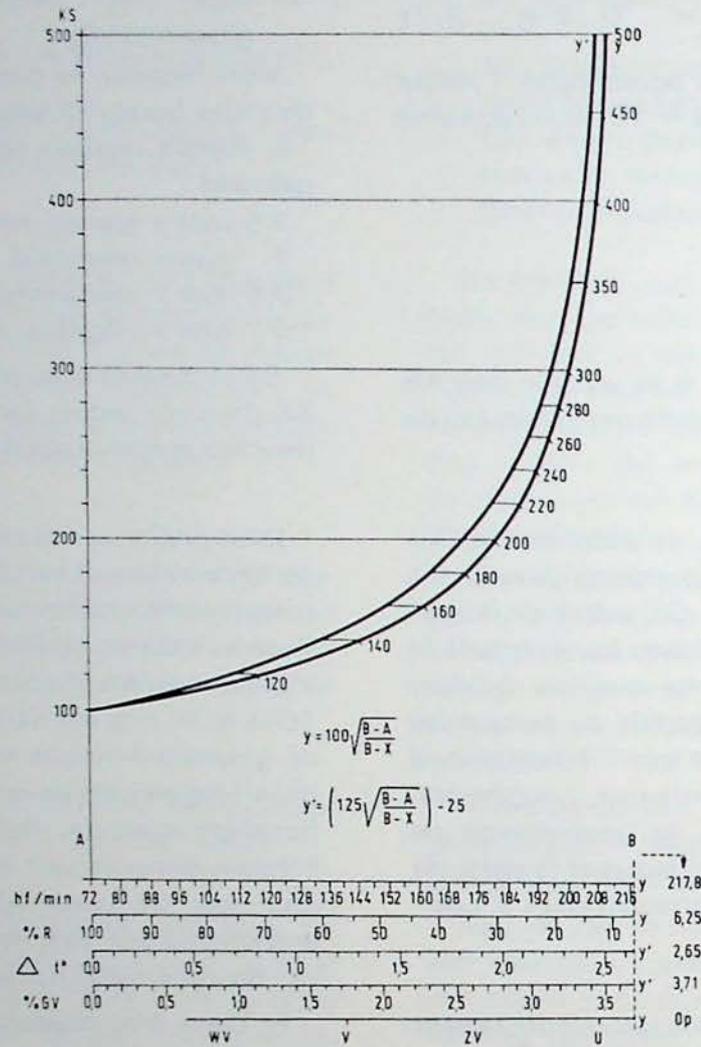


Fig. 23 — Indice de fatigue pour travaux de sauvetage
 Vermoeidheidsindex voor reddingswerken

hf/min : Fréquence cardiaque par minute
 % R : Récupération de la fréquence cardiaque après trois minutes de repos exprimée en pour-cent de l'augmentation
 Δ t° : Augmentation de la température corporelle interne
 % GV : Perte de poids exprimée en pour-cent du poids initial

WV : Peu fatigué
 V : Fatigué
 ZV : Très fatigué
 U : Épuisé
 Op : Abandon

y : — Fréquence cardiaque
 — % récupération après 3 min
 — Opinion
 y' : — Augmentation de la température interne
 — % perte de poids

hf/min : Hartslagfrequentie per minuut
 % R : Rekuperatie van de hartslagfrequentie na drie minuten rust, uitgedrukt in percent van de stijging
 Δ t° : Stijging van de inwendige lichaamstemperatuur
 % GV : Lichaamsgewichtsverlies uitgedrukt in percent ten opzichte van het begingewicht

WV : Weinig vermoeid
 V : Vermoeid
 ZV : Zeer vermoeid
 U : Uitgeput
 Op : Opgave

y : — Hartslagfrequentie
 — % rekuperatie na 3 min
 — Opiniepeiling
 y' : — Stijging van de inwendige temperatuur
 — % gewichtsverlies

ANNEXE II

Liste des tissus examinés par la Hauptstelle für das Grubenrettungswesen, Essen
 Lijst van de bestudeerde weefsels door de Hauptstelle für das Grubenrettungswesen, Essen

Désignation <i>Benaming</i>	Composition <i>Samenstelling</i>	Fournisseur <i>Leverancier</i>
ATF 2000	ATF 2000	Bayer
Bw 220	Baumwoll-Unterwäsche 4433	Schießer
Bw 218	Baumwoll-Köper (Proban)	Vorndamme
Bw 340	Denizet M 4 (Pyrovatex)	Vorndamme
Bw PA 250	Baumwoll-Frottee (25 % Polyamid)	Schießer
Bw PA 280 F	Baumwoll-Doppelfrottee (mit Polyamid)	Schießer
GL 140	Glasfasergewebe	inconnu / <i>onbekend</i>
GL 180	Glasfasergewebe (Nasa)	Voß
GL 190	Glasfasergewebe	Remco
GL 220	Glasfasergewebe	Lauratiss
GL 470	Glasfasergewebe	inconnu / <i>onbekend</i>
FPT 250	Wolle / PVC / Glasfaser	Mauser
FPT 310	Wolle / PVC / Glasfaser	Mauser
Luc 310	Wolle / PVC / Glasfaser = 55 tex	Legler
Luc 310 *	Wolle / PVC / Glasfaser = 110 tex	Legler
FPT 485 C	FPT-Cord (Wolle, PVC, Glasfaser)	Legler
FPT 505 C	FPT-Cord (Wolle, PVC, Glasfaser)	Legler
FPT 555 J	FPT-Jersey (Wolle, PVC, Glasfaser)	Legler
FPT 580 F	FPT-Frottee (Wolle, Glasfaser)	Legler
PA 180	Polyamidfasern (Nomex)	Voß
PA 270	Polyamidfasern (Nomex)	Voß
PA 390	Polyamidfasern (Nomex) (Flausch)	Voß
PA 450	Polyamidfasern (Nomex) (dreilagig)	Voß
PTO 190	PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PTO 230	PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PTO 250	PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PTO 320	PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PTO 480	PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PTO 490	PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PTO 190 V	Vlies aus PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PTO 280 I	Interlock aus PTO-Fasern	Enka-Glanzstoff
PAC 220	Polyacrylnitrilfasern	Monsanto
280 Moutarde	Composition inconnue / <i>samenstelling onbekend</i>	Lauratiss
230 Drims	Composition inconnu / <i>samenstelling onbekend</i>	Drims
370 Marglass	Composition inconnue / <i>samenstelling onbekend</i>	Marglass

Nous avons laissé dans la colonne : Composition, les dénominations qui ont été données par les fabricants

Le fabricant a changé le nom. Ce Lucifero correspond maintenant au FPT repris au tableau IX.

In de kolom « Materie » werden de door de leveranciers aangegeven benamingen gebruikt.

De fabrikant is van naam veranderd. De Lucifero correspondeert nu aan FPT hernomen in tabel IX.

ANNEXE III

Résultats des essais du CERCHAR sur la résistance à la flamme

Resultaten van de proefnemingen van weerstand aan de vlammen, uitgevoerd door CERCHAR

Tissu / Stof	1.100°C			850°C			600°C		
	8 s	5 s	2 s	8 s	5 s	2 s	8 s	5 s	2 s
Proban			f		F	f	f	f	0
F.P.T.					F	f	f	f	f
Nomex-Gittergewebe					F			f	f
Nomex - 2 % SF 180			F		f	f	f	f	f
Nomex - 2 % SF 270			f		0	0	f		
Glasfasergewebe	F	F	F	0	0				
Genin 333	0	0	0	0	0				
Remco-Beta	F	0	0	0	0				
Drims	F	F	F	0	0				
Lauratiss 9742	F	0		0	0				
Lauratiss Moutarde								f	f
Marglass		F	F	F	F	f	f	f	f
Monsanto			0		f	0	0	0	
Genin 895	0	0		0	0				
Naza	F	F	F	0	0				
MSA Beta Plastifié	F	F	F	F	0				
Remco-Verre	F	F		0	0				
Satin Ignisec			f		f	0	f	f	
Nomex Mazura					F			F	f
Nomex Serge 3244			f		0	0	0	0	0
Nomex J.C.A.					F			F	f

ni flamme ni fumée
 flamme en cours d'essai
 fumée en cours d'essai

0 zonder vlammen noch rook
 F vlammen gedurende de proef
 f rook gedurende de proef

Examen après essai

ANNEXE III

Studie na afloop van het onderzoek

Tissu / Stof	1.100°C			850°C			600°C		
	8 s	5 s	2 s	8 s	5 s	2 s	8 s	5 s	2 s
Proban			1		3	0	3	0	0
F.P.T.					3	2	2	2	1
Nomex Gittergewebe								3	2
Nomex 2 % SF 180			2		2	1	2	1	0
Nomex 2 % SF 270			1		2	0	1		
Glasfasergewebe	1	1	1	1	1				
Genin 333	2	2	1	1	1				
Remco Beta	2	1	1	1	1				
Drims	2	1	1	1	1				
Lauratiss 9742	1	1		1	1				
Lauratiss Moutarde								3	2
Marglass		3	2	3	2	2	2	2	0
Monsanto		3	2		2	1	2	1	
Genin 895	1	1		1	1				
Naza	1	1	1	1	1				
MSA Beta Plastifié	1	1	1	1	1		1		
Remco Verre	1	1		1	1				
Satin Ignisec			1		2	0	2	0	
Nomex Mazura					2			2	2
Nomex Serge 3244			3		2	1	2	1	0
Nomex J.C.A.					2			2	2

Aucune altération
 Changement de teinte sans autre altération
 Durcissement, fragilisation ou rétrécissement
 Destruction par fusion ou carbonisation

0 Generlei verandering
 1 Wijziging van tint, zonder andere verandering
 2 Verharding, breekbaarheid of inkrimping
 3 Vernietiging door smelting of door verkoling

Perspectives offertes par la gazéification souterraine, sous pression, dans le domaine de la carbochimie *

René CYPRES **

RESUME

Une carbochimie au départ des gaz de gazéification souterraine sous pression a été discutée dans l'hypothèse que des expériences suffisantes auraient prouvé que le gisement se comporte comme un gazogène souterrain, dans des conditions économiques favorables.

Les caractéristiques physiques et chimiques des gaz ont été analysées.

Leur valorisation chimique doit être axée vers la chimie de l'hydrogène, dont les besoins dans le monde augmentent de 11 à 12 % par an.

La conversion catalytique du CO, en H₂, par la vapeur d'eau doit être réalisée à la pression à laquelle les gaz sortent du gisement.

L'hydrogène pur peut être obtenu par liquéfaction fractionnée ou adsorption sélective des gaz de conversion.

La chimie du gaz de synthèse (CO + H₂) permet, par des procédés connus en chimie industrielle, la fabrication du méthanol, du méthane et des isoparaffines.

Le méthanol deviendra le carburant automobile de remplacement, élaboré au départ de charbon.

La synthèse de méthane permettra de remplacer le gaz naturel, au fur et à mesure de son épuisement, par un gaz de même composition chimique, mais fabriqué comme le méthanol, au départ de CO et H₂, produits par la gazéification du charbon.

Les fabrications carbochimiques utilisant les gaz de la gazéification souterraine sous pression ne pourront être entreprises que quand le procédé INIEX sera entré dans sa phase industrielle.

SAMENVATTING

Een carbochemie op basis van gassen van ondergrondse vergassing onder druk werd besproken in de veronderstelling dat voldoende proefnemingen zouden bewezen hebben dat de afzetting zich gedraagt als een ondergrondse gasgenerator, in gunstige economische omstandigheden.

De fysische en chemische kenmerken van de gassen werden geanalyseerd.

Hun chemische valorisatie moet gericht zijn op de chemie van de waterstof, waarvan de wereldbehoefte toenemen met 11 à 12 % per jaar.

De catalytische omzetting van CO in H₂, door stoom moet uitgevoerd worden onder de druk waarbij de gassen uit de afzetting komen.

De zuivere waterstof kan worden verkregen door gesplitste vloeibaarmaking of door selectieve adsorptie van de omzettinggassen.

De chemie van het synthesesegas (CO + H₂) maakt de produktie mogelijk van methanol, methaan en isoparaffinen d.m.v. procédés die gekend zijn in de industriële scheikunde.

Het methanol zal het autobrandstofsurogaat worden, gevormd op basis van steenkool.

De methaansynthese zal het mogelijk maken aardgas te vervangen naarmate dat uitgeput geraakt, door een gas met dezelfde chemische samenstelling maar geproduceerd zoals het methanol uit CO en H₂, die worden geproduceerd door de vergassing van steenkool.

De carbochemische produktie die gebruik maakt van de gassen uit de ondergrondse vergassing onder druk, kan pas ondernomen worden wanneer het NIEB-procédé industrieel toegepast zal worden.

* Conférence faite à la Journée d'Etude concernant le Développement d'un procédé de gazéification souterraine sous haute pression, organisée par la Société de Chimie Industrielle à l'INIEX le 21 octobre 1977.

** Professeur à la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université Libre de Bruxelles, avenue F.D. Roosevelt, 50, B-1050 Bruxelles.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Carbochemie auf der Grundlage der Gase aus der Untertagevergasung unter Druck wurde besprochen in der Annahme, daß ausreichende Experimente den Beweis erbringen würden, daß die Lagerstätte sich ähnlich wie ein unterirdischer Gaserzeuger unter günstigen wirtschaftlichen Bedingungen verhält.

Die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der Gase wurden untersucht.

Ihre chemische Verwertung soll sich nach der Wasserstoffchemie richten, deren Bedarf auf weltweiter Ebene um 11 bis 12 % im Jahre wächst.

Die katalytische Konvertierung des CO in H₂ durch Wasserdampf soll unter demjenigen Druck geschehen, unter welchem die Gase aus der Lagerstätte austreten.

Der reine Wasserstoff kann durch die fraktionierte Verflüssigung bzw. die selektive Adsorption der Konvertierungsgase gewonnen werden.

Aufgrund der Chemie des Synthesegases (CO + H₂) können Methanol, Methan sowie Isoparaffine durch bekannte Verfahren der chemischen Industrie, hergestellt werden.

Methanol wird sich zum Ersatzbrennstoff auf der Grundlage der Kohleerzeugung entwickeln.

Durch die Synthese des Methans wird das Erdgas mit fortschreitender Erschöpfung durch ein Gas mit derselben chemischen Zusammensetzung ersetzt, jedoch wird dieses, ähnlich wie Methanol, auf der Grundlage von CO und H₂ hergestellt, die durch die Vergasung der Kohle erzeugt werden.

Die carbochemischen Verfahren unter Einsatz von Gasen aus der Untertagevergasung unter Druck können erst angewandt werden, wenn das INIEX-Verfahren sich auf industrieller Ebene bewährt.

SUMMARY

A coal chemistry from the gas obtained by underground gasification under pressure is discussed, assuming that a sufficient lot of experiments would have proved that the deposit behaves like an underground gasifier, in favourable economic conditions.

The physical and chemical characteristics of the gases are analysed. Their chemical valorisation must be oriented towards the hydrogen production for which the world requirements are rising up to 11-12 % per year.

The catalytic conversion of CO into H₂ by steam must be carried out at the pressure at which the gases leave the deposit. Pure hydrogen can be obtained by fractional liquefaction or selective adsorption of the conversion gases.

The chemistry of the synthetic gas (CO + H₂) allows the fabrication of methanol, methane and isoparaffins, using the known industrial processes.

Methanol produced from the coal will take place of the gasoline.

Methanation will allow the replacement of natural gas as supply of its exhaustion, by a gas of the same chemical composition but manufactured like methanol, from CO and H₂ which are produced by coal gasification.

The carbochemical productions using gases of the underground gasification at high pressure can be undertaken only when the INIEX process will enter its industrial phasis.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction
2. Nature et caractéristiques des gaz de gazéification souterraine sous pression
3. Valorisation chimique des gaz
 - 3.1. Production et séparation d'hydrogène
 - 3.1.1. Conversion du CO sous pression
 - 3.1.2. Séparation de l'azote et de l'hydrogène par

- 1°) Liquéfaction fractionnée
- 2°) Adsorption sélective sous pression
- 3.2. Synthèses spécifiques de Fischer-Tropsch
 - 3.2.1. Méthanol
 - 3.2.2. Méthane (S.N.G.)
 - 3.2.3. Production simultanée de méthane et de méthanol
- 3.3. Synthèses diverses
4. Conclusions

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de cet exposé, nous nous placerons dans l'hypothèse de départ que des expériences à échelle suffisante et de durée prolongée auraient démontré que la gazéification souterraine sous pression est réalisable et que le gisement se comporte comme un gazogène souterrain.

Cette condition préalable étant posée — j'espère qu'elle sera bientôt une réalité — je me propose d'examiner si le gaz produit qui aura une composition et des caractéristiques particulières déterminées par les conditions optimales de la gazéification souterraine telle qu'on se propose de l'entreprendre, peut être employé pour la synthèse chimique.

On connaît les possibilités qu'offre dans ce domaine la gazéification du charbon extrait. Le charbon est gazéifié sous pression, soit par la vapeur d'eau, soit par l'hydrogène.

Au départ du gaz de synthèse, on peut réaliser la fabrication de méthane (Substitute Natural Gas) ou d'autres composés chimiques comme le méthanol. L'hydrogénation à haute température du charbon vise la synthèse directe du méthane.

L'étude du prix de revient du gaz de gazéification souterraine sous pression a été faite par Ledent [1].

Son emploi dans la chimie industrielle de grande synthèse sera économique dans la mesure où le coût du gaz produit sera inférieur à celui du gaz de gazogène produit dans les meilleures conditions technologiques par gazéification du charbon extrait, rendu sur le lieu de son traitement.

Par conséquent, s'il peut être produit à un prix assez intéressant pour être brûlé en centrale électrique, il le sera aussi pour être utilisé comme matière première de synthèse, à condition que sa composition, notamment sa dilution, ne grève pas de manière excessive les frais de fabrication du produit élaboré.

On peut poser le problème de l'utilisation du gaz de gazéification souterraine sous pression, en chimie industrielle, de plusieurs manières :

- 1) que peut-on envisager comme carbochimie avec les gaz produits dont la composition est fixée par les conditions d'optimisation économique de la gazéification souterraine ? ou, inversement,
- 2) quelles sont les conditions de gazéification réalisables ou vers lesquelles il faut tendre, pour produire un gaz qui puisse être intéressant du point de vue carbochimique ? ou encore,
- 3) quelles sont les techniques disponibles qui permettraient, dans des conditions industrielles et économiques acceptables, de transformer le gaz en bon gaz de synthèse ?

2. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES GAZ DE GAZEIFICATION SOUTERRAINE SOUS PRESSION

La composition des gaz sortants est fonction de la nature du comburant de gazéification, des réactions secondaires et de la pression.

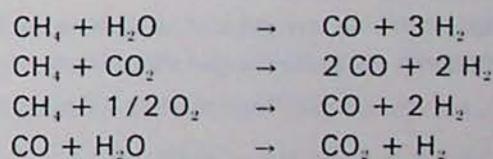
On peut caractériser les gaz en disant qu'ils seront constitués principalement de CO, dilué dans l'azote ; que leur composition variera en fonction de la nature du comburant qu'on pourra économiquement et technologiquement employer, et des réactions secondaires qu'on peut prévoir en raison de facteurs cinétiques et thermodynamiques dépendant de la température et de la pression ; enfin que les gaz sortent sous pression.

Dans le cas de la gazéification par l'air sous pression, les gaz produits ont une teneur en CO de 20 à 25 %, et de 3 à 5 % de H₂. Le reste est principalement de l'azote.

Cette composition peut être modifiée en faisant varier la nature du fluide comburant. On peut envisager les variantes suivantes :

Comburant	Gaz de gazéification
Air	CO (+ N ₂)
O ₂ + H ₂ O	CO + H ₂
O ₂ + CO ₂	CO
H ₂	CH ₄

Les réactions secondaires suivantes doivent être envisagées



Elles se produisent d'ailleurs aussi dans la gazéification de charbon extrait. Elles font que, dans les installations de gazéification du charbon sous pression par le procédé Lurgi (par exemple), la composition des gaz produits varie avec les conditions expérimentales (température, pression, forme et dimension du gazogène, degré d'enrichissement en oxygène du comburant, teneur en eau, etc...).

L'influence de la pression sur la vitesse de réactions de gazéification est illustrée par les études que nous en avons faites par thermogravimétrie sous pression. La figure 1 montre l'influence de la pression partielle de O₂ sur la vitesse d'oxydation et les figures 2 et 3 sur celle d'hydrogénation d'un coke de lignite, à différentes températures, en fonction du degré d'usure [8, 9, 10].

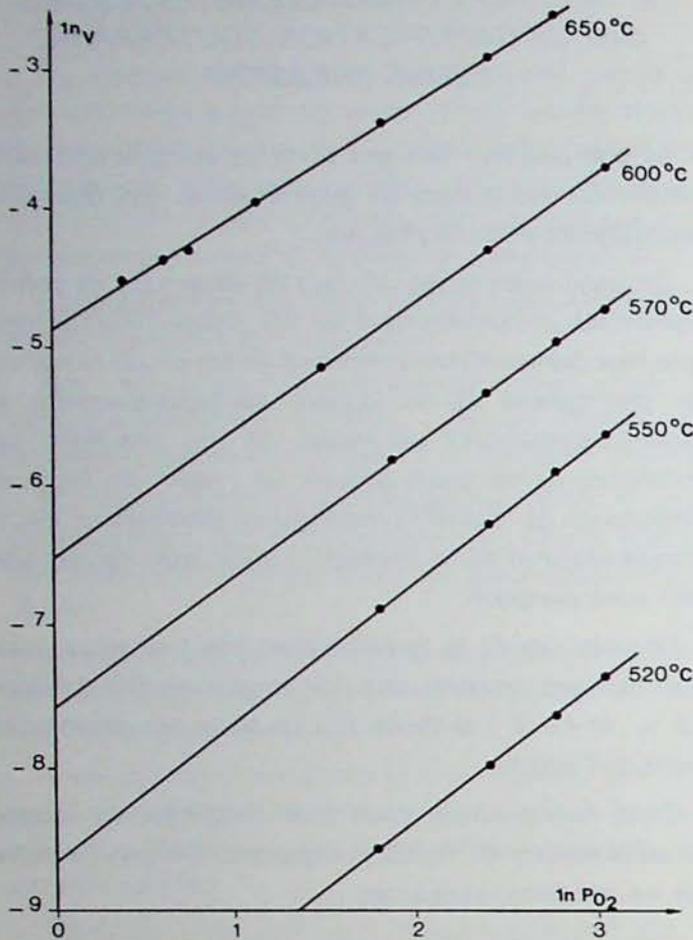


Fig. 1. — Influence de la pression partielle de O₂ sur la vitesse d'oxydation.

L'influence de la pression sur la vitesse de gazéification est donnée par la relation

$$v = k_T \cdot p^n$$

dans laquelle

XM = vitesse de réaction

k_T = constante de vitesse à la température T (°K)

p = pression partielle du gaz réagissant.

Comme k_T est donné par l'équation d'Arrhénius

$$k_T = k_0 \cdot e^{-E/RT}$$

dans laquelle

k_0 est le facteur de fréquence

E , l'énergie d'activation

R , la constante des gaz,

on a

$$v = k_0 \cdot e^{-E/RT} \cdot p^n$$

Si la pression augmente, la vitesse de la réaction croît. Mais si la réaction est exothermique comme c'est le cas dans l'oxydation et l'hydrogénation du carbone, la quantité de chaleur libérée par unité de temps augmente provoquant une forte élévation de température, ce qui entraîne à son tour une modification défavorable de l'équilibre des réactions.

Aussi par exemple, l'équilibre bien connu CO/CO₂ est déplacé en faveur de CO, car la réaction CO₂ + C → 2 CO est endothermique (Δ H = + 39 kcal/mole).

Mais les figures 2 et 3 montrent que des facteurs cinétiques non prévisibles au départ peuvent avoir une grande influence sur la vitesse de la réaction.

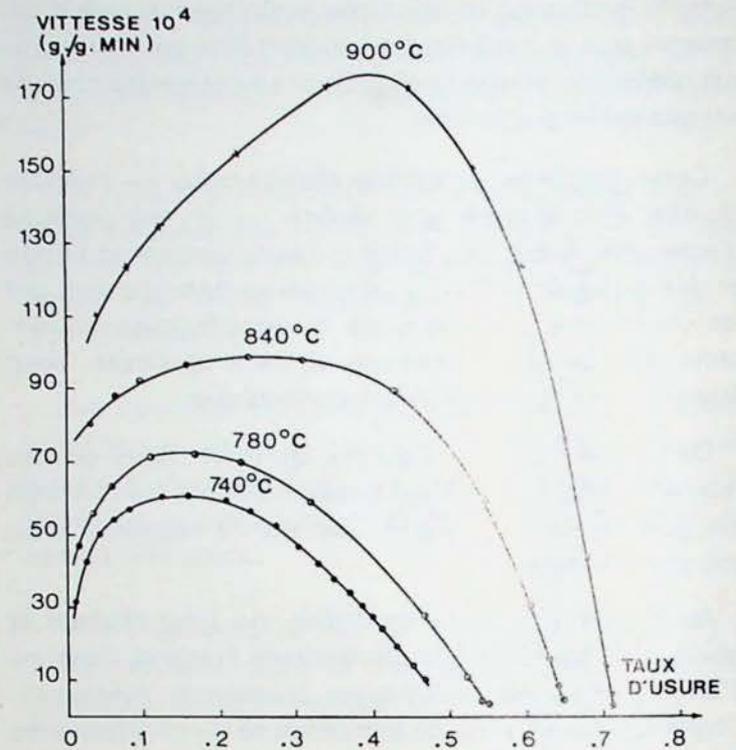


Fig. 2. — Vitesse d'hydrogénation en fonction du taux d'usure à 6 ATM.

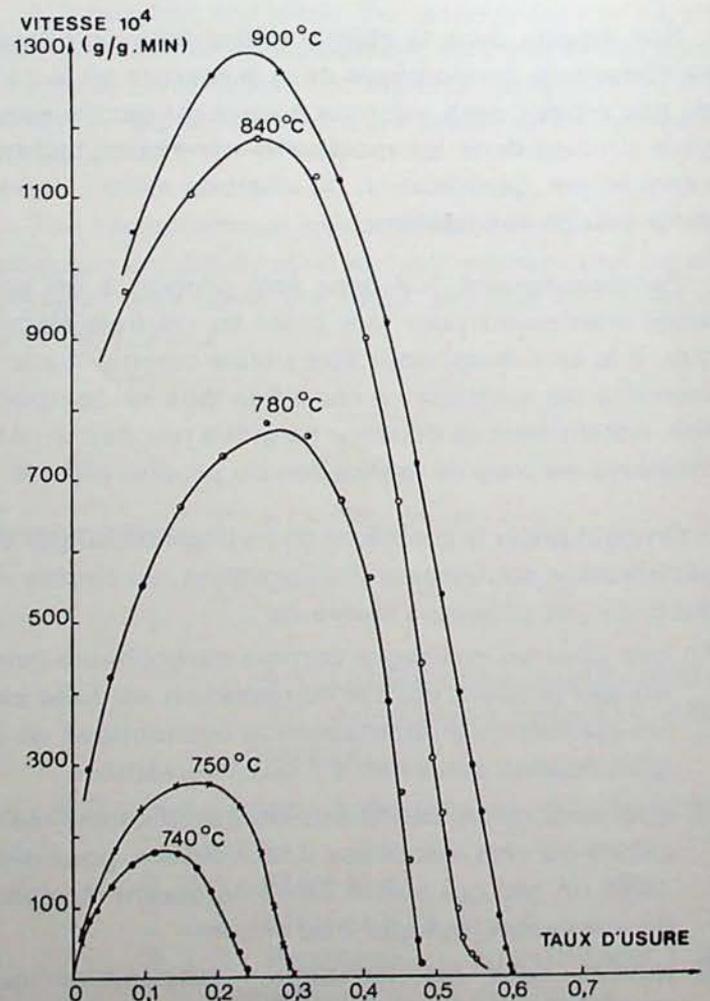


Fig. 3. — Vitesse d'hydrogénation en fonction du taux d'usure à 21 ATM.

Nos recherches sur la cinétique de l'hydrogénation directe du carbone ont montré qu'à pression constante on observe en fonction du taux d'usure, c'est-à-dire du degré d'avancement de la gazéification, deux phénomènes très caractéristiques qui se reproduisent pour toutes les pressions étudiées. La vitesse d'hydrogénation à pression constante augmente d'abord avec le temps, donc avec le taux d'usure, passe par un maximum, puis décroît pour devenir nulle quand 65 à 70 % du carbone a été gazéifié. Il reste près de 30 % de carbone non gazéifié, par l'hydrogène. Si on dégaze l'échantillon, en abaissant la pression, la réaction repart mais s'arrête assez rapidement. Ces faits suggèrent qu'il y a saturation par le méthane de la surface du carbone dans les pores de petites dimensions.

H₂ peut diffuser dans les micropores mais le méthane qui s'y forme est piégé, ne peut désorber, et la réaction s'arrête. Cependant cette explication ne reflète probablement qu'une partie de la vérité. Nous étudions l'hydrogénation des différents carbones et macéraux du charbon, car nous pensons que les différents constituants d'un coke ne sont pas également hydrogénables. Ces recherches sont actuellement en cours.

Ces expériences sont citées ici pour illustrer le fait que des facteurs cinétiques imprévus, liés à l'utilisation de la pression, pourraient apparaître quand on fera en vraie grandeur la gazéification sous pression. Nous ne pensons pas que, pour l'oxyréactivité, l'influence de ce qui a été observé pour l'hydrogénéoréactivité puisse être aussi important.

Quoi qu'il en soit, les cycles de pression envisagés pour la gazéification favoriseront la désorption, du moins par rapport à la pression maximale.

La troisième caractéristique des gaz produits par le procédé INIEX est qu'ils sortent sous pression. Son originalité, en matière de gazéification souterraine, est d'opérer à pression élevée. Il en résulte que les gaz seront disponibles à la sortie du gisement, considéré comme un gazogène souterrain, également sous pression.

C'est probablement leur caractéristique la plus importante.

Le travail de compression d'un gaz est proportionnel au logarithme du rapport des pressions.

Même si on envisage des synthèses à des pressions plus élevées que celles de la gazéification, la plus grande partie du travail de compression, donc la dépense énergétique et les investissements correspondants, seront économisés.

Ce facteur doit être également pris en considération pour l'enrichissement éventuel des gaz ou leur transport à distance vers des lieux d'utilisation.

3. VALORISATION CHIMIQUE DES GAZ

3.1. Production et séparation d'hydrogène

On connaît toute l'importance de l'hydrogène dans l'industrie chimique. Sa consommation augmente dans le monde de 11 à 12 % par an, en particulier à cause de son emploi dans la fabrication d'ammoniac et la désulfuration des combustibles liquides. A plus long terme, on peut prévoir de vastes besoins pour l'hydrogénation des combustibles solides, ou des fractions lourdes des pétroles.

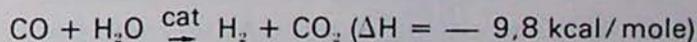
On a aussi avancé souvent ces dernières années l'idée qu'il pourrait devenir le meilleur combustible ou carburant non polluant.

Elle est défendue par ceux qui prônent les avantages de « macro » centrales nucléaires de quelque 2 à 3.000 mégawatts à construire sur des îles artificielles ou d'autres sites appropriés. Leurs promoteurs invoquent la possibilité d'utiliser le courant de nuit, pour faire l'électrolyse de l'eau et transporter l'hydrogène à basse température le long de lignes de transport de courant, permettant ainsi de réduire les pertes d'électricité au cours de celui-ci.

L'hydrogène se liquéfiant à — 253°C, le problème est évidemment plus attrayant en théorie qu'en pratique. On a étudié aussi des cycles thermiques compliqués permettant de produire de l'hydrogène.

En réalité, l'hydrogène est extrêmement important, non pas comme carburant, ce qui reste encore à démontrer vu les inconvénients qu'il présente, mais par ses multiples utilisations comme matière première en chimie industrielle.

Il est bien connu qu'on produit de l'hydrogène par la très simple réaction exothermique de conversion catalytique du CO par la vapeur d'eau.



Comme le CO est le constituant utile le plus important du gaz de gazéification souterraine par l'air ou l'oxygène avec ou sans insufflation de vapeur d'eau, on peut considérer que, si le procédé INIEX donne de bons résultats pour la gazéification, c'est la meilleure voie pour fabriquer de l'hydrogène. C'est pourquoi il faut étudier dans cette optique les différents aspects de la conversion catalytique sous pression du CO.

Il y a intérêt à connaître de manière approfondie la cinétique de la réaction sous pression en présence de catalyseurs opérant à la température couramment employée de 400 à 500° et les catalyseurs dits de basse température entre 200 et 250°. A basse température, l'équilibre de la réaction exothermique est déplacé vers la formation de CO₂ et H₂.

Nous avons étudié les phénomènes de vieillissement des catalyseurs basse température, sous pression [2] [3]. L'ensemble des résultats de ces recherches faisant l'objet d'une thèse de doctorat qui sera défendue probablement dans le courant de 1978, n'a pas encore été publié. Signalons seulement qu'on a obtenu d'excellentes conversions dans des conditions extrêmement défavorables. On a étudié, sur ces catalyseurs, la conversion sous pression de mélanges de CO dilué dans 90 à 98 % de H₂. Le taux de conversion est malgré cela très bon, car l'équilibre de la réaction à 200° est très favorable.

Nous pensons que la conversion du CO contenu dans les gaz de gazéification souterraine en CO₂ et H₂ peut se faire dans de bonnes conditions. L'élimination du CO₂ est d'autant plus facile par dissolution dans l'eau ou dans les éthanolamines, que le gaz se trouve sous pression. Si on veut produire de l'hydrogène pur ou enrichi, il faut cependant séparer l'azote, provenant de l'air de gazéification.

3.1.2. Séparation de l'azote et de l'hydrogène

Différents procédés peuvent être pris en considération.

1) Liquéfaction fractionnée

La liquéfaction des gaz a été largement utilisée pour l'extraction de l'hydrogène des gaz de cokerie.

La figure 4 représente le schéma classique d'une installation de liquéfaction de gaz de cokerie.

Le gaz est introduit sous 25 atmosphères de pression à la base du faisceau tubulaire. La chambre de

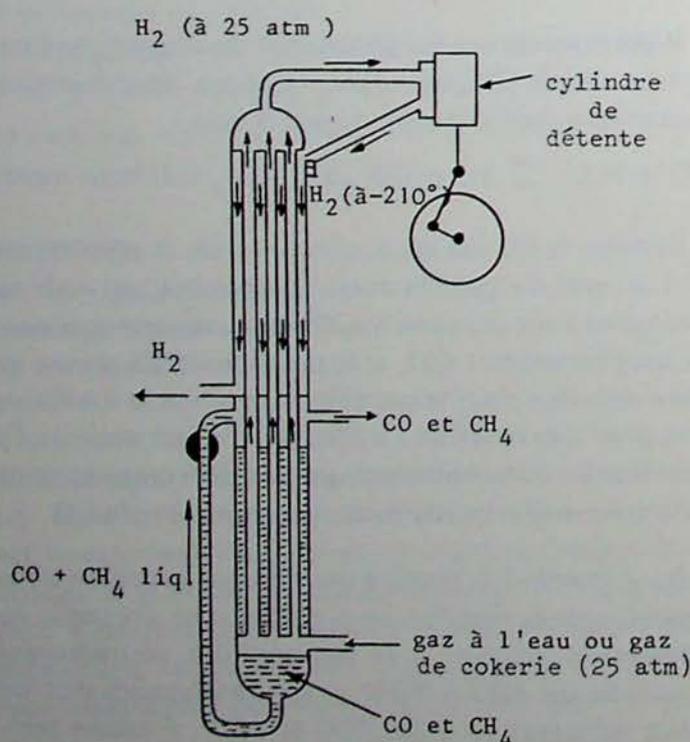


Fig. 4. — Séparation de l'hydrogène par liquéfaction.

réfrigération est divisée en deux parties : l'une, dans laquelle circule le CH₄ et CO liquéfiés ; l'autre dans laquelle circule H₂. Sous 1 atmosphère de pression CH₄ se liquéfie à - 164°C, CO à - 191,5°C et H₂ à - 253°C. Le mélange liquide sous pression de CH₄ et CO est détendu et se refroidit vers - 190°. L'hydrogène circule dans le faisceau tubulaire et est refroidi, au voisinage de cette température, mais détendu dans le cylindre. Il se refroidit au voisinage de - 200°C, provoquant dans le gaz H₂ encore sous 25 atmosphères la liquéfaction des composés plus facilement condensables que H₂.

Un appareil courant permet de traiter 1.000 m³ de gaz par heure en produisant 450 m³ d'hydrogène contenant 1,5 % de CO.

Le gaz résiduaire de la déshydrogénation du gaz de cokerie appelé « restgas » contient environ 75 % de CH₄.

2) Adsorption sélective sous pression

Très récemment, le Steinkohlenbergbauverein à Essen a présenté les résultats de recherches effectuées sur la séparation de mélanges gazeux par adsorption sous pression sur tamis moléculaires à base de coke activé et son application à la séparation de l'hydrogène des gaz de four à coke [4].

Le procédé est basé sur des cycles d'adsorption sous pression et de désorption à pression inférieure. Le charbon actif de porosité déterminée, est saturé sous pression par passage du mélange gazeux. L'hydrogène est moins adsorbé que les autres constituants. Quand la saturation est atteinte, on arrête l'alimentation et on abaisse la pression. Le gaz adsorbé est libéré. Le gaz non adsorbé sous pression est enrichi en H₂. Le gaz qui désorbe lors de la détente est enrichi en constituants plus lourds que H₂.

Dans le cas qui nous occupe ici, le fait de disposer d'un gaz déjà sous pression permet de faire l'économie du moins d'une partie de la consommation énergétique correspondant au travail de compression.

L'hydrogène qui diffuse sous pression et n'est que peu adsorbé sort de l'appareil à la pression élevée. Seuls les gaz désorbés doivent être recomprimés pour être recyclés, si le taux d'hydrogène qu'ils contiennent nécessite le retraitement.

Le centre de recherches allemand a déjà construit trois installations pilotes. La première produit 30 m³/h d'hydrogène d'une pureté de 96 à 99 %.

D'après leurs auteurs, les perspectives économiques de ce procédé comparées à la liquéfaction fractionnée sont favorables pour les petites unités surtout si elles ne doivent pas travailler en continu. L'investissement serait moins important.

Pour les grosses installations, la compétitivité leur semble moins assurée.

Il serait intéressant de procéder, avec les chercheurs du Steinkohlenbergbauverein à Essen, à une estimation des coûts d'investissement et de fonctionnement dans le cas spécifique où on disposerait d'un gaz à 20-25 bar de pression, pour l'alimentation d'une installation de séparation ou d'enrichissement d'hydrogène par leur procédé.

Il faudrait aussi examiner si la méthode est applicable économiquement au traitement de grandes quantités de gaz.

3.2. Synthèses spécifiques de Fischer-Tropsch

L'obtention d'hydrogène et donc de gaz de synthèse $\text{CO} + \text{H}_2$ au départ des gaz de gazéification souterraine sous pression simplifie beaucoup le problème posé. Toutes les fabrications qui utilisent de très grandes quantités d'hydrogène, de monoxyde de carbone ou de leur mélange (le gaz de synthèse) entrent en ligne de compte. Ce sont :

- 1°) Les grandes industries de l'hydrogène : synthèse de l'ammoniac NH_3 , hydrogénation des huiles lourdes de pétrole, raffinage hydrogénant de désulfuration des combustibles liquides, etc...
- 2°) Les synthèses spécifiques au départ de mélanges de CO et H_2 . Deux fabrications offrent certainement le plus grand marché potentiel : la synthèse du méthane CH_4 (substitut du gaz naturel en voie d'épuisement) et celle du méthanol CH_3OH (utilisable comme carburant automobile). D'autres synthèses sont évidemment aussi possibles.
- 3°) Les applications spécifiques du CO . Nous ne traiterons pas de la synthèse de l'ammoniac, suffisamment discutée et connue, ni de l'hydrogénation des huiles lourdes. Pour ces applications, il s'agit simplement de pouvoir remplacer l'hydrogène produit à partir d'hydrocarbures par de l'hydrogène produit à partir du gaz de gazéification souterraine.

Pour cela, il faudra transporter le gaz vers les lieux d'utilisation où sont localisées les industries existantes. On retrouve l'élément positif de la conversion sous pression suivie d'une séparation de l'hydrogène sous pression qui permettra de réduire le coût du transport à distance en économisant le travail de compression.

Synthèses spécifiques au départ de mélange $\text{CO} - \text{H}_2$

Les synthèses de composés organiques au départ de CO et H_2 par le procédé Fischer-Tropsch sont déjà fort anciennes. C'est en 1923 que Franz Fischer et

Hans Tropsch ont observé que le fer métallique additionné d'alcalins permet d'obtenir à partir de CO et de H_2 , vers 400-450°C et 100 à 150 atm, un mélange de composés organiques qu'ils appelèrent « synthol ». Il était constitué de composés oxygénés et d'un peu d'hydrocarbures.

Ils observèrent aussi qu'en abaissant la pression vers 7 atm, la proportion d'hydrocarbures augmentait et celle d'alcools diminuait.

Les développements ultérieurs ont porté principalement sur les catalyseurs utilisés : en 1931 on a introduit le catalyseur Ni-ThO_2 précipité sur kieselguhr, puis en 1937 le Fe précipité en milieu alcalin, amélioré en 1943 de manière telle que sa haute activité permettrait de travailler à 10 atm. et 220°C.

Le tableau I, reproduit du traité déjà ancien de Storch et ses collaborateurs [5], donne un aperçu des diverses synthèses possibles et des conditions auxquelles elles sont obtenues.

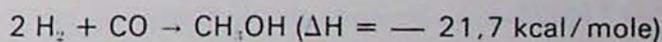
3.2.1. Synthèse du méthanol

La production du méthanol présente un intérêt majeur car il est un carburant automobile de valeur.

Il a été fabriqué industriellement depuis longtemps à partir du charbon via le gaz de synthèse.

Les procédés employés ont fait l'objet depuis 5 à 10 ans d'études approfondies, qui les ont améliorés.

La synthèse du méthanol consiste à traiter sous pression un mélange stoechiométrique de H_2 et de CO , entre 200 et 400°C sur des catalyseurs $\text{Cu} - \text{ZnO}$ et $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$, MnO suivant la réaction exothermique :



Les progrès réalisés ces dernières années ont permis d'abaisser sensiblement les pressions de travail. Alors qu'au cours de la période 1930-1945 on utilisait des pressions qui variaient de 200 à 400 bar, les procédés appelés de basse pression, travaillent entre 50 et 85 bar : en 1966, I.C.I. a mis en service une première unité de production opérant à 50 bar avec un catalyseur de cuivre très actif permettant la conversion par un seul passage dans un réacteur à double lit. Lurgi a également mis un procédé au point utilisant un réacteur spécial tubulaire rempli de catalyseur entouré d'eau bouillante sous pression destinée à éliminer les calories libérées par la réaction exothermique. Ce système permet de travailler dans des conditions isothermes requises pour une production optimale de méthanol.

Tous les efforts ont tendu vers l'obtention de catalyseurs suffisamment actifs pour avoir une vitesse de réaction élevée ou tout au moins acceptable à basse

TABLEAU I. — Reactions of carbon monoxide and hydrogen

	Catalysts	Promoters	Temperature °C	Pressure atm.	Product
A. Methane synthesis	Ni Fe, Co, Ni	ThO ₂ , MgO ThO ₂ , MgO, Al ₂ O ₃ , K ₂ O	250-500 150-350	1 1-30	Chiefly methane Paraffinic and olefinic hydrocarbons varying from methane to waxes, plus small to large quantities of oxygenated products
B. Fischer-Tropsch synthesis	Ru		150-250	100-1,000	High molecular-weight paraffinic hydrocarbons
C. Methanol synthesis	ZnO, Cu, Cr ₂ O ₃ , MnO		200-400	100-1,000	Methanol
D. Higher alcohol synthesis	Same as in C	Alkali	300-450	100-400	Methanol and higher alcohols
E. Iso synthesis	ThO ₂ + ZnO + Al ₂ O ₃	K ₂ O	400-500	100-1,000	Saturated branched hydrocarbons
F. Oxo synthesis	Co, Fe		100-200	100-200	Oxygenated organic compounds

température et des pressions ne dépassant pas 100 bar, car la réaction est impossible à pression atmosphérique et à température élevée : K_T est environ de 10^{-2} à 200°C et 10^{-1} à 400°C . La figure 5 donne le pourcentage de méthanol théorique à l'équilibre entre 1 et 1000 bar pour différentes températures.

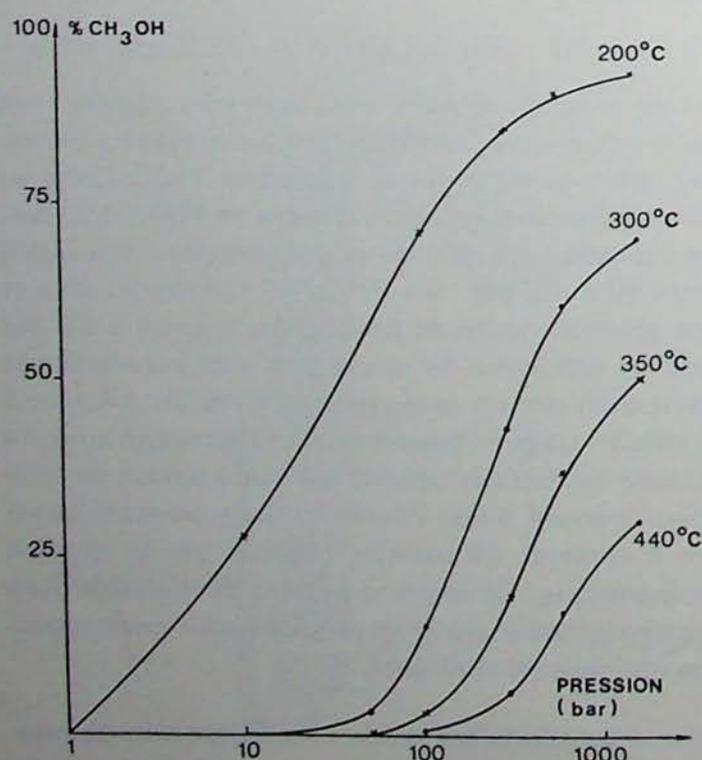


Fig. 5. — Pourcentage de méthanol à l'équilibre.

Il résulte de ce qui précède que la synthèse industrielle du méthanol est une chose bien connue. On a d'ailleurs produit depuis 1923 des dizaines de millions de tonnes de méthanol de synthèse. Le coût du CO est fonction de la source de carbone, du procédé de gazéification employé et des investissements. Pratiquement partout le CO est employé sur le lieu de sa production.

Dans notre cas, le CO sera dilué dans l'azote même si l'hydrogène, lui, était d'abord totalement ou partiellement séparé de l'azote. Ceci ne semble cependant pas être un inconvénient : des études faites à la Ruhrchemie pendant la dernière guerre sur l'influence de la dilution du gaz de synthèse par des gaz inertes sur le rendement en « fraction liquide » dans les synthèses de Fischer-Tropsch en général, ont montré un effet favorable. La dilution par l'azote augmenterait le rendement de la synthèse. Cette observation s'explique par le fait que, la réaction étant exothermique, la dilution permet d'éviter des surchauffes locales à la surface du catalyseur, élévation de température qui entraîne une diminution du rendement.

Par contre, la dilution entraîne une diminution de la conversion volumique, exprimée en litres de gaz de synthèse convertis par litre de catalyseur et par heure.

L'influence de la dilution des gaz réactifs par l'azote, dans la synthèse du méthanol, devrait être

étudiée de manière plus approfondie en vue de l'utilisation à cette fin, du gaz de gazéification souterraine, par l'air. Le même problème se pose d'ailleurs si l'on veut utiliser dans le même but du gaz de gazogène, produit par la gazéification à l'air et non à l'oxygène, du charbon extrait.

L'intérêt à terme de la synthèse à grande échelle du méthanol est considérable.

Dès avant la crise du pétrole, de nombreux groupes de travail s'occupant de pollution atmosphérique ont examiné quels étaient les carburants qui pourraient remplacer l'essence afin d'éliminer la pollution due à la présence de goudron, de résidus imbrûlés et de monoxyde de carbone, dans les gaz d'échappement.

On estime actuellement que le méthanol est le meilleur carburant automobile non ou peu polluant, possible.

Il s'est d'ailleurs déjà été utilisé à grande échelle dans le passé.

En 1937, il a été produit en Europe 650.000 tonnes de méthanol comme carburant moteur. Il peut être employé en mélange avec l'essence, sans grandes difficultés, ou à l'état pur, ce qui nécessite une adaptation des véhicules.

On a déjà fait beaucoup d'études sur les rendements des moteurs automobiles fonctionnant au méthanol. La plus intéressante, parce que faite à grande échelle, a été réalisée par Volkswagen soutenu par le Ministère de la Recherche et de la Technologie de la République Fédérale d'Allemagne. Quarante-cinq voitures ont parcouru 1.480.000 km et ont consommé 150.000 litres d'un mélange de 85 % d'essence et de 15 % de méthanol. L'essai a été parfaitement concluant.

On peut résumer ainsi les conclusions de cette étude :

- l'économie de carburant réalisée est de l'ordre de 3 % ;
- la réduction du CO dans les gaz d'échappement est de 45 %.

Au point de vue des transformations à apporter à la conception des véhicules, il semble que l'adaptation des véhicules neufs pour le fonctionnement avec un mélange d'essence et de méthanol est possible à peu de frais. Aucun problème particulier d'usure, de corrosion ou de lubrification ne semble s'être manifesté.

L'emploi du méthanol pur au lieu d'un mélange d'essence et de méthanol pourrait poser des problèmes un peu plus importants.

D'une part, en raison des fortes propriétés antidétonantes du méthanol, on peut augmenter le rendement du moteur et sa puissance par une élévation du taux de compression. Mais d'autre part, il s'avère que le méthanol, à basse température, a une tension de vapeur trop faible pour former convenablement un

mélange combustible dans le carburateur. La forte chaleur de vaporisation du méthanol accentue encore cet inconvénient. Par conséquent, les constructeurs envisagent pour l'emploi du méthanol pur, des dispositifs qui devront être mis en œuvre surtout dans les pays froids.

Aux U.S.A. aussi, des travaux et des options sont prises dans l'orientation méthanol. La « Southern California First National Bank » et la « Foundation for Ocean Research » ont, dans une étude intitulée « The Introduction of Methanol as a new Fuel into the United States Economy » (mars 1976), suggéré des investissements dans le secteur du méthanol.

D'autre part, la Mobil Oil a mis au point un procédé de fabrication d'octane à partir de méthanol. Ils préparent la fabrication à grande échelle de méthanol à partir de charbon, afin que la technologie actuelle puisse en être adaptée au gigantisme nécessaire du secteur carburant automobile.

Tant que la circulation automobile se fera en employant de l'essence, le méthanol sera converti en octane.

La société Mobil Oil prévoit qu'à partir du moment où un réseau routier suffisamment dense de distribution de méthanol vaudra la peine d'être mis en place en raison du développement des moteurs fonctionnant au méthanol, il suffira simplement de supprimer la conversion du méthanol en essence pour assurer le relais.

Il est possible par le méthanol de garantir l'approvisionnement en carburant automobile. Celui-ci peut être produit à partir du charbon, par sa gazéification. Mais on disposera des mêmes gaz, par la gazéification souterraine sous pression, dans l'hypothèse où celle-ci serait devenue opérationnelle à grande échelle. Il y aurait là une immense possibilité : celle d'assurer le relais carbochimique du pétrole pour l'approvisionnement en carburant automobile, quand les hydrocarbures liquides naturels viendront à manquer.

3.2.2. Synthèse du méthane (SNG)

On connaît l'importance des recherches menées dans le monde, tant en Europe qu'aux U.S.A., visant à développer des procédés industriels de fabrication du méthane par gazéification de combustibles solides, charbon ou lignite.

La nécessité de s'engager résolument dans cette voie vient encore d'être réaffirmée dans le rapport, qui vient de paraître, du groupe d'études « Workshop on Alternative Energy Strategies (W.A.E.S.) », intitulé « Energie - Perspectives Mondiales 1985-2000 » [6].

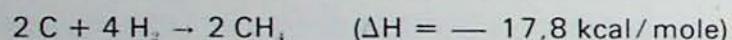
Ce groupe d'étude international a travaillé pendant deux ans. Patronné par le Massachusetts Institute of

Technology, il groupait 75 experts universitaires, industriels et gouvernementaux de 15 pays différents.

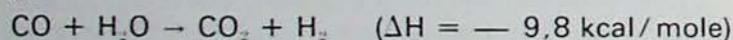
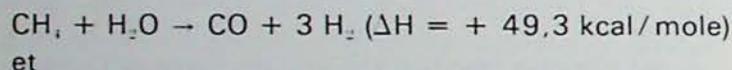
Ses conclusions confirment les nombreuses analyses antérieures, d'autres comités d'experts ou personnalités diverses, à savoir que le charbon comme tel ou par sa gazéification et sa liquéfaction est mondialement la principale ressource énergétique alternative, à côté de l'énergie nucléaire.

Le but poursuivi dans la transformation du charbon en méthane est de produire un gaz riche, identique au gaz naturel, dont on sait que les réserves surtout dans les pays industriels, sont limitées, et destiné à le remplacer. On l'a appelé le « Substitute Natural Gas » (S.N.G.) dénomination traduite parfois en français par « gaz naturel substitué » (G.N.S.). Cette substitution du méthane naturel par le méthane de synthèse doit permettre d'utiliser sans modification tout le réseau actuellement existant de distribution et de stockage de gaz naturel, tant à usage domestique qu'industriel.

Les deux voies expérimentées sont celles de l'hydrogénation directe,

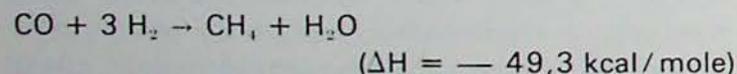


avec recyclage de l'un des CH_4 pour produire l'hydrogène par les réactions



fournissant les 4 H_2 nécessaires à l'hydrogénation.

L'autre voie plus classique est celle de la synthèse de Fischer-Tropsch par la réaction exothermique,



C'est la réaction inverse de celle utilisée dans le réformage par la vapeur d'eau du méthane, indiquée plus haut, pour produire de l'hydrogène.

Il apparaît immédiatement que, si la fabrication du méthane à partir du charbon extrait, donc gazéifié en surface dans des installations qui requièrent des investissements considérables et des frais de fonctionnement élevés, est nécessaire à l'avenir et économiquement rentable dans un contexte général, a fortiori, si la gazéification souterraine sous pression permet de produire les mêmes gaz CO et H_2 à un prix inférieur, alors leur conversion en CH_4 fournira celui-ci à meilleur marché. C'est le prix de revient du gaz de synthèse qui détermine le prix du méthane, puisque, en première approximation, les installations de conversion sont les mêmes, quelle que soit l'origine du gaz.

3.2.3. Production simultanée de méthane et de méthanol

On a développé ces dernières années la production simultanée de méthanol et de méthane en raison des avantages économiques que cette alternative présente [7].

En élevant la pression de travail et le rapport H_2 à CO , on obtient dans les gaz de purge plus de méthane, à côté du gaz de synthèse non converti qu'il ne s'en forme dans la fabrication du méthanol seul. Dans ce dernier cas, le CH_4 formé est reconverti, par la vapeur d'eau en CO et H_2 et les gaz n'ayant pas réagi sont recyclés. Dans le procédé mixte, on fait le contraire : on ne recycle rien dans le réacteur de synthèse de CH_3OH mais on envoie, après séparation du méthanol produit, les gaz CO , H_2 et CH_4 dans le réacteur de synthèse de CH_4 où s'effectue la conversion dans les conditions optimales de gazéification, du CO et H_2 en CH_4 et H_2O .

Les avantages que présente la fabrication simultanée de méthanol et de méthane, résultent d'un accroissement de l'efficacité thermique de l'ensemble.

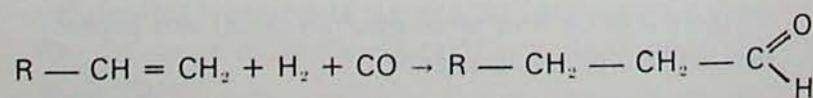
Elle permet de réduire la consommation de charbon de 18 %. Dans la fabrication du méthane, le rendement thermique est d'environ 65 à 68 %, c'est-à-dire qu'à peu près un tiers du charbon mis en œuvre est utilisé au chauffage. Dans le procédé mixte, une partie de la chaleur de la réaction exothermique de synthèse du méthanol est utilisée pour la gazéification endothermique du charbon par la vapeur d'eau.

D'autre part, les investissements sont réduits de 22 % en raison de la suppression du recyclage des gaz de purge et de la suppression qui en résulte de l'hydrocraquage du méthane formé en même temps que le méthanol. C'est ce dernier point qui est important en ce qui concerne les applications chimiques de la gazéification souterraine puisque le charbon est gazéifié dans le gisement.

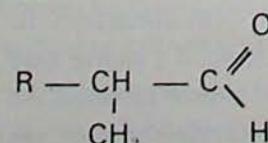
3.3. Synthèses diverses

Oxosynthèse

Le nom de cette synthèse vient du mot allemand « Oxierung ». Elle consiste à fabriquer des cétones et des aldéhydes par addition de CO et H_2 sur un alcène, suivant la réaction.



ou



On peut ainsi obtenir un aldéhyde possédant un carbone de plus que l'hydrocarbure de départ.

Les aldéhydes peuvent être oxydés par les moyens conventionnels en acides.

Synthèse des ISO-paraffines

Pichler a montré qu'en utilisant comme catalyseurs des oxydes non réductibles par l'hydrogène (ThO_2) et en travaillant à des températures voisines de 450°C et des pressions élevées, jusqu'à 1000 bar, on pouvait faire la synthèse directe des hydrocarbures aliphatiques ramifiés (les ISO-paraffines), directement à partir de CO et H_2 .

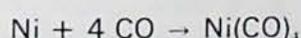
Ceci est indiqué seulement pour illustrer la gamme de possibilités qu'offre le gaz de synthèse.

Certaines tendances se manifestent actuellement de combiner la fabrication d'un ou deux composés principaux, comme on l'a vu, avec d'autres productions, en somme d'amplifier ce mouvement. On a élaboré des projets d'unités produisant, en plus du méthane et du méthanol, des alcools supérieurs, de l'ammoniac, etc...

Synthèse des métaux carbonyles

Pour parler d'applications spécifiques du CO, on pourrait citer la synthèse de composés métaux-carbonyles du type $\text{Ni}(\text{CO})_4$, $[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$, $\text{Fe}(\text{CO})_5$ et hydrocarbonyles du type $\text{Fe}(\text{CO})_4\text{H}_2$ ou $\text{Co}(\text{CO})_4\text{H}$.

Ils sont fabriqués par la réaction directe du monoxyde de carbone sur les métaux correspondants. Par exemple :



Dans le domaine de la catalyse homogène, les complexes carbonyles des métaux de transition sont intéressants tant par leur spécificité que par l'éventail de leurs utilisations.

Cependant, nous ne pensons pas qu'il faille prendre ces fabrications en considération pour discuter d'un avenir d'une carbochimie basée sur les gaz de gazéification du charbon. Leur prix de revient n'est pas déterminé par le prix du CO.

Autre chose serait de pouvoir utiliser les gaz réducteurs à la réduction directe des oxydes de fer. Mais je ne voudrais pas aborder cette question ici. Elle n'est pas de ma compétence et ne peut être traitée à la légère.

4. CONCLUSIONS

Je n'ai pas voulu faire un exposé de science fiction.

J'ai voulu discuter des possibilités d'adapter de grandes fabrications connues de la Chimie Indus-

trielle aux conditions qui sont supposées être celles dans lesquelles les gaz de la gazéification souterraine sous pression seront disponibles dans un avenir que je souhaite proche.

Il faut répéter que tout ceci n'est que discussion tant qu'on n'aura pas démontré, par une expérience de gazéification à vraie grandeur et d'une durée suffisante, que le procédé INIEX fonctionne de manière satisfaisante.

Si le gaz peut être produit à un prix de revient avantageux, il est certain qu'un développement d'une carbochimie utilisant de grandes quantités de monoxyde de carbone et d'hydrogène pour la fabrication de produits de grande consommation, comme le méthane, le méthanol et l'ammoniac, est économiquement possible.

Si elle doit s'ériger dans un périmètre proche des gisements, il faudra choisir les implantations en fonction de la durée de production garantie de gaz. Dans le cas contraire, il faudra soigneusement étudier le transport à distance des gaz. Des progrès tellement considérables ont été faits dans ce domaine que bien des solutions peuvent être envisagées.

Il ne faudrait cependant pas commettre l'erreur de lier au départ la gazéification souterraine à la carbochimie. L'écoulement de produits chimiques est soumis à des lois et des conditions diverses et mouvantes. Il faut d'abord assurer l'utilisation en centrale électrique du gaz produit comme c'est projeté actuellement.

Après on pourra adjoindre des fabrications carbochimiques, quand on sera entré dans la phase industrielle de la gazéification souterraine sous pression.

Le plus urgent est de faire les expériences qui prouveront qu'un gisement de charbon peut se comporter comme un gazogène sec sous pression.

Bibliographie

- [1] P. LEDENT — « Perspectives économiques de la gazéification sous haute pression » Ann. Mines de Belgique, février 1977.
- [2] G. LEHERTE, P.H. DUVIGNEAUD, R. DERIE — Etude du vieillissement de catalyseurs Cu/ZnO de conversion CO/CO_2 à basse température. Ind. Chim. Belg. 39 (1974), 573-578.
- [3] G. LEHERTE, R. LERIE, P.H. DUVIGNEAUD — Textural and Structural Parameters influencing the ageing of Cu/ZnO LTS catalysts. Scientific Bases for the Preparation of Heterogeneous catalysts. C7 (10 pp.) - Ed. Société chimique de Belgique 1975.
- [4] K. KNOBLAUCH — « Adsorptive Gewinnung von Wasserstoff aus Koksofengas und seine Verwendung für die Kohlehydrierung ». Communication à la XXIème Table Ronde C.C.E. « Valorisation chimique et physique du charbon », Bruxelles, novembre 1977.

- [5] H. STORCH, N. COLUMBIC et R.B. ANDERSON — « The Fischer Tropsch and related Synthesis », John Wiley and Sons, 1951, N. Y., p. 7.
- [6] « Workshop on Alternative Energy Strategies (W.E.E.S.) » Energie - Perspectives mondiales 1985-2000 Mc. Graw Hill, 1977.
- [7] P.F.H. RUDOLPH — « Coal gasification » Energiespectrum, 1977, 311.
- [8] C. COENRAETS — Etude de l'influence de la pression sur l'oxydation des carbones par la thermogravimétrie isotherme. Travail de fin d'études Ing. Civ. Lab. Chimie Industrielle, Faculté des Sciences Appliquées U.L.B. Juillet 1977.
- [9] R. CYPRÈS, M. GHODSI, J.P. LEMPEREUR — « Etude de l'hydrogénation directe des carbones, par la micro-thermogravimétrie isotherme à pression atmosphérique ». Communication présentée à la XXème Table Ronde CCE « Hydrogénation du Charbon » - Liège, Nov. 1976.
- [10] R. CYPRÈS, M. GHODSI, J.P. LEMPREREUR — « Etude par thermogravimétrie sous pression de l'hydrogénation des carbones ». Travaux non encore publiés.
-

Influence de la vitesse de chauffage sur les phénomènes se produisant lors de la pyrolyse de mélanges de charbon et d'oxydes de fer

Claire SOUDAN-MOINET *

RESUME

On a étudié, par thermogravimétrie, la pyrolyse de mélanges d'un charbon gras et d'oxydes de fer (à 30 % en poids), chauffés régulièrement de 25° à 1000°C, pour des vitesses de chauffage allant de 0,2 à 15,5°C/min.

On constate que la perte de poids dans la zone de formation des goudrons est d'autant plus diminuée par la présence des oxydes de fer que la vitesse de chauffage est élevée. Ceci est plus marqué pour l'hématite que pour la magnétite, et pour les très faibles vitesses de chauffage.

La réduction est d'autant plus précoce que la vitesse de chauffage est faible. Cet effet est plus marqué pour la dernière étape de réduction, de wustite en fer. Il est également plus net pour les très faibles vitesses de chauffage. La perte de poids du coke à haute température, due à la consommation du carbone pour la réduction, est plus importante pour les faibles vitesses de chauffage.

L'énergie d'activation de la volatilisation primaire du charbon, calculée pour les très faibles vitesses de chauffage, n'est pas modifiée par l'introduction de magnétite.

L'effet néfaste de l'introduction d'hématite sur la production des goudrons est surtout sensible pour les premières additions d'oxyde de fer. L'influence de chaque ajout d'hématite est plus importante pour les vitesses de chauffage élevées.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Pyrolyse von Gemischen aus Fettkohle und Eisenoxiden (mit 30 Gewichtsprozent), die gleichmäßig von 25° auf 1000°C erhitzt wurden, und zwar bei

SAMENVATTING

Door thermogravimetrie heeft men de pyrolyse bestudeerd van mengsels van een vette steenkool en ijzeroxyden (van 30 % in gewicht) die regelmatig worden verwarmd van 25° tot 1000°C, voor verwarmingssnelheden van 0,2 tot 15,5°C/min.

Men stelt vast dat het gewichtsverlies in de zone waar teer gevormd wordt, des te meer verminderd wordt door de aanwezigheid van ijzeroxyden naarmate de verwarmingssnelheid hoger is. Dit is meer uitgesproken voor het hematiet dan voor het magnetiet, en voor de zeer lage verwarmingssnelheden.

De reductie begint des te vlugger naarmate de verwarmingssnelheid kleiner is. Dit effect is meer uitgesproken in het laatste reductiestadium, van wustiet tot ijzer. Het is eveneens veel duidelijker voor zeer lage verwarmingssnelheden. Het gewichtsverlies van cokes op hoge temperatuur dat te wijten is aan het koolstofverbruik voor de reductie, is hoger voor lage verwarmingssnelheden.

De activeringsenergie van de primaire steenkoolvervluchtiging, die werd berekend voor de zeer lage verwarmingssnelheden, wordt niet gewijzigd door het toevoegen van magnetiet.

Het schadelijk effect van de toevoeging van hematiet op de teerproductie laat zich vooral gevoelen voor de eerste bijvoegingen van ijzeroxyde. De invloed van iedere toevoeging van hematiet is veel groter voor hoge verwarmingssnelheden.

SUMMARY

The pyrolysis of mixtures of a bituminous coal with 30 % by weight of iron oxides, heated smoothly from 25° to 1000°C, at heating rates of from 0.2 to 15.5°C/min has been studied by thermogravimetry.

* Assistante à l'Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences Appliquées, Service de Chimie Générale et Radioactivation, av. F.D. Roosevelt, 50, B-1050 Bruxelles.

Heizgeschwindigkeiten von 0,2 bis 15,5°C/Min wurde thermogravimetrisch untersucht.

Es wurde festgestellt, daß der Gewichtsverlust im Teerbildungsbereich aufgrund des Vorhandenseins der Eisenoxide um so niedriger ist, als daß die Heizgeschwindigkeit höher liegt. Dies kommt noch stärker zum Vorschein beim Hämatit als beim Magnetit, ebenfalls bei den sehr niedrigen Heizgeschwindigkeiten.

Die Reduktion tritt um so frühzeitiger ein, als daß die Heizgeschwindigkeit niedriger ist. Dieser Effekt wird stärker betont bei der letzten Reduktionsphase, nämlich von Wüstit zu Eisen. Er ist auch deutlicher bei den sehr niedrigen Heizgeschwindigkeiten. Der Gewichtsverlust des Kokes bei hoher Temperatur, der auf den Kohlenstoffverbrauch bei der Reduktion zurückzuführen ist, ist bedeutender bei den niedrigen Heizgeschwindigkeiten.

Die primäre Aktivierungs- bzw. Verflüchtigungsenergie der Kohle, die bei den sehr niedrigen Heizgeschwindigkeiten ermittelt wurde, wird durch die Einführung des Magnetits nicht geändert.

Die schädliche Wirkung durch die Einführung des Hämatits auf die Teererzeugung ist vor allem bei den ersten Eisenoxidzusätzen fühlbar. Der Einfluß eines jeden Hämatitzusatzes ist bei den höheren Heizgeschwindigkeiten bedeutender.

Lors de nos études précédentes de la pyrolyse de mélanges d'un charbon gras et d'oxydes de fer, deux types de programmes de chauffage ont été réalisés : d'une part, un chauffage par paliers isothermes successifs [1] et, d'autre part, un chauffage progressif avec une vitesse constante, de montée de la température de 3,2°C/min [2-3].

Ces deux types d'études ont montré des phénomènes analogues, mais avec certaines différences. L'arrêt à des paliers de températures favorables a accentué l'ampleur de certaines actions des oxydes de fer sur la pyrolyse du charbon, notamment l'augmentation de la production d'hydrogène à basse température (paliers de 450° et 550°C) en présence de magnétite, et l'accroissement de la production de méthane (paliers de 450° et 550°C). Ces deux phénomènes se retrouvent, mais moins prononcés, avec la vitesse de chauffage constante, et sont attribués à des actions catalytiques des oxydes de fer [2] sur la pyrolyse du charbon.

La progression de la réduction aussi est analogue, mais chacun de ses stades ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_{1-x}\text{O} \rightarrow \text{Fe}$) se termine à plus basse température lors du chauffage par paliers isothermes. La carburation du fer est également plus avancée.

Il nous a donc semblé intéressant, en restant dans le domaine du chauffage progressif, d'étudier

The weight loss in the tar formation zone is more reduced by the presence of the iron oxides with increasing in the heating rates. This effect is more important with hematite than with magnetite, and for the very low heating rates.

Reduction begins earlier, the lower the heating rate. This effect is more marked for the last stage of reduction - that of wustite to iron. It is also more important for the very low heating rates. The weight loss of the coke at high temperature produced by the consumption of the carbon in the reduction process - is higher for the low heating rates.

The activation energy of the coal primary volatilisation calculated for the very low heating rates, is not modified by the introduction of magnetite.

The tar yield is badly affected by hematite specially with the first additions. The effect of each additional quantity of hematite is greater at the high heating rates.

l'influence de la vitesse de chauffage utilisée sur les phénomènes constatés pour une vitesse de chauffage de 3,2°C/min.

Pour cela nous avons utilisé la thermogravimétrie, les études précédentes ayant montré l'interprétation qui pouvait être faite des courbes thermogravimétriques dérivées (TGD) lors de la volatilisation primaire du charbon [2] et de la réduction des oxydes de fer [3].

L'appareil de thermogravimétrie utilisé a été décrit dans une publication précédente [2]. Nous avons travaillé sur des échantillons de 1 g de charbon, de mélange charbon-magnétite ou de mélange charbon-hématite. Dans un premier stade, nous avons fait varier la vitesse de chauffage de 0,2 à 15,5°C pour des mélanges titrant 30 % en poids d'oxydes de fer. Ensuite nous avons, pour les mélanges charbon-hématite, fait varier la teneur en oxyde de fer de 1 à 50 %.

1. MELANGES DE CHARBON ET DE 30 % EN POIDS D'OXYDES DE FER

La figure 1 montre les vitesses de perte de poids des trois sortes d'échantillons pour des vitesses de chauffage variant de 1,7 à 15,5°C/min.

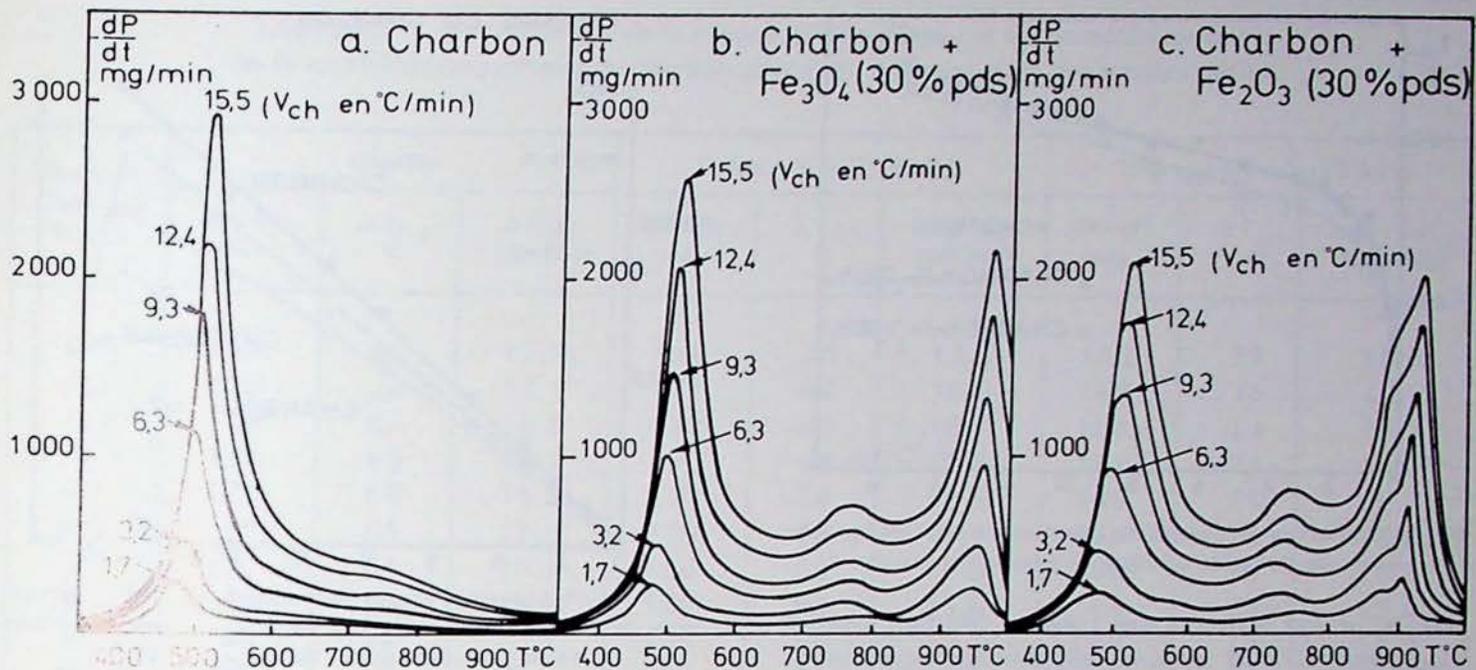


Fig. 1 — Influence de la vitesse de chauffage sur la vitesse de perte de poids d'échantillons contenant 100 g de charbon.

Rappelons que, pour le charbon, la courbe TGD se compose, entre 400° et 600°C, d'un pic aigu traduisant la volatilisation primaire [4] avec départ surtout de goudron, et d'un peu de gaz, et formation du semi-coke. A plus haute température, le semi-coke se transforme en coke avec dégagement de gaz riches en hydrogène, n'entraînant qu'une faible perte de poids. C'est le dégazage secondaire. Dans le cas des mélanges de charbon et d'oxydes de fer, on retrouve le pic de volatilisation primaire, mais sa hauteur diminue, surtout en présence d'hématite. A plus haute température, le dégazage secondaire est masqué par deux pics dus à la réduction des oxydes de fer. Le premier, assez atténué, correspond à la réduction de la magnétite en wustite, et le second, plus aigu et plus important, à la réduction de la wustite en fer. Pour une vitesse de chauffage de 3,2°C/min, à 1000°C, la perte de poids est presque nulle et tout le fer est sous forme métallique, partiellement carburé. Dans le mélange 2 (charbon-magnétite), la carburation est très faible et ne commence que quand la réduction est quasi totale, mais dans le mélange 3 (charbon-hématite) elle commence assez tôt (800°C). Elle s'accroît brusquement à la fin de la réduction de la wustite en fer, à la température à laquelle apparaît un épaulement dans le dernier pic de la courbe TGD. Cet épaulement et cet accroissement de la carburation du fer coïncident également avec une vitesse de réduction accrue de la wustite. Ce phénomène est attribué au passage du fer de l'état α à l'état γ , pour une température qui dépend de son degré de carburation. Ce réarrangement de la couche de fer accélère la réduction de la wustite en facilitant le transfert au travers de la couche externe de fer. De plus, le fer γ accepte dans son réseau cristallin une quantité plus importante de carbone.

La figure 1 montre que, très logiquement, la vitesse de perte de poids augmente quand la vitesse de chauffage croît, que les pics caractéristiques se déplacent vers les températures supérieures, mais que l'allure de ces courbes reste fort semblable. La seule exception est l'accentuation de l'épaulement du dernier pic de réduction, pour le mélange charbon-hématite, quand la vitesse de chauffage diminue. Nous verrons que cet effet se marque encore plus pour des vitesses de chauffage inférieures à 1,7°C/min.

Nous allons examiner plus en détails l'influence de la vitesse de chauffage en séparant les deux principaux phénomènes : la volatilisation primaire du charbon et la réduction des oxydes de fer.

1.1. Influence de la vitesse de chauffage sur la décomposition du charbon entre 300° et 600°C

Nous pouvons avoir une idée de l'influence de la vitesse de chauffage sur le déroulement de la pyrolyse en examinant les caractéristiques du pic de volatilisation de la courbe TGD entre 300° et 600°C.

Quand la vitesse de chauffage augmente, comme d'autres l'ont déjà constaté [4-6], ce pic se déplace vers les températures supérieures. La figure 2, où on a représenté la température du maximum de ce pic (T_m) en fonction de la vitesse de chauffage, illustre cette constatation. On remarque que c'est surtout au début, jusqu'à 2°C/min, que cette augmentation est prononcée. Après 4°C/min, elle est quasi linéaire avec une pente assez faible de 2,7°C/(°C/min). Pour le mélange charbon-magnétite, la température de ce

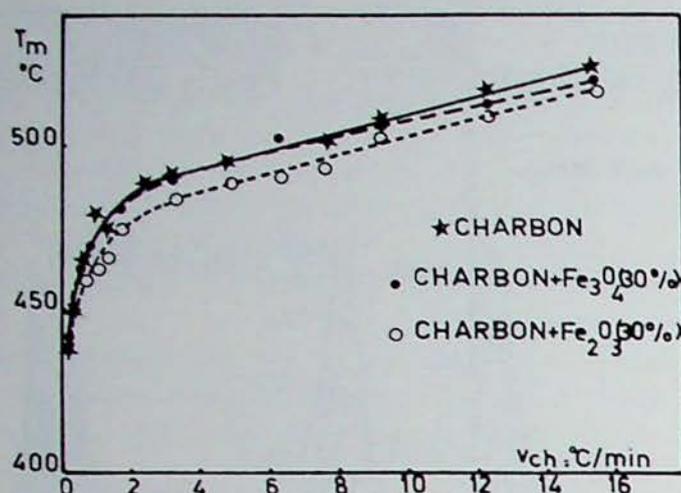


Fig. 2 — Influence de la vitesse de chauffage sur la température du maximum du pic de volatilisation primaire du charbon.

maximum est la même que celle du charbon jusqu'à peu près 7°C/min ; ensuite, elle diminue légèrement. Pour le mélange charbon-hématite, où on doit tenir compte d'une première réduction de Fe₂O₃ en Fe₃O₄, qui vient se superposer à la décomposition du charbon, cette température est légèrement plus faible, mais son évolution en fonction de la vitesse de chauffage est analogue. Pour les très faibles vitesses de chauffage, la température du maximum est la même pour les trois types d'échantillons.

Si la température à laquelle la décomposition du charbon est la plus rapide augmente avec la vitesse de chauffage, il faut cependant remarquer que la température à laquelle elle commence, elle, varie très peu (fig. 1).

Sur la figure 3 on a représenté la vitesse maximale de perte de poids de 100 g de charbon, correspondant aux températures de la figure 2. Nous constatons que cette vitesse augmente quasi linéairement avec la vitesse de chauffage pour le charbon et le mélange charbon-Fe₃O₄, celle du mélange restant toujours inférieure de 17 % à celle du charbon. Dans le cas du mélange charbon-Fe₂O₃, la diminution de vitesse maximale de perte de poids introduite par la présence de l'hématite est d'autant plus prononcée que le chauffage est rapide. On ne peut cependant pas en tirer beaucoup de conclusions à cause de l'existence d'une première réduction de Fe₂O₃ dans cette zone de températures.

D'après Boyer [6, 7], la vitesse de perte de poids exprimée par rapport à la température (dP/dT) devrait peu varier avec la vitesse de chauffage lors de la volatilisation du charbon. C'est effectivement ce que nous constatons sur la figure 4. Cette figure montre bien également les écarts entre les trois sortes d'échantillons, surtout sensibles pour les vitesses de chauffage élevées. Ce diagramme donne une vue de ces écarts plus précise que celui de la figure 3.

La température du sommet du pic de décomposition peut varier, sa hauteur également, mais il peut

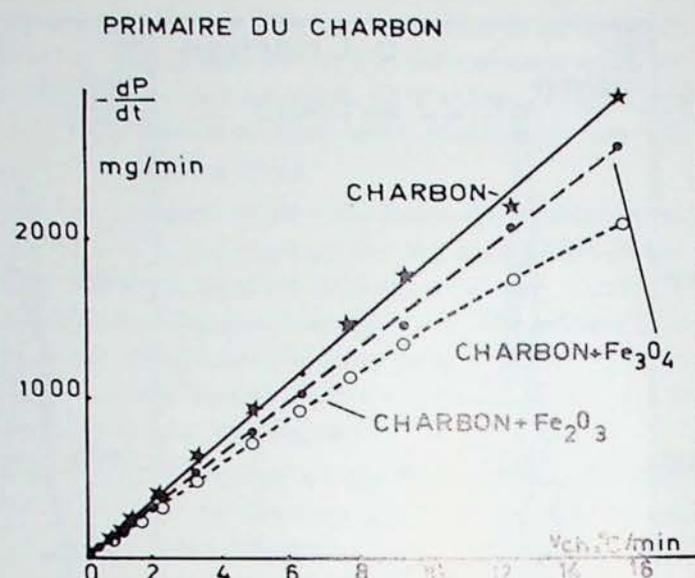


Fig. 3 — Influence de la vitesse de chauffage sur la vitesse maximale de perte de poids, au cours de la volatilisation primaire, d'échantillons contenant 100 g de charbon.

aussi être plus ou moins étalé. Pour vérifier si la vitesse de chauffage peut exercer une influence sur cet étalement, nous avons fait figurer dans le tableau I la largeur à mi-hauteur de ce pic, ΔT_{1M2} (°C). On constate une légère diminution de cette largeur quand la vitesse de chauffage augmente, dans le cas du charbon, mais une légère augmentation dans le cas du mélange charbon-hématite. De plus, la largeur du pic croît quand on introduit des oxydes de fer, et principalement de l'hématite. Dans le cas de ce mélange donc, la décomposition apparaît moins intense, mais plus étalée en températures, d'autant plus que la vitesse de chauffage est élevée. Il ne faut cependant pas oublier que, dans ce cas, une première réduction de Fe₂O₃ en Fe₃O₄, avec départ d'eau et d'un peu de CO₂, se superpose à la décomposition du charbon.

La perte de poids de 300° à 600°C (tableau I) diminue légèrement quand la vitesse de chauffage croît, ce qui est normal puisque tous les phénomènes sont déplacés vers les températures supérieures. Elle diffère fort pour les trois sortes d'échantillons, ce qui peut sembler contradictoire avec les rendements en goudron plus faibles produits par les mélanges, mais il faut tenir compte du fait que la perte de poids comprend les dégagements des gaz et de l'eau en plus de celui des goudrons, et que la présence des oxydes de fer fait augmenter les rendements en CH₄, et même en CO₂ et en eau pour le mélange 3.

De l'examen des courbes thermogravimétriques seules, on peut donc déduire que la vitesse de chauffage ne semble pas avoir une influence très importante sur l'action des oxydes de fer, du moins dans le domaine des vitesses de chauffage utilisables en pratique classique. En effet, l'action défavorable de la magnétite s'accroît rapidement pour les très faibles vitesses de chauffage, puis reste à peu près constante ; celle de l'hématite, toujours plus forte, et un

TABLEAU I. — Influence de la vitesse de chauffage sur les caractéristiques de la volatilisation primaire du charbon seul et en mélange avec des oxydes de fer

Vitesse de Chauffage °C/min	Charbon			Charbon + Fe ₂ O ₃ (30 %)			Charbon + Fe ₂ O ₃ (30 %)		
	(dP/dT) max	Δ T _{1/2} °C	Δ P (g) 300°-600°	(dP/dT) max	Δ T _{1/2} °C	Δ P (g) 300°-600°	(dP/dT) max	Δ T _{1/2} °C	Δ P (g) 300°-600°
0,2	194	64	17,7	194	75	17,4	165	77	16,3
0,4	189	70	17,1	173	68	16,9	143	76	15,9
0,5	156	68	16,8	172	66	16,7	154	74	16,1
0,7	182	69	16,7	170	68	16,6	151	74	16,1
1	183	68	16,3	170	76	16,5	149	75	15,7
1,3	181	65	16,3	170	68	16,2	145	76	15,6
1,7	177	64	16,1	168	69	16,0	149	76	16,0
2,3	170	60	15,7	166	68	15,6	144	75	15,4
3,2	188	54	15,5	165	68	15,3	148	75	15,3
4,8	192	54	16,0	164	67	15,2	149	75	15,4
6,3	183	60	15,8	161	65	15,1	147	85	15,1
7,7	192	60	16,0	168	69	15,7	147	79	16
9,3	193	66	15,6	156	69	15,2	146	84	15,4
12,4	178	65	15,5	166	68	15,3	142	87	15,3
15,5	188	59	15,0	165	70	15,3	135	90	14,9

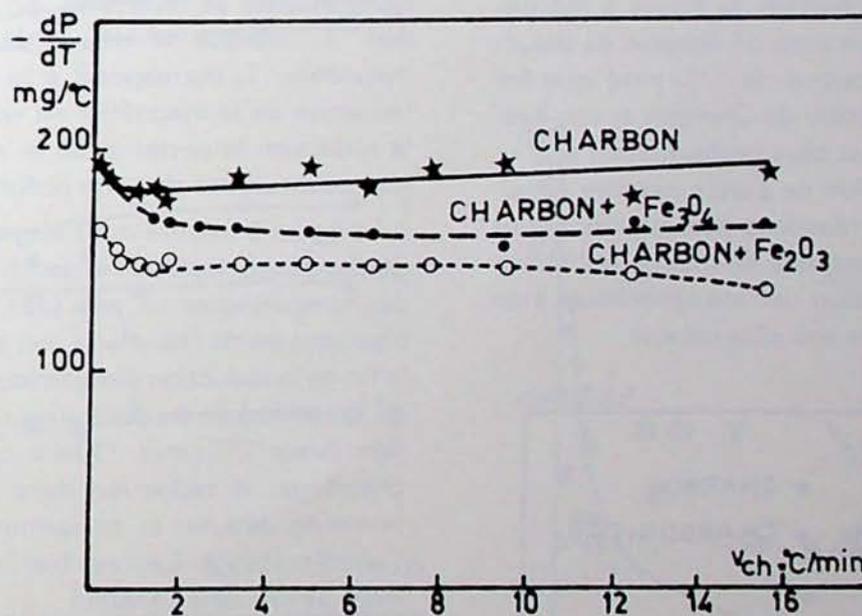


Fig. 4 — Influence de la vitesse de chauffage sur la perte de poids par unité de température au sommet du pic de volatilisation primaire.

peu plus prononcée pour les vitesses de chauffage élevées.

Pour le charbon et le mélange charbon-magnétite, dans lequel la seule réaction de 300° à 600°C est la décomposition du charbon, nous avons essayé d'appliquer la méthode de Chermin et van Krevelen [8] de détermination de l'énergie d'activation globale de la décomposition primaire.

Cette méthode est basée sur un modèle de pyrolyse du charbon (P) par formation d'une phase métastable intermédiaire, le métaplaste (M), qui se décompose lui-même en semi-coke (R) et produits volatils (G₁). Le

semi-coke se décompose ensuite en coke (S) et gaz (G₂). On a :



Jusqu'au sommet du pic de volatilisation primaire, ils supposent que la réaction (3) ne se produit pas encore. Ils ont montré que, en première approximation, on pouvait supposer $k_1 = k_2 = k$. Ils supposent également que les réactions (1) et (2) sont d'ordre 1, ce qui est souvent le cas pour les réactions de cra-

quage et de dépolymérisation. Un calcul établi sur ces bases conduit à une relation :

$$-\ln v = A + \frac{E + B}{RT_m}$$

avec :

- v : vitesse de chauffage
 E : énergie d'activation
 T_m : température du maximum de vitesse de perte de poids
 A et B : constantes.

En portant sur un graphique $1/T_m$ en fonction de $\ln v$, on doit pouvoir déterminer une énergie d'activation globale de la décomposition primaire du charbon, à condition que ce modèle soit valable, que l'ordre soit bien unitaire et qu'on puisse réellement négliger les réactions secondaires. Les auteurs ont obtenu des résultats satisfaisants avec cette méthode pour plusieurs charbons, en utilisant des vitesses de chauffage allant jusque $3^\circ\text{C}/\text{min}$. Ils ont ainsi déterminé des énergies d'activation comprises entre 50 et 60 kcal/mole, ce qui correspond à ce que d'autres ont obtenu par des méthodes différentes.

Dans le cas de notre charbon, la figure 5 montre que ce n'est que dans une zone de vitesses de chauffage très réduite (en dessous de $1^\circ\text{C}/\text{min}$) que les résultats satisfont au modèle de Chermin et van Krevelen. Au delà, $1/T$ n'est plus proportionnel à $\ln v$, soit que l'ordre de réaction ne puisse pas être considéré comme 1, que les réactions secondaires soient importantes, ou que le modèle lui-même, qui considère toute la décomposition comme assimilable à un seul type de réactions, ne soit plus valable.

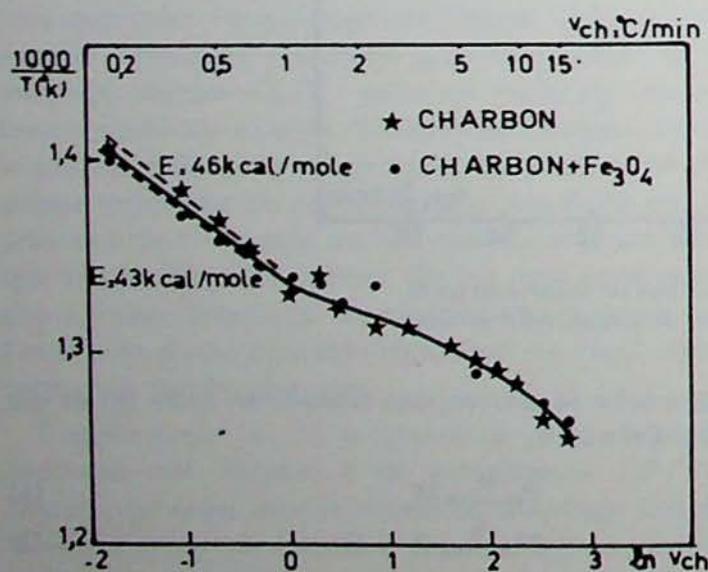


Fig. 5 — Essai d'application de la méthode de Chermin et Van Krevelen [8] de détermination de l'énergie d'activation de la volatilisation primaire.

Dans la courte zone linéaire, les valeurs trouvées pour l'énergie d'activation sont identiques pour les deux sortes d'échantillons, aux limites d'erreur de la

mesure près. Le calcul de E ne nous apprend donc rien de plus sur l'influence de la magnétite sur la volatilisation primaire du charbon.

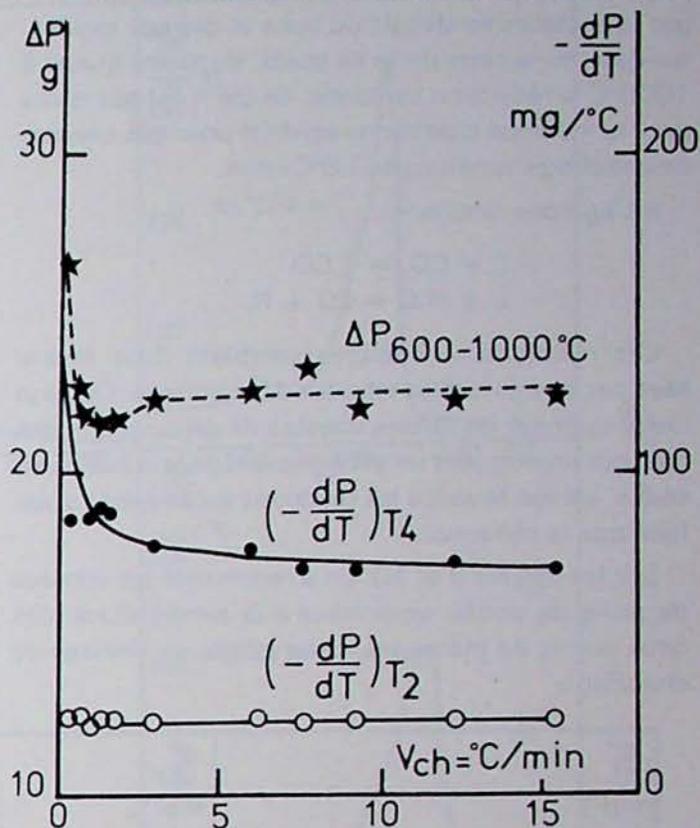
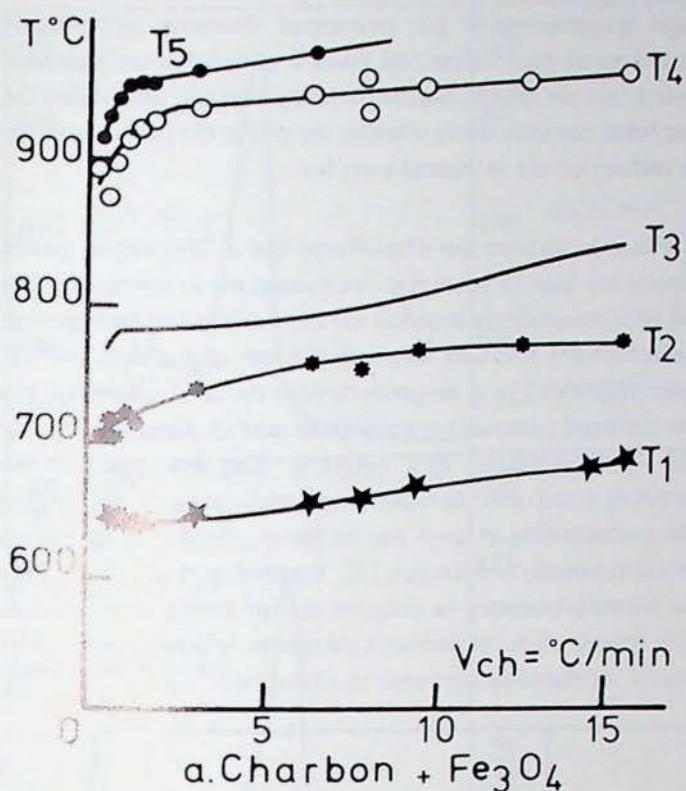
1.2. Influence de la vitesse de chauffage sur la réduction des oxydes de fer entre 600° et 1000°C

La figure 1 nous montre que les températures caractéristiques des courbes TGD, donc également celles de la réduction, augmentent quand la vitesse de chauffage croît. Dans le cas du mélange charbon-hématite, on a également une modification de l'aspect du dernier pic. Les principales températures caractéristiques des courbes TGD à haute température, c'est-à-dire celles des maxima et des minima de la vitesse de perte de poids, sont représentées sur la figure 6. Elles correspondent à la figure 7.

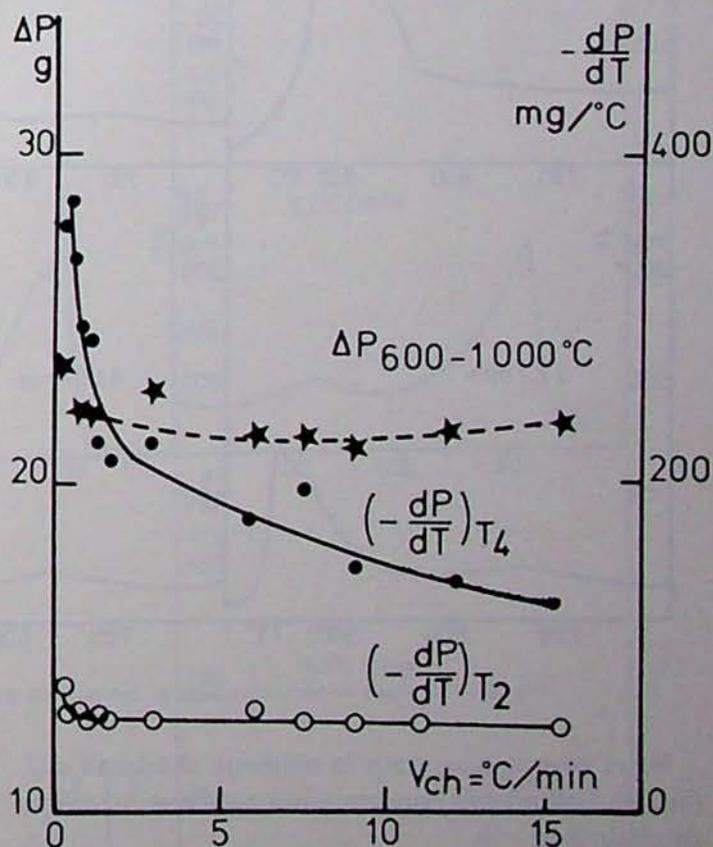
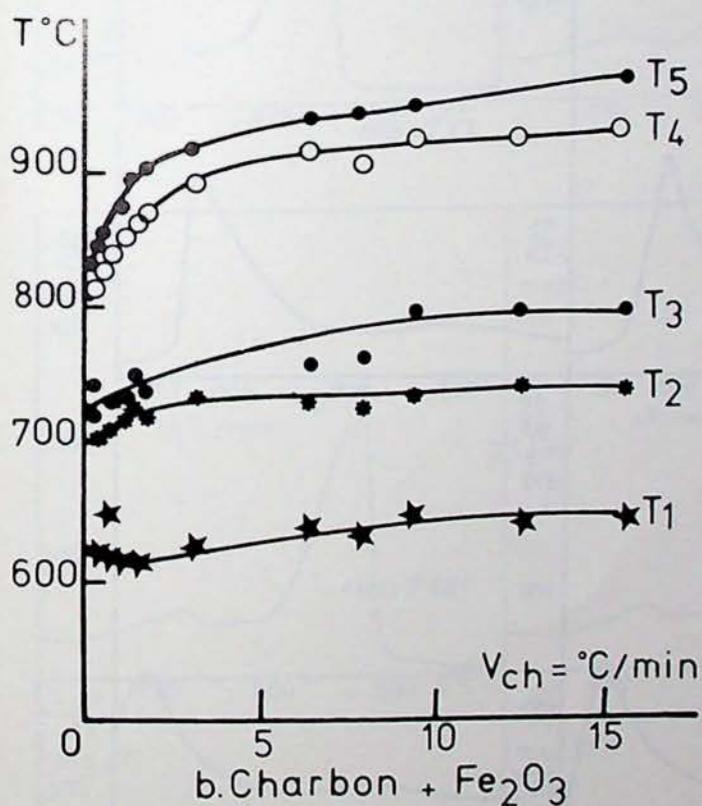
L'étude de la réduction des oxydes de fer lors de la pyrolyse des mélanges de charbon et d'oxydes de fer [2] a montré que les températures des extrema des courbes TGD étaient proches des températures caractéristiques de réduction. En première approximation, T_1 indique le début de la réduction de la magnétite, T_2 correspond à la vitesse maximale de réduction de la magnétite en wustite, T_3 au début de la réduction importante de la wustite en fer, T_4 à la vitesse maximale de cette réduction, et T_5 à sa fin.

La figure 6 montre que l'augmentation de la vitesse de chauffage déplace l'ensemble de la réduction vers des températures un peu plus élevées. Pour les faibles vitesses de chauffage, cet effet est plus marqué à la fin de la réduction (températures T_4 et T_5). Au début de la réduction, au contraire, il y a peu de modification avant $2^\circ\text{C}/\text{min}$. Quelle que soit la vitesse de chauffage, la réduction dans le mélange charbon-hématite débute, et se termine, plus tôt que dans l'autre mélange. Ceci est bien en accord avec ce que nous avons déjà constaté.

Les figures 8 montrent l'évolution des vitesses maximales de perte de poids (rapportées à la température) dans la zone de réduction (pour les températures T_2 et T_4). La vitesse de perte de poids au premier maximum (T_2) varie très peu avec la vitesse de chauffage. Ce n'est pas du tout le cas pour le second maximum (T_4), surtout pour le mélange charbon-hématite. Pour les deux mélanges, la vitesse maximale de perte de poids à la température T_4 diminue fort quand la vitesse de chauffage passe de $0,2$ à $2^\circ\text{C}/\text{min}$. Ensuite elle varie peu pour le mélange charbon-magnétite, mais d'une manière encore importante pour l'autre mélange. La perte de poids entre 600° et 1000°C diminue également entre $0,2$ et $1^\circ\text{C}/\text{min}$, mais ensuite reste quasi constante. C'est l'ampleur des réactions secondaires, génératrices de



a. Charbon + Fe_3O_4



b. Charbon + Fe_2O_3

Fig. 6 — Influence de la vitesse de chauffage sur les températures caractéristiques des courbes TGD dans la zone de réduction.

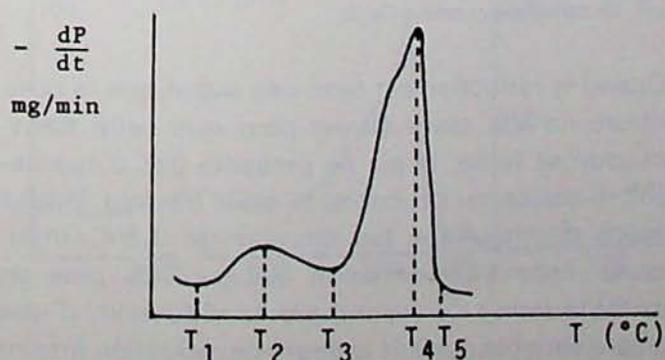
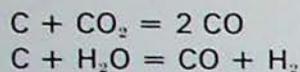


Fig. 7 — Définition des températures caractéristiques

Fig. 8 — Influence de la vitesse de chauffage sur la perte de poids à haute température et sur les vitesses maximales de perte de poids.

gaz réducteurs au départ du coke et des gaz oxydés, qui détermine cette perte de poids, du moins quand à 1000°C la réduction est totale, ce qui n'est pas le cas pour le mélange charbon-magnétite pour des vitesses de chauffage supérieures à 8°C/min.

Il s'agit des réactions :



Ces réactions secondaires semblent donc favorisées par de très faibles vitesses de chauffage. On peut l'expliquer par les faibles vitesses de dégagement des gaz, qui provoquent un allongement de leur temps de séjour, ce qui favorise les réactions secondaires aussi bien que la réduction.

Sur les figures 9 et 10, on a représenté les vitesses de perte de poids, rapportées à la température, des deux sortes de mélanges, pour quelques vitesses de chauffage.

fage augmente, le pic principal devient nettement plus bas et plus large, de plus il présente un épaulement, ou un dédoublement, de position variable. Ce pic rend compte de la vitesse de perte de poids lors de la réduction de la wustite en fer.

Pour la vitesse de chauffage de 3,2°C/min, nous avons vu que la brusque recrudescence de la vitesse de réduction de la wustite en fer, se traduisant par un épaulement dans le second pic de réduction, et accompagnée d'une augmentation de la proportion du fer carburé, pouvait s'expliquer par le passage du fer de l'état cristallin α à l'état γ . Ce changement se produit pour une température qui dépend du degré de carburation atteint par le fer α , différent dans les deux types de mélanges [3]. Il semble que, du fait de sa transformation, la couche de fer entourant la wustite laisse plus facilement pénétrer les agents réducteurs, et donc progresser la réduction.

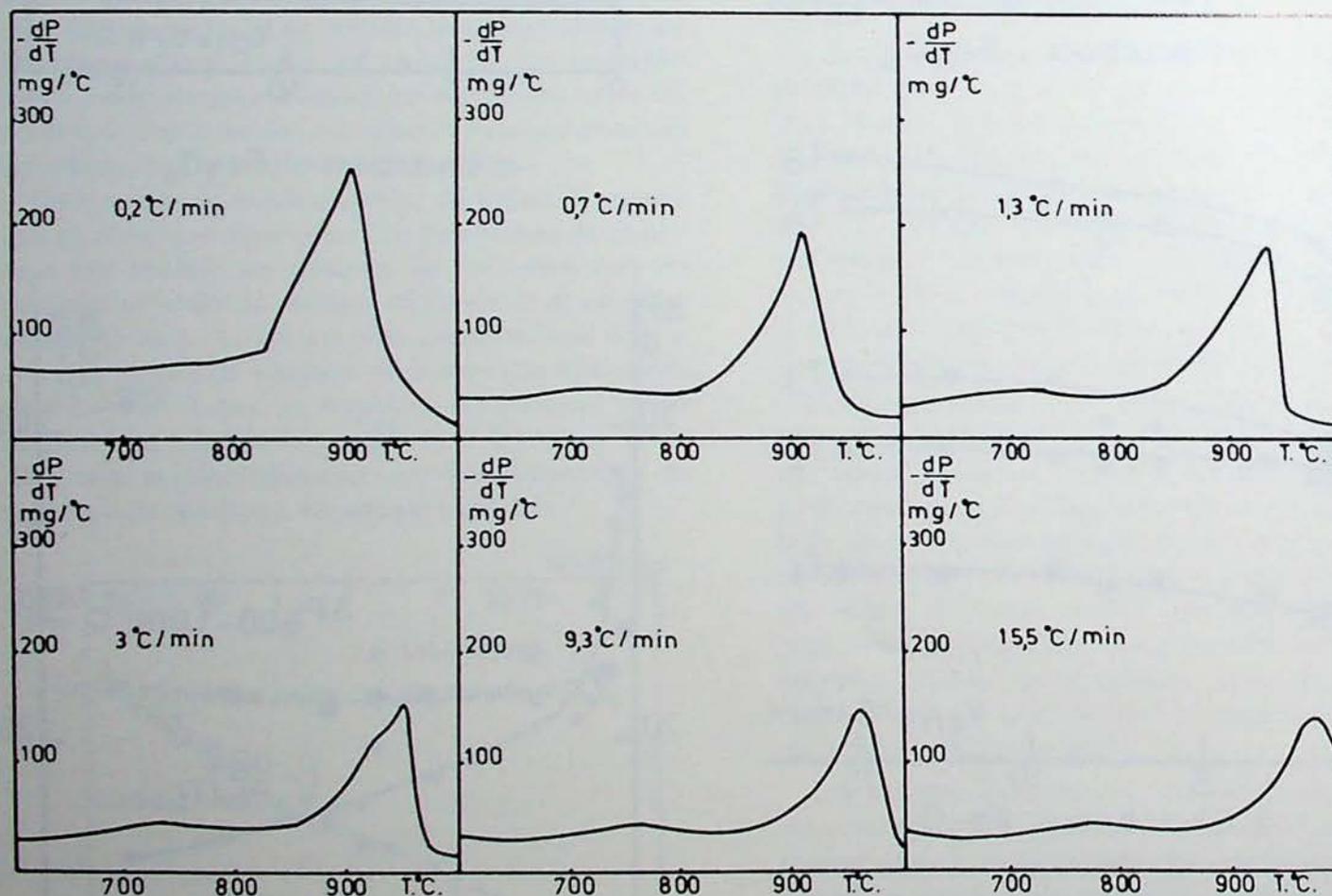


Fig. 9 — Vitesses de perte de poids, en fonction de la température, de mélanges charbon- Fe_3O_4 .

Nous voyons que, pour le mélange charbon- Fe_3O_4 (fig. 9), l'allure des courbes varie peu avec la vitesse de chauffage.

Pour 0,2°C/min, le pic est plus grand et plus large, ce qui concorde avec la perte de poids plus importante.

Pour le mélange charbon-hématite (fig. 10), on constate par contre des changements réguliers de forme et de dimensions. Quand la vitesse de chauff-

Quand la réduction est terminée avant que la température ne soit assez élevée pour que cette transformation se fasse, le pic ne présente pas d'épaulement. C'est ce qu'on constate pour les très faibles vitesses de chauffage (en dessous de 0,5°C/min). Ensuite, cette transformation influence de plus en plus tôt la forme du second pic de réduction, d'une manière variable suivant le degré de réduction atteint quand elle se produit.

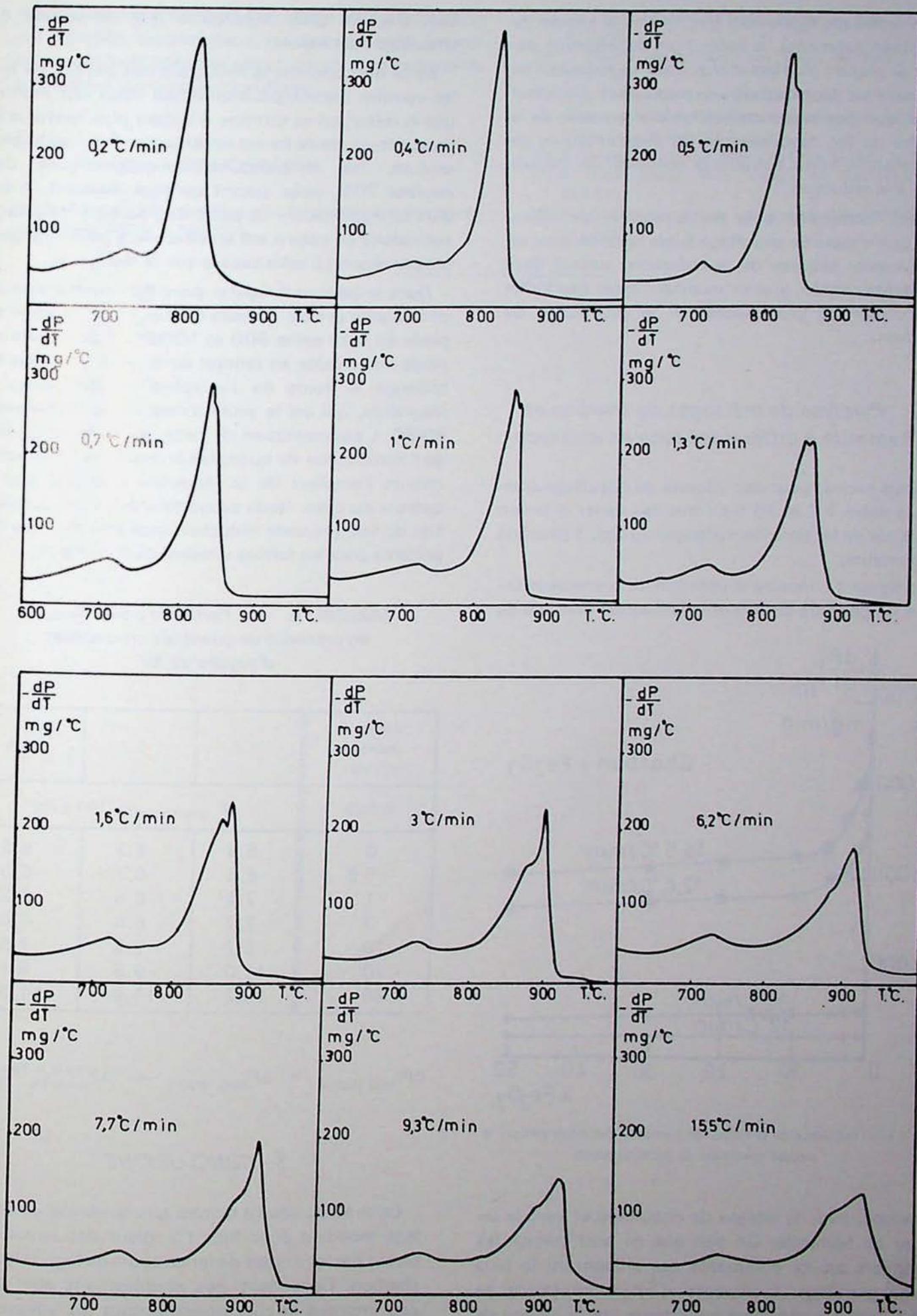


Fig. 10 — Vitesses de perte de poids, en fonction de la température, de mélanges charbon-Fe₂O₃.

On remarque également que, quand la vitesse de chauffage augmente, le second pic de réduction devient de plus en plus bas et plus étalé. La réduction de la wustite est donc de moins en moins aisée. Ceci peut s'expliquer par la recristallisation plus poussée de la couche de fer, favorisée par les augmentations de température, et qui entraîne sa densification, défavorable à la réduction.

Dans l'ensemble, pour les deux sortes de mélanges, une vitesse de chauffage faible favorise donc un achèvement précoce de la réduction, surtout dans son dernier stade, tout en modifiant assez peu l'effet destructeur de ces oxydes sur la production du goudron.

2. Pyrolyse de mélanges de charbon et d'hématite à différentes teneurs en oxyde

Nous avons, pour des vitesses de chauffage comprises entre 1,7 et 15,5°C/min, fait varier la teneur en oxyde de fer dans les mélanges du type 3 (charbon + hématite).

La figure 11 montre la variation de la vitesse maximale de perte de poids par volatilisation primaire du

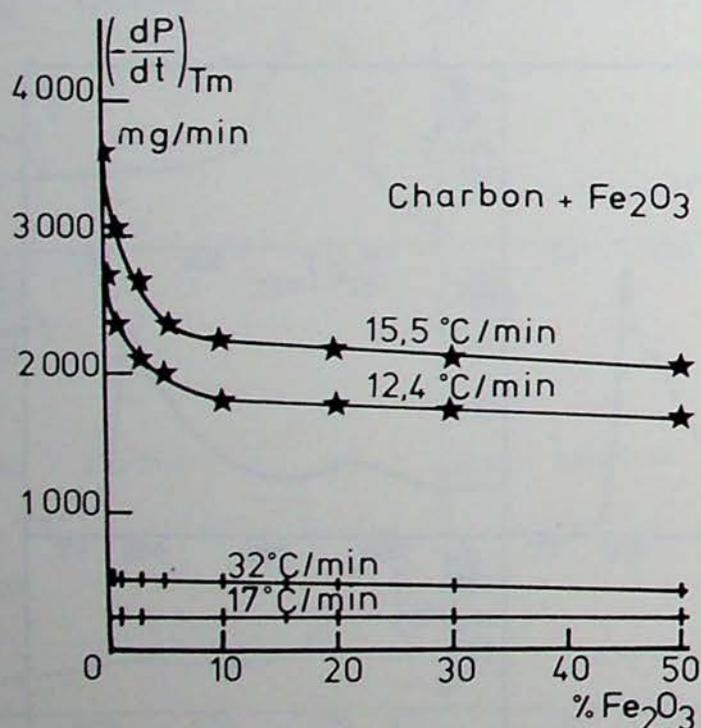


Fig. 11 — Influence de la teneur en hématite des mélanges sur la vitesse maximale de perte de poids.

charbon, avec la vitesse de chauffage et avec la teneur en hématite. On voit que ce sont surtout les premiers ajouts d'hématite qui influencent le plus cette grandeur. L'influence d'ajouts croissants de Fe_2O_3 est d'autant plus importante que la vitesse de chauffage est élevée. Déjà, pour une teneur de 30 % en hématite, on avait constaté que son influence sur la hauteur du pic de volatilisation primaire du charbon

était d'autant plus importante que la vitesse de chauffage était élevée.

En ce qui concerne la réduction des oxydes de fer, les courbes thermogravimétriques nous ont montré que la réduction se termine d'autant plus tard que la teneur en oxyde de fer est importante. Pour les faibles teneurs, les températures caractéristiques des courbes TGD, pour autant qu'elles existent, n'ont plus de signification. La perte de poids par dégazage secondaire du coke n'est en effet alors plus négligeable par rapport à celle causée par la réduction.

Dans le tableau II figure, pour différentes teneurs en hématite et trois vitesses de chauffage, la perte de poids du coke entre 600 et 1000°C. Cette perte de poids est calculée en retirant de la perte de poids du mélange le poids de l'oxygène présent dans la magnétite, qui est la seule forme du fer présente à 600°C. L'augmentation de cette perte de poids lors de l'introduction de quantités croissantes d'hématite mesure l'ampleur de la réduction indirecte par le carbone du coke. Nous avons donc bien ici confirmation du fait que cette réduction indirecte est plus importante pour les faibles vitesses de chauffage.

TABLEAU II. — Pertes de poids du coke en présence de quantités croissantes d'oxydes de fer

Vitesse de chauffage °C/min	1,7	3,2	15,5
% Fe_2O_3	$\Delta P_{600-1000^\circ\text{C}}^c$ (g/100 g ch)		
0	5,9	6,2	5,2
0,5	6,8	6,7	6,0
1	7,4	6,5	6,3
3	7,7	6,8	6,6
10	8,7	7,9	7,8
20	11,0	9,6	9,1
30	13,2	11,4	11,3

$$\Delta P_{600-1000^\circ\text{C}}^c = \Delta P_{600-1000^\circ\text{C}} - \Delta P_{\text{oxygène}}^{(\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe})}$$

3. CONCLUSIONS

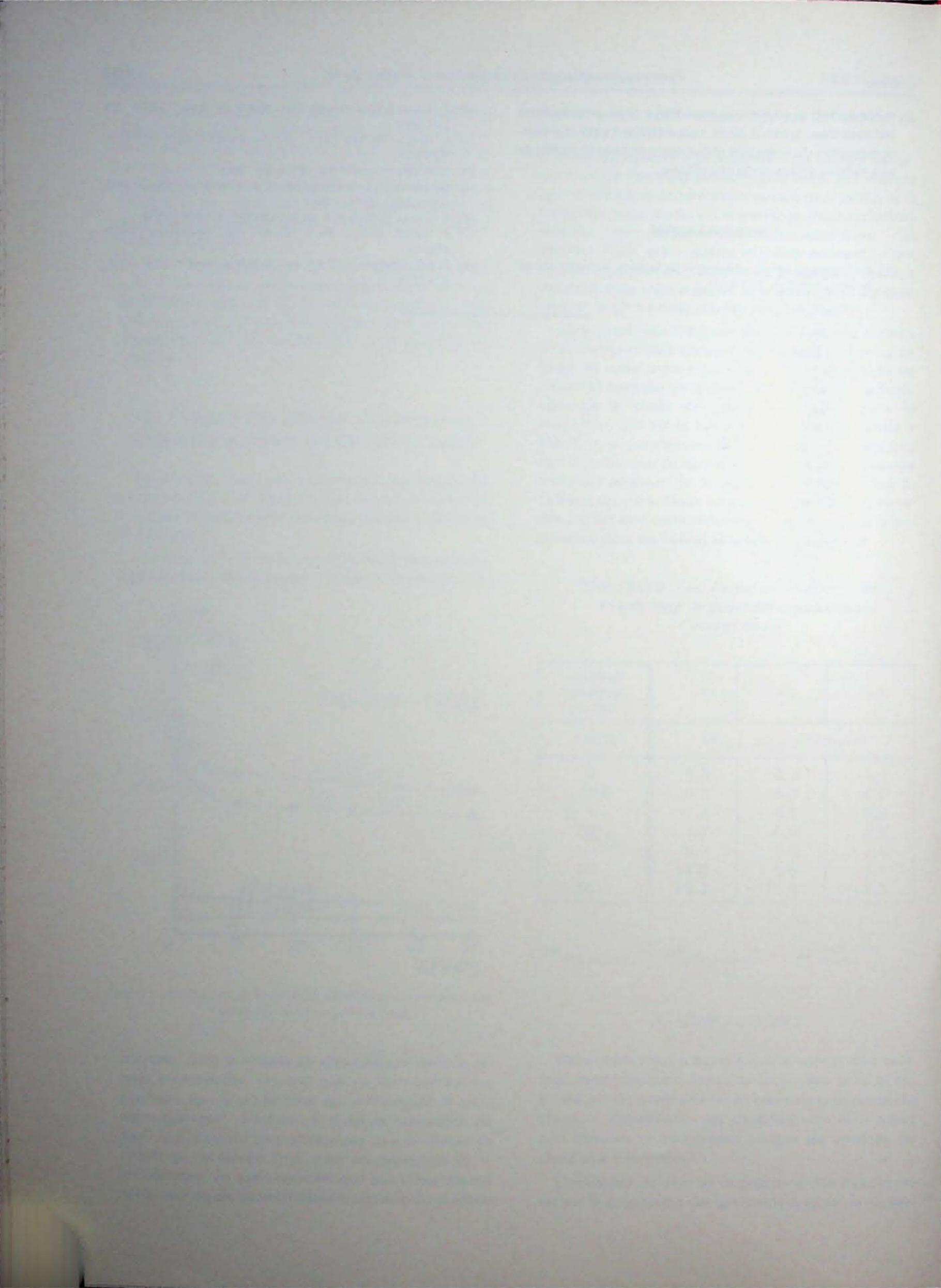
Cette étude nous a montré que la vitesse de chauffage modifiait donc bien l'ampleur des actions exercées par les oxydes de fer au cours de la pyrolyse du charbon. Cependant, ces modifications sont assez peu intenses et concernent surtout les vitesses de chauffage très faibles.

L'influence néfaste de la présence des oxydes de fer sur la production des goudrons augmente légère-

ment quand la vitesse de chauffage croît, la réduction est retardée, surtout dans son dernier stade. La consommation du coke par réduction est plus importante aux faibles vitesses de chauffage.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] R. Cyprès, C. Soudan-Moinet et G. Leherte. *Ann. des Mines de Belg.* 1973, 4, 553-563.
- [2] C. Soudan-Moinet. *Ann. des Mines de Belg.*, 1974, 10, 977-988.
- [3] C. Soudan-Moinet. *Ann. des Mines de Belg.*, 1978, 4, 503-514.
- [4] D.W. van Krevelen. *Coal*, Elsevier, 1961.
- [5] *Chemistry of Coal Utilisation. Supplementary Volume*, H.H. Lowry Ed. J. Wiley, 1963.
- [6] R. Loison, P. Foch et A. Boyer. *Le Coke*, Dunod, 1970.
- [7] A. Boyer. *Compt. Rend. Congr. Ind. Gaz, Paris*, 1952, 653-671.
- [8] H.A.G. Chermin et D.W. van Krevelen. *Fuel*, 1976, 55(3), 211-216.



25 ans de Marché Commun du Charbon

Vijfentwintig jaar Gemeenschappelijke Markt voor Steenkool

André DE GREEF *

Le 10 février de l'année 1978, la Commission des Communautés Européennes a publié, à l'occasion du 25ème anniversaire de la création de la Haute Autorité de la C.E.C.A., une brochure sur 25 années de Marché Commun du Charbon.

Le propos général de la publication n'est pas de vouloir établir un compte rendu détaillé et complet dans lequel serait mesuré et comparé ce qui a été effectivement réalisé aux objectifs initialement fixés, mais de donner un aperçu général de l'évolution du marché commun du charbon, de l'expérience acquise en matière d'intégration économique européenne dont les débuts ont été marqués par deux lettres envoyées par la Haute Autorité de la C.E.C.A. aux gouvernements des Six.

La Haute Autorité, en effet, a annoncé dans ces lettres qu'elle fixait au 10 février 1953, le début de la période de transition pour le charbon, le minerai de fer et la ferraille et qu'à partir de cette date, conformément à l'article 2 paragraphe 3 de la convention relative aux dispositions transitoires, les pouvoirs « correspondants » cessant d'être exercés par les Etats membres, elle assurerait les fonctions qui lui étaient confiées par le Traité.

Cet acte a marqué le début de l'intégration européenne.

Op 10 februari 1978 heeft de Europese Commissie een brochure uitgegeven over 25 jaar Gemeenschappelijke Markt voor Steenkool ter gelegenheid van de 25e verjaardag van de oprichting van de Hoge Autoriteit van de E.G.K.S.

De algemene bedoeling van de publikatie is niet een gedetailleerd en volledig verslag te geven waarin het werkelijk gerealiseerde zou worden afgemeten en vergeleken met de oorspronkelijke doelstellingen, maar wel het geven van een algemeen overzicht van de evolutie van de Gemeenschappelijke Markt voor Steenkool, van de opgedane ervaring inzake Europese economische integratie waarvan het begin werd gekenmerkt door twee brieven die door de Hoge Autoriteit van de E.G.K.S. werden gezonden aan de regeringen van de Zes.

De Hoge Autoriteit heeft in die brieven inderdaad aangekondigd dat zij het begin van de overgangperiode voor steenkool, ijzererts en schroot vaststelde op 10 februari 1953 en dat zij vanaf die datum, overeenkomstig artikel 2, paragraaf 3 van de overeenkomst inzake de overgangsbepalingen, de functies zou uitoefenen die haar werden toevertrouwd door het Verdrag, daar de « overeenkomstige » bevoegdheden niet langer werden uitgeoefend door de Lidstaten.

Die handeling kondigde het begin van de Europese integratie aan.

* Ingénieur civil, Chef du Service « Technologie et Recherche Charbonnières » à la Commission des Communautés Européennes, rue de la Loi, 200, B-1040 Bruxelles.

* Burgerlijk ingenieur, Hoofd van de dienst « Technologie en steenkolenonderzoek » bij de Europese Commissie, Wetstraat 200, B-1040 Brussel.

Il va de soi que, dans cet article, il est quasi impossible de reprendre les propos des auteurs. C'est pourquoi ce n'est que sur l'essentiel que se concentreront ces pages, à savoir l'évolution du marché, la position concurrentielle du charbon, les ventes de charbon, la production, la situation financière, les importations et les échanges intracommunautaires. Ensuite, les activités du début de la Haute Autorité et la période de crise seront évoquées pour en arriver aux nouvelles orientations de politique énergétique communautaire.

Het spreekt vanzelf dat het vrijwel onmogelijk is in dit artikel de besluiten van de auteurs weer te geven. Daarom zullen deze bladzijden zich enkel beperken tot het essentiële, nl. de marktevolutie, de concurrentiepositie van de steenkool, de verkoop van steenkool, de produktie, de financiële toestand, de invoer en het handelsverkeer binnen de Gemeenschap. Vervolgens zullen de aanvangsactiviteiten van de Hoge Autoriteit en de crisisperiode worden vermeld om tot de nieuwe oriëntaties van de communautaire energiepolitiek te komen.

L'EVOLUTION DU MARCHE

Les objectifs généraux que la Haute Autorité avait définis en 1956 montraient combien l'esprit de l'époque était à l'optimisme quant aux perspectives d'avenir du secteur charbonnier. On admettait que le Produit National Brut de la Communauté à Six doublerait de 1955 à 1975 et que, malgré l'accroissement de la demande en énergie qui en résulterait, celle-ci pourrait être encore couverte en 1975 à raison de plus de 50 % par la houille.

Il s'est avéré que l'évaluation de la croissance économique et du développement en besoins en énergie a été trop prudente, mais que le rôle du charbon, en revanche, avait été plus que sous-estimé.

Les chiffres suivants le démontrent.

Il y avait en 1953, en consommation d'énergie primaire pour l'Europe des Six, 343 millions de tec, dont 66,8 % pour la houille contre 980 millions de tec en 1973, dont 16,4 % pour la houille.

Quant à l'Europe des Neuf en 1973, il y avait une consommation de 1.337,4 millions de tec, dont 20,9 % pour la houille.

En prenant en considération l'évolution effectivement intervenue au cours des 25 années de Marché Commun de Charbon, trois phases sont à distinguer :

1953-1957 — Accroissement des ventes de charbon, d'où accroissement de la production.

1958-1973 — Pression de l'offre du pétrole bon marché et du gaz naturel, d'où réduction de la production de houille, en dépit d'un important accroissement des besoins d'énergie.

de 1974 à nos jours — Certaine stabilisation de l'écoulement et de la production du charbon due aux hausses spectaculaires des prix du pétrole, c'est toutefois le charbon importé qui bénéficie de la modification des rapports de prix.

DE MARKTEVOLUTIE

De algemene doelstellingen die de Hoge Autoriteit had bepaald in 1956 toonden aan hoe optimistisch de gedachten destijds waren inzake de toekomstperspectieven van de steenkoolsector. Men nam aan dat het bruto nationaal produkt van de Gemeenschap der Zes zou verdubbelen van 1955 tot 1975 en dat, ondanks de toename van de vraag naar energie die hieruit zou voortvloeien, die in 1975 nog voor meer dan 50 % zou kunnen worden gedekt door steenkool.

Het is gebleken dat de raming van de economische groei en van de ontwikkeling van de energiebehoeften te voorzichtig is geweest maar dat de rol van de steenkool daarentegen meer dan onderschat was geworden.

De volgende cijfers tonen dit aan :

In 1953 was er, als primair energieverbruik voor het Europa der Zes, 343 mln t SKE, waarvan 66,8 % voor de steenkool tegen 980 mln t SKE in 1973, waarvan 16,4 % voor de steenkool. Wat het Europa der Negen in 1973 betreft, was er een verbruik van 1.337,4 mln t SKE, waarvan 20,9 % voor de steenkool. Bij het beschouwen van de werkelijk tot stand gekomen evolutie gedurende 25 jaar Gemeenschappelijke Markt voor Steenkool, zijn er 3 fasen te onderscheiden :

1953-1957 — Toename van de verkoop van steenkool vanwaar toename van de produktie.

1958-1973 — Druk van het goedkope aanbod van aardolie en aardgas, vanwaar vermindering van de steenkoolproduktie ondanks een belangrijke stijging van de energiebehoeften.

van 1974 tot heden : — Bepaalde stabilisatie van de steenkoolafzet en -produktie te wijten aan de spectaculaire prijsverhoging van aardolie ; het is echter de ingevoerde steenkool die voordeel haalt uit de wijziging van de prijsverhoudingen.

POSITION CONCURRENTIELLE DU CHARBON

Le marché charbonnier ne constitue qu'une partie du secteur énergétique. Les différences entre ces trois périodes s'expliquent uniquement par la position concurrentielle du charbon face aux autres énergies.

La période du début du Marché Commun du Charbon et de l'Acier s'est caractérisée par une pénurie de charbon. Et si l'industrie houillère de la Communauté n'a pas pu profiter davantage de l'accroissement des besoins en énergie, c'est uniquement parce que les conditions naturelles d'extraction et les possibilités limitées de financement, expliquées par le contrôle officiel des prix, ne permettaient pas d'accroître à court terme la production.

En 1957-1958, la conjonction de plusieurs facteurs a entraîné des bouleversements profonds sur le marché de l'énergie et en un laps de temps assez court.

Le charbon communautaire s'est trouvé ensuite dans une situation difficile face à un afflux croissant d'autres sources d'énergie essentiellement importées, dont les prix étaient beaucoup plus avantageux.

Un élément décisif fut alors l'accroissement des capacités des transports maritimes, en conséquence de quoi la part du fret dans les prix CIF du charbon américain n'a cessé de diminuer et le grand avantage dont celui-ci bénéficiait au point de vue coûts de production a pu alors se répercuter pleinement en Europe.

D'autres concurrents importants sont venus s'ajouter au charbon américain : les charbons australiens et les charbons polonais. Cependant l'élément le plus grave de conséquences fut l'excédent de l'offre de pétrole, suite à la crise de Suez. Le charbon de la Communauté perdit alors sa compétitivité.

Du fait de la hausse générale des prix de l'énergie intervenue fin 1973 et 1974, une partie du charbon communautaire est certes redevenue compétitive, mais également cette hausse a suscité sur le marché mondial du charbon une offre supplémentaire importante pour laquelle il a ensuite fallu rechercher des débouchés pendant la récession économique ; ce qui a ainsi réduit les chances du charbon communautaire.

REPARTITION DES VENTES DE CHARBON

Dans l'Europe des Six, les fournitures de houille, immédiatement avant la crise de 1973, étaient infé-

CONCURRENTIEPOSITIE VAN DE STEENKOOL

De steenkoolmarkt vormt slechts een gedeelte van de energiesector. De verschillen tussen die drie perioden worden enkel verklaard door de concurrentiepositie van de steenkool tegenover de andere energiebronnen.

De beginperiode van de Gemeenschappelijke Markt voor Kolen en Staal werd gekenmerkt door een steenkoolschaarste. En indien de steenkoolindustrie van de Gemeenschap geen groter voordeel heeft kunnen halen uit de toename van de energiebehoefte dan is dat enkel omdat de natuurlijke ontginningsvoorwaarden en de beperkte financieringsmogelijkheden, die worden verklaard door de officiële prijzencontrole, het niet mogelijk maakten de productie op korte termijn te verhogen.

In 1957-1958 heeft het samentreffen van verschillende factoren een grote ommekeer veroorzaakt op de energiemarkt en dit op tamelijk korte tijd.

De communautaire steenkool bevond zich daarna in een moeilijke situatie tegenover een stijgende toevloed van andere, hoofdzakelijk ingevoerde energiebronnen waarvan de prijzen veel voordeliger waren.

Een doorslaggevende factor was dan de stijging van het zeetransportvermogen met als gevolg dat het aandeel van de vrachtprijs in de cif-prijzen van de Amerikaanse steenkool voortdurend verminderde en het grote voordeel dat hij genoot inzake produktiekostprijs heeft zich toen volledig kunnen laten gelden in Europa.

Bij de Amerikaanse steenkool voegden zich dan nog andere belangrijke concurrenten : de Australische en Poolse steenkool. Het element met de zwaarste gevolgen was evenwel het overtollige aardolie-aanbod als gevolg van de Suez-crisis. De steenkool van de Gemeenschap verloor toen zijn concurrentievermogen.

Wegens de algemene verhoging van de energieprijzen die zich eind 1973 en 1974 voordeed is een gedeelte van de communautaire steenkool ongetwijfeld terug concurrerend geworden maar die verhoging heeft eveneens een belangrijk bijkomend aanbod doen ontstaan op de wereldmarkt voor steenkool waarvoor vervolgens afzetgebieden moesten worden gevonden tijdens de economische recessie ; hierdoor werden de kansen van de communautaire steenkool verminderd.

SPREIDING VAN DE VERKOOP VAN STEENKOOL

In het Europa van de Zes waren juist voor de crisis van 1973, de steenkoolleveringen 120 miljoen ton,

rieures de 120 millions de tonnes, soit 40 % au niveau record de 1957. Cette réduction est le résultat de nombreux phénomènes dont l'ampleur n'a pas été semblable dans les différents secteurs d'utilisation et qui n'ont pas toujours agi dans le même sens. Les centrales électriques et les cokeries sont devenues au cours du temps les principaux débouchés.

Bien que les perspectives du charbon fussent un peu meilleures dans le secteur de la transformation que dans celui de la combustion, par exemple le secteur domestique, il n'en reste pas moins vrai que là aussi il a fallu prendre bien des mesures pour le protéger contre d'autres sources d'énergie (p.e. lois allemandes visant à encourager l'utilisation du charbon dans les centrales électriques). Dans l'ensemble au niveau communautaire, les fournitures de charbon aux centrales thermiques ont pu se stabiliser, car l'accroissement des besoins d'électricité a été essentiellement couvert par de nouvelles centrales au fuel ou au gaz naturel. C'est ainsi que, en l'espace de 20 ans (1953-1973), la part de la houille dans la production d'électricité est tombée de 43 % à 18 % ; c'est seulement après l'élargissement que ce chiffre s'est amélioré.

Dans le secteur de la cokéfaction, bien que l'industrie sidérurgique ait connu une expansion similaire à celle des centrales électriques, les débouchés se sont simplement stabilisés. La consommation spécifique du coke dans les hauts fourneaux (mise au mille) a été grandement réduite grâce aux améliorations techniques ; cette mise au mille est passée de 960 kg en 1954 à 520 kg en 1976, alors que la consommation de coke dans les hauts fourneaux fut en 1954 de 65,4 millions de tonnes contre 67,7 millions de tonnes en 1976 (Europe des Neuf).

En 25 ans, la livraison de la houille selon les secteurs s'est fortement modifiée, pour ne conserver que pratiquement 2 grands secteurs, les centrales électriques et les cokeries.

Les chiffres ci-dessous donnent une idée de cette modification :

En 1953, sur 245,6 millions de tonnes (Europe des Six), 15 % vont aux centrales électriques, 33 % aux cokeries, 16 % aux industries diverses, 12 % aux foyers domestiques, 8 % aux transports et 16 % aux divers.

En 1976, sur 292,5 millions de tonnes (Europe des Neuf), 48 % vont aux centrales, 35 % aux cokeries, 7 % aux industries diverses, 7 % aux foyers domestiques et 3 % aux divers.

PRODUCTION DE HOUILLE

L'essor de la production du charbon, des premières années de la Communauté, a cédé la place, sous la

d.i. 40 %, lager dan het recordpeil van 1957. Deze afname is het resultaat van talrijke verschijnselen waarvan de draagwijdte niet gelijk was in de verschillende gebruiksectoren en die niet altijd in dezelfde zin gewerkt hebben. De elektrische centrales en de cokesfabrieken zijn mettertijd de voornaamste afnemers geworden.

Alhoewel de vooruitzichten voor de steenkool enigszins beter waren in de verwerkingssector dan in die van de verbranding, b.v. de huishoudelijke sector, moesten ook daar maatregelen worden getroffen om hem te beschermen tegen andere energiebronnen (b.v. Duitse wetten die tot doel hadden het gebruik van steenkool in de elektrische centrales aan te moedigen). Op communautair niveau hebben de steenkoolleveringen aan de thermische centrales zich in het algemeen kunnen stabiliseren want de toename van de elektriciteitsbehoeften werd hoofdzakelijk gedekt door nieuwe centrales met aardolie of aardgas. Zo is het aandeel van de steenkool in de elektriciteitsproductie, in een tijdspanne van 20 jaar (1953-1973), verminderd van 43 % tot 18 % ; dit cijfer verbeterde pas na de uitbreiding.

In de sector van de cokesbereiding hebben de afzetgebieden zich eenvoudig gestabiliseerd alhoewel de ijzer- en staalindustrie een uitbreiding heeft gekend die gelijk was aan die van de elektrische centrales. Het specifiek verbruik van cokes in de hoogovens (soortelijk cokesverbruik) werd aanzienlijk verminderd dank zij de technische verbeteringen ; dit soortelijk cokesverbruik is verminderd van 960 kg in 1954 tot 520 kg in 1976 terwijl het cokesverbruik in de hoogovens 65,4 mln ton bedroeg in 1954 tegen 67,7 mln ton in 1976 (Europa der Negen).

In vijftig jaar tijd werd de steenkoollevering sterk gewijzigd volgens de sectoren om praktisch nog slechts twee grote sectoren te behouden, de elektrische centrales en de cokesfabrieken.

De onderstaande cijfers geven een idee van die wijziging :

In 1953 : van 245,6 mln ton (Europa der Zes) gaat 15 % naar de elektrische centrales, 33 % naar de cokesfabrieken, 16 % naar de diverse industrieën, 12 % naar de huishoudelijke haarden, 8 % naar het vervoer en 16 % naar diversen.

In 1976 : van 292,5 mln ton (Europa der Negen) gaat er 48 % naar de centrales, 35 % naar de cokesfabrieken, 7 % naar de diverse industrieën, 7 % naar de huishoudelijke haarden en 3 % naar diversen.

STEENKOOLPRODUKTIE

De gunstige ontwikkeling van de steenkoolproductie tijdens de eerste jaren van de Gemeenschap,

pression des conditions de marché, en 1957 à une tendance à la baisse qui se maintient encore toujours.

Durant ces 20 dernières années, l'adaptation de la production a été radicale et elle s'est soldée pour la Communauté des Six par une réduction de plus de la moitié. Cette situation a été due à une multitude de facteurs qui ont une importance variable suivant les bassins : qualité du charbon, productivité, coûts de production, rapports des prix, situation sociale et régionale. C'est ainsi qu'il est arrivé de fermer des mines plus productives que d'autres. Mais dans l'ensemble une sélection a été faite, en vue de concentrer la production dans les bassins allemands, Lorraine et Campine (Europe des Six). Du point de vue qualitatif, l'accent a été mis sur la production de charbon à coke.

De 1953 à 1973 (Europe des Six), la production est passée de 242 millions de tonnes à 140 millions de tonnes, le nombre de sièges, de 475 à 109, le rendement, de 1.441 kg/homme/poste, à 3.768, mais les effectifs sont diminués de 1 million d'ouvriers à 340.000.

Il en est résulté des problèmes sociaux graves et complexes qui, il est vrai, se sont quelque peu atténués par l'essor économique exceptionnel que les pays de la Communauté ont connu pendant cette décennie et qui ont été soulagés par les aides à la réadaptation conformément au Traité C.E.C.A.

Devant la nécessité permanente de contenir la hausse des coûts, l'industrie charbonnière a été obligée de faire, tout au long de ces années, de très gros efforts de rationalisation. L'accroissement de productivité qui en est résulté a été considérablement renforcé par la fermeture d'exploitations non rentables de sorte que, pendant les années 60, le rendement moyen par homme et par poste a augmenté dans la Communauté dans de très fortes proportions.

Ce n'est qu'en 1971/1972, après l'achèvement de la mécanisation (en 1957 celle-ci n'était qu'à peine 20 %), le rendement a recommencé à stagner. La régression de la productivité que l'on constate depuis quelque temps s'explique en grande partie par les mesures qu'ont prises les entreprises minières pour maintenir leur capacité de production à assez long terme.

SITUATION FINANCIERE DE L'INDUSTRIE CHARBONNIERE

Au cours de la période d'accroissement de la productivité, les coûts nominaux moyens à la tonne n'ont que peu augmenté dans la Communauté. En re-

heeft in 1957, onder druk van de marktomstandigheden, plaats moeten ruimen voor een dalende neiging die nog steeds bestaat.

Gedurende de afgelopen twintig jaar was de produktie-aanpassing radicaal en liep zij uit op een vermindering met meer dan de helft voor de Gemeenschap der Zes.

Die situatie was te wijten aan een groot aantal factoren waarvan het belang verandert naargelang van het bekken : kwaliteit van de steenkool, produktiviteit, produktiekosten, prijsverhoudingen, sociale en regionale situatie. Zo kwam het dat mijnen werden gesloten die produktiever waren dan andere. Maar in het geheel werd een keuze gemaakt ten einde de produktie te concentreren in de Duitse bekkens, in Lotharingen en in de Kempen (Europa der Zes). Op kwalitatief gebied werd de nadruk gelegd op de produktie van cokeskolen.

Van 1953 tot 1973 (Europa der Zes) is de produktie gedaald van 242 mln ton tot 140 mln ton, het aantal mijnzetels van 475 tot 109, het rendement gestegen van 1.441 kg man dienst tot 3.768, maar de personeelssterkte is gedaald van 1 mln arbeiders tot 340.000.

Hieruit volgden ernstige en ingewikkelde sociale problemen die weliswaar enigszins afnamen door de buitengewone economische ontwikkeling die de landen van de Gemeenschap hebben gekend tijdens dat decennium en die werden verlicht door de weder-aanpassingshulp overeenkomstig het E.G.K.S.-Verdrag.

Tegenover de voortdurende noodzaak de kostenstijging te beperken werd de steenkolenindustrie verplicht zeer grote rationalisatie-inspanningen te leveren gedurende al die jaren. De verhoging van de produktiviteit die hieruit is voortgevloeid werd aanzienlijk versterkt door het sluiten van niet-rendabele ontginningen zodat in de jaren zestig het gemiddelde rendement per man en per dienst in zeer sterke mate is gestegen in de Gemeenschap.

Pas in 1971/1972, na de voltooiing van de mechanisatie (in 1957 bedroeg die nauwelijks 20 %), begon het rendement weer te stagneren. De afname van de produktiviteit die men sedert enige tijd waarneemt wordt grotendeels verklaard door de maatregelen die werden getroffen door de mijnondernemingen om hun produktiecapaciteit te behouden op tamelijk lange termijn.

FINANCIËLE TOESTAND VAN DE STEENKOLENNIJVERHEID

Tijdens de periode van produktiviteitsverhoging zijn de gemiddelde nominale kosten per ton slechts weinig gestegen in de Gemeenschap. Daarentegen

vanche, dans les années 70, la hausse enregistrée des coûts a été d'autant plus marquée du fait de la forte augmentation des salaires et des prix de l'équipement minier, alors que le rendement stagnait.

Depuis la création de la C.E.C.A., les recettes de l'industrie charbonnière n'ont pratiquement, à quelques exceptions près, jamais été suffisantes pour couvrir les coûts.

Au départ, ce fut essentiellement une conséquence de la politique des bas prix pratiquée par les gouvernements. Ensuite, en 1958-1959, la situation qui régnait sur le marché n'a plus permis d'augmenter les prix que dans de faibles proportions.

Lorsque la situation a menacé de devenir pratiquement intenable pour les charbonnages, la Haute Autorité et le Conseil ont instauré en 1963/64 un régime communautaire d'aides à l'industrie charbonnière afin d'éviter des conséquences plus graves sur le plan social et pour la sécurité d'approvisionnement. Après 1973, le charbon communautaire a certes suivi la tendance à une forte hausse des prix du marché mondial du pétrole et du charbon. Mais dans les Pays de la Communauté producteurs de charbon, des interventions gouvernementales conjuguées à des mesures d'aides ont empêché une hausse trop rapide et trop forte des prix.

IMPORTATION DE HOUILLE EN PROVENANCE DES PAYS TIERS

La Communauté, dès le début, a couvert une partie de ses besoins de charbon surtout dans les régions côtières par des importations. Toutefois, elle n'a jamais importé de grandes quantités de coke. L'élasticité des importations à court terme a été particulièrement grande au cours des premières années d'existence de la C.E.C.A., mais même durant la crise du pétrole, le marché mondial du charbon a encore fait preuve d'une grande faculté d'adaptation.

Dans l'intérêt d'une plus grande sécurité d'approvisionnement, non seulement les sources d'approvisionnement ont été diversifiées, mais encore les relations entre les importateurs et les fournisseurs du marché mondial se sont resserrées et sont devenues plus durables. Des contrats à long terme ont été complétés par la conclusion d'accords particuliers de coopération entre certains Etats membres et la Pologne et, dans les années 1970, par un nombre croissant de « joint-ventures ». L'industrie sidérurgique a d'abord été la seule à prendre de telles participations dans les Pays tiers, mais elle a été par la suite rejointe par des sociétés d'exploitation minières françaises, allemandes et britanniques.

Au point de vue qualitatif, la structure des importations s'est tout d'abord modifiée au profit du charbon à coke, du fait du transfert des sidérurgies vers les côtes.

werd de geboekte kostenstijging in de jaren zeventig des te meer opgemerkt als gevolg van de sterke stijging van de lonen en de prijs van de mijnuitrusting, terwijl het rendement stagneerde.

Sedert de oprichting van de E.G.K.S. zijn de ontvangsten van de steenkolenijverheid, op enkele uitzonderingen na, praktisch nooit voldoende geweest om de kosten te dekken.

In het begin was dit hoofdzakelijk een gevolg van de lage-prijzenpolitiek die door de regeringen werd toegepast. Vervolgens konden, door de in 1958-1959 op de markt heersende toestand, de prijzen nog slechts in geringe mate worden verhoogd.

Toen de toestand praktisch onhoudbaar dreigde te worden voor de steenkolenmijnen, hebben de Hoge Autoriteit en de Raad in 1963/64 een communautair stelsel voor hulp aan de steenkolenijverheid gecreëerd om zwaardere gevolgen te voorkomen op sociaal vlak en voor de bevoorradingsveiligheid. Na 1973 heeft de communautaire steenkool weliswaar de tendens tot een sterke stijging van de prijzen gevolgd op de wereldmarkt van aardolie en steenkool, maar in de steenkoolproducerende landen van de Gemeenschap hebben overheidsinterventies, gepaard gaande met hulpmaatregelen, een te snelle en te sterke prijsstijging verhinderd.

INVOER VAN STEENKOOL UIT ANDERE LANDEN

Vanaf het begin heeft de Gemeenschap een gedeelte van zijn steenkoolbehoeften gedekt door invoer, vooral in de kuststreken. Zij heeft echter nooit grote hoeveelheden cokes ingevoerd. De elasticiteit van de invoer op korte termijn is bijzonder groot geweest tijdens de eerste jaren van het bestaan van de E.G.K.S., maar zelfs gedurende de aardoliecrisis heeft de wereldmarkt voor steenkool nog blijk gegeven van een groot aanpassingsvermogen.

In het belang van een grotere bevoorradingszekerheid werden niet alleen de bevoorradingsbronnen gediversifieerd maar zijn ook de relaties tussen de invoerders en de leveranciers op de wereldmarkt nauwer en duurzamer geworden. Overeenkomsten op lange termijn werden aangevuld met het sluiten van bijzondere samenwerkingsakkoorden tussen bepaalde Lidstaten en Polen en door een toenemend aantal « joint-ventures » in de jaren 1970. De ijzer- en staalijverheid was eerst de enige om dergelijke participaties te nemen in de andere landen maar vervolgens sloten zich Franse, Duitse en Britse mijnbouwmaatschappijen bij haar aan.

Op kwalitatief gebied werd de invoerstructuur aanvankelijk gewijzigd ten voordele van de cokeskool door het overhevelen van de ijzer- en staalindustrie naar de kuststreken.

A partir de 73/74, la part du charbon pour les centrales électriques a recommencé à augmenter. Il a certes supplanté le fuel, conformément à l'esprit de la nouvelle stratégie énergétique, mais sans guère laisser de chances au charbon communautaire, de prix plus élevé. Avec quelque 20 millions de tonnes chacun, le charbon à coke et le charbon vapeur représentaient au total, en 1976, environ 90 % des importations dans la Communauté.

ECHANGES INTRACOMMUNAUTAIRES

Il ne fait aucun doute que la suppression des entraves aux échanges entre les Pays membres a favorisé les échanges intracommunautaires de charbon. Il est vrai qu'en raison des influences d'autres facteurs tels que la situation conjoncturelle, il n'est guère possible de mesurer exactement l'effet de cette libéralisation ; mais il suffit pour l'apprécier de constater que, sans que le volume des échanges ait beaucoup changé en chiffres absolus, le pourcentage de production qu'il représentait n'a cessé d'augmenter.

C'est surtout dans les régions frontalières, où l'on pouvait profiter des avantages des coûts de transport offerts par des bassins situés de l'autre côté de la frontière, que l'intégration a eu des effets particulièrement sensibles. C'est ainsi qu'après 1953, les bassins d'Aix-la-Chapelle et du Limbourg ont assuré l'approvisionnement des régions étrangères voisines dans des proportions beaucoup plus importantes.

Le fait le plus marquant de l'évolution intervenue au cours de ces 25 années est que les échanges intracommunautaires ont été nettement axés sur le charbon à coke et le coke allemand, qui représentent actuellement les deux-tiers du volume global de ces échanges, contre 40 % avant l'ouverture du Marché Commun. Au cours d'une longue période d'adaptation structurelle, le soutien de la politique économique des gouvernements et de la Communauté a ainsi permis de conserver à l'industrie sidérurgique une source d'approvisionnement importante pour la poursuite de son développement.

ACTIVITES DE LA HAUTE AUTORITE PENDANT LA PERIODE DE DEMARRAGE (1953/57)

Vingt-cinq ans de marché commun du charbon représentent un épisode de l'histoire économique en majeure partie caractérisée par le « déclin du charbon », la fermeture de quelque 400 mines dans la Communauté des Six et la perte de plus de 700.000 emplois. Les problèmes d'adaptation et de

Vanaf 73/74 is het aandeel van de steenkool voor de elektrische centrales terug beginnen te stijgen. Hij heeft inderdaad de stookolie vervangen overeenkomstig de bedoeling van het nieuwe energiebeleid maar zonder de minste kans te laten aan de communautaire steenkool, die duurder is. Met elk ongeveer 20 miljoen ton vertegenwoordigden de cokeskool en de ketelkool in 1976 in totaal ongeveer 90 % van de invoer in de Gemeenschap.

HANDEL BINNEN DE GEMEENSCHAP

De opheffing van de handelsbelemmeringen tussen de Lidstaten heeft ongetwijfeld de steenkoolhandel binnen de Gemeenschap bevorderd. Wegens de invloed van andere factoren zoals de conjuncturele toestand is het weliswaar nauwelijks mogelijk nauwkeurig de weerslag van die opheffing na te gaan ; maar hiervoor volstaat het vast te stellen dat, zonder dat het handelsvolume in absolute cijfers veel veranderde, het productiepercentage dat het vertegenwoordigde voortdurend toegenomen is.

Het was vooral in de grensgebieden, waar men kan gebruik maken van de voordelen inzake transportkosten die werden aangeboden door de bekkens gelegen aan de overkant van de grens, dat de integratie een bijzonder gevoelige weerslag had. Zo hebben de bekkens van Aken en Limburg na 1953 in veel belangrijkere mate de bevoorrading verzorgd van de naburige buitenlandse gebieden.

Het meest opvallende feit van de evolutie die zich tijdens de afgelopen vijftientig jaar voordeed is dat de handel binnen de Gemeenschap duidelijk gericht was op de cokeskolen en de Duitse cokes die momenteel twee derde van het globaal volume van die handel vertegenwoordigen, tegenover 40 % vóór de oprichting van de Euromarkt. Tijdens een lange structurele aanpassingsperiode heeft de steun van het economisch beleid van de regeringen en van de Gemeenschap het zodoende mogelijk gemaakt voor de ijzer- en staalnijverheid een belangrijke bevoorradingsbron te behouden voor het voortzetten van haar ontwikkeling.

WERKZAAMHEDEN VAN DE HOGE AUTORITEIT TIJDENS DE AANVANGSPERIODE (1953/57)

Vijftientig jaar gemeenschappelijke steenkoolmarkt vertegenwoordigen een episode van de economische geschiedenis die hoofdzakelijk is gekenmerkt door het « verval van de steenkool », het sluiten van ongeveer 400 mijnen in de Gemeenschap der Zes en het verlies van meer dan 700.000

réadaptation constituent le premier défi que les institutions de la Communauté européenne du Charbon et de l'Acier ont eu à relever.

Cependant, il ne faudrait pas oublier que l'on avait initialement confié à la Haute Autorité de la C.E.C.A. d'autres tâches. Il y avait tout d'abord, au premier plan, la réalisation du Marché commun et son fonctionnement. Il ne s'agissait pas seulement de supprimer les entraves aux échanges entre Etats membres, mais également d'intensifier d'une façon générale la concurrence dans le secteur strictement réglementé du charbon, qui était encore en partie marqué par l'économie de guerre. Dans ses décisions concernant la publication des prix (art. 60), les ententes (art. 65) et les concentrations (art. 66), la Haute Autorité s'est toujours laissé guider par l'idée que l'on ne pouvait dans ce secteur éliminer complètement la structure oligopolistique de l'offre et que la seule chose que l'on pouvait faire était de renforcer la concurrence.

En 1956/57, une crise d'approvisionnement énergétique en grande partie provoquée par des éléments extra-économiques donna à la Communauté des Six, encore bien jeune, la première grande occasion de faire ses preuves. Sans s'en tenir strictement à la lettre du Traité, tous les intéressés (producteurs de charbon, utilisateurs de charbon et gouvernements) établirent conjointement, sous la direction de la Haute Autorité, des plans de fournitures qui empêchèrent que ne se produisent des solutions de continuité dans l'approvisionnement et qu'on ne puisse se livrer à des discriminations dans la couverture des besoins.

LA COMMUNAUTE ET LA CRISE CHARBONNIERE (1958/73)

Pendant la longue période d'« adaptation vers le bas » que l'on a connue à partir de 1958, la collaboration n'a plus atteint la même intensité. Un coup d'œil rétrospectif permet d'affirmer que la séance du Conseil du 14 mai 1959 constitue le véritable tournant. Les Ministres ont alors refusé de donner l'avis conforme nécessaire pour mettre en œuvre le plan de crise établi par la Haute Autorité conformément à l'article 58 du Traité C.E.C.A.

Il était devenu évident que les moyens prévus par le Traité C.E.C.A. ne permettaient plus à eux seuls de résoudre les problèmes résultant pour le charbon communautaire de la percée du pétrole, celui-ci étant désormais soumis aux règles moins strictes de concurrence du Traité C.E.E. Dans le cadre de ses propositions d'adaptation du Traité à une situation modifiée, la Haute Autorité ne remporta de succès que

arbeitsplaatsen. De aanpassings- en wederaanpassingsproblemen vormen de eerste uitdaging die de Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal heeft moeten beantwoorden.

Men moet echter niet vergeten dat in het begin andere taken waren toevertrouwd aan de Hoge Autoriteit van de E.G.K.S. Eerst en vooral stond de verwezenlijking van de Euromarkt en zijn werking op het voorplan. Het ging niet enkel om het afschaffen van de handelsbelemmeringen tussen de Lidstaten, maar ook om het algemeen intensifiëren van de concurrentie in de streng gereguleerde steenkolensector die nog gedeeltelijk gekenmerkt was door de oorlogseconomie. Bij haar beslissingen betreffende de publikatie van de prijzen (art. 60), de overeenkomsten (art. 65) en de concentraties (art. 66), heeft de Hoge Autoriteit zich laten leiden door de idee dat men in die sector de oligopolide structuur van het aanbod niet volledig zou kunnen uitschakelen en dat het enige dat zou kunnen worden gedaan het verscherpen van de concurrentie was.

In 1956/57 gaf de energiebevoorradingcrisis die hoofdzakelijk veroorzaakt werd door niet-economische elementen, de eerste grote kans aan de nog tamelijk jonge Gemeenschap der Zes om haar bekwaamheid te tonen. Zonder zich strikt te houden aan de letter van het Verdrag stelden de belanghebbenden (steenkoolproducenten, steenkoolgebruikers en regeringen) onder de leiding van de Hoge Autoriteit gezamenlijk leveringsplannen op die verhinderden dat zich onderbrekingen in de continuïteit van de bevoorrading zouden voordoen en dat men aan discriminatie zou doen bij het voorzien in de behoeften.

DE GEMEENSCHAP EN DE STEENKOLENCRISIS (1958/73)

Gedurende de lange periode van « aanpassing naar beneden toe » die men vanaf 1958 heeft gekend, heeft de samenwerking niet meer dezelfde intensiteit bereikt. Door een blik in het verleden kan worden bevestigd dat de vergadering van de Raad op 14 mei 1959 het werkelijke keerpunt vormt. De Ministers hebben toen geweigerd het overeenkomstig advies te geven dat nodig was om het crisisplan uit te voeren dat was opgesteld door de Hoge Autoriteit overeenkomstig artikel 58 van het E.G.K.S.-Verdrag.

Het was duidelijk geworden dat alleen met de middelen die door het E.G.K.S.-Verdrag waren voorzien het niet meer mogelijk was de problemen voor de communautaire steenkool op te lossen die voortvloeiden uit de doorbraak van de aardolie, aangezien die voortaan aan de minder strenge concurrentiere-

dans le domaine social, avec la révision de l'article 56. A partir de ce moment, par conséquent, on constate que les décisions de politique charbonnière ont de nouveau été prises, le plus souvent au niveau national.

Cela ne signifie pas que l'on ne s'était pas déjà rendu compte que, contrairement à ce qui avait été le cas au début des années 50, la politique charbonnière ne devait plus désormais être comprise que comme un élément de politique énergétique globale. Sur cette voie, les obstacles, réels ou supposés, étaient toutefois énormes : disparité des dispositions des Traités européens relatives aux sources d'énergie, fixation dans les différents pays de priorités de politique énergétique différentes, suivant la structure des approvisionnements ou la forme d'organisation du secteur de l'énergie, etc. Il a ainsi fallu attendre jusqu'en 1964 que les gouvernements se mettent pour la première fois d'accord, dans le « Protocole d'accord relatif aux problèmes énergétiques », sur une liste des objectifs d'une politique énergétique commune.

Ce protocole a notamment ouvert la voie des aides à l'industrie houillère, c'est-à-dire pour pouvoir prendre des mesures qui, en principe, n'étaient pas compatibles avec l'interdiction des subventions énoncées à l'article 4 du Traité C.E.C.A. Deux décisions de la Haute Autorité créèrent la base juridique de régimes d'aides qui, sous une forme modifiée, sont encore en vigueur à l'heure actuelle. La décision n° 3/65 régissait les subventions nationales et les soumettait à un contrôle de la Haute Autorité/Commission. La décision n° 1/67 créait, pour l'approvisionnement de l'industrie sidérurgique, un régime particulier d'aides au charbon à coke auquel la Communauté participe depuis lors sur le plan financier et qui allait en particulier revêtir une importance décisive pour le maintien en activité des mines allemandes de charbon à coke.

*NOUVELLES LIGNES DIRECTRICES
DE LA POLITIQUE ENERGETIQUE
COMMUNAUTAIRE
(à partir de 1974)*

Bien que les signes avant-coureurs d'un bouleversement sur la scène énergétique se soient multipliés au début des années 70, c'est seulement après les événements dramatiques de 1973/74 que les décisions du Conseil en matière de politique énergétique firent une plus grande place à la sécurité de l'approvisionnement. La Commission ayant proposé, dans ses « Orientations à moyen terme pour le Charbon 1975-1985 », le maintien d'une production communautaire de 250 millions de tec, ce tonnage indi-

gels van het EEG-Verdrag was onderworpen. In het kader van haar voorstellen tot aanpassing van het Verdrag aan een gewijzigde situatie behaalde de Hoge Autoriteit enkel succes op sociaal vlak met de herziening van artikel 56. Vanaf dat ogenblik stelt men bijgevolg vast dat de beslissingen inzake steenkoolbeleid opnieuw voor het merendeel werden genomen op nationaal vlak.

Dit betekent niet dat men nog niet beseftte dat, in tegenstelling tot wat het geval was geweest in het begin van de jaren vijftig, het steenkoolbeleid voortaan nog slechts moest worden opgevat als een element van het globale energiebeleid. In die zin waren de werkelijke of veronderstelde hindernissen echter enorm groot : uiteenlopend karakter van de bepalingen van de Europese verdragen inzake energiebronnen, bepaling van verschillende prioriteiten inzake energiebeleid in de onderscheiden landen, volgens de bevoorradingsstructuren of de organisatievorm van de energiesector, enz. Zo moest worden gewacht tot in 1964 voordat de regeringen het voor de eerste maal, in het « Protocolakkoord inzake energieproblemen », eens werden over een lijst van doelstellingen inzake een gemeenschappelijk energiebeleid.

Dit protocol heeft namelijk de weg gebaad voor de hulp aan de steenkoolindustrie, d.i. voor het treffen van maatregelen die eigenlijk niet in overeenstemming waren met het verbieden van de toelagen vermeld in artikel 4 van het E.G.K.S.-Verdrag. Twee beslissingen van de Hoge Autoriteit vormden de juridische basis van de stelsels van steunverlening die, in een gewijzigde vorm, momenteel nog van kracht zijn. Beslissing nr. 3/65 regelde de nationale toelagen en onderwierp ze aan een controle van de Hoge Autoriteit/Commissie. Beslissing nr. 1/67 richtte voor de bevoorrading van de ijzer- en staalnijverheid een bijzonder stelsel van steunverlening aan de cokeskool op, waaraan de Gemeenschap sedertdien deelneemt op financieel vlak en dat in het bijzonder van beslissend belang ging zijn om de Duitse cokeskoolmijnen in werking te houden.

*NIEUWE RICHTLIJNEN VAN HET
COMMUNAUTAIRE ENERGIEBELEID
(vanaf 1974)*

Hoewel de voortekenen van een omkering op het vlak van de energie talrijker werden in het begin van de jaren zeventig, besteedden de beslissingen van de Raad inzake energiebeleid pas na de dramatische gebeurtenissen van 1973/74 meer aandacht aan de veiligheid van bevoorrading. Aangezien de Commissie in zijn « Oriëntaties op middellange termijn voor de Steenkool 1975-1985 » had voorgesteld een communautaire produktie van 250 miljoen t SKE te behouden, heeft dit indicatief aantal ton de goed-

catif a reçu l'approbation du Conseil qui a toutefois ajouté « dans des conditions économiquement satisfaisantes ». Les possibilités d'interprétation de cette formule ne semblent pas encore épuisées...

En vue de la réalisation de cet objectif, la Commission a élaboré des propositions concrètes d'aides visant à promouvoir les ventes et de mesures d'encadrement pour le financement des stocks sur le carreau des mines et la surveillance des importations. Ce n'est que partiellement et en des termes atténués que ces propositions ont reçu l'accord du Conseil. Le Conseil a notamment approuvé la prolongation jusqu'en 1981 du régime communautaire du charbon à coke et l'amélioration du système d'information concernant les importations de charbon pour centrales électriques. Dans la situation actuelle, caractérisée par un excédent de l'offre d'énergie, on ne voit pas encore se dessiner un large consensus sur des mesures communautaires qui iraient plus loin en faveur du charbon. Pendant ce temps, la production ne se rapproche pas, bien au contraire, de l'objectif fixé. Il est vrai que la Commission continue à utiliser les moyens d'action directement prévus par le Traité C.E.C.A., tels qu'octroi de prêts aux investissements (art. 54), promotion de la recherche technique intéressant le charbon (art. 55) et l'octroi d'aides de réadaptation aux travailleurs de l'industrie extractive (art. 56), mais le problème crucial de la place que la houille indigène doit occuper sur le marché, plus exactement, dans l'approvisionnement des centrales électriques, n'est toujours pas résolu. La houille présente l'avantage (que l'on ne saurait guère attribuer à une autre source d'énergie) d'être disponible dans la Communauté, et c'est là un argument qui, en dépit de tous les problèmes de coût, ne devrait pas perdre de son importance dans une économie hautement industrialisée, tout au moins dans un avenir prévisible.

keuring gekregen van de Raad die daar evenwel « in bevredigende economische omstandigheden » heeft toegevoegd. De mogelijkheden van interpretatie van die formule schijnen nog niet uitgeput te zijn...

Met het oog op het verwezenlijken van die doelstelling heeft de Commissie concrete voorstellen tot steun voorbereid met het doel de verkoop te bevorderen en tot het nemen van bepaalde omkaderingsmaatregelen voor de financiering van de voorraden op de mijnterreinen en voor het toezicht op de invoer. Die voorstellen hebben slechts gedeeltelijk en in verzachte termen het akkoord van de Raad gekregen. De Raad stemde namelijk in met de verlenging van het communautair cokeskoolstelsel tot in 1981 en met het verbeteren van het informatiesysteem inzake de invoer van steenkool voor elektrische centrales.

In de huidige situatie, die gekenmerkt is door een overdadig energie-aanbod, ziet men zich nog geen brede consensus aftekenen inzake communautaire maatregelen die verder zouden gaan ten gunste van de steenkool. Ondertussen benadert de productie niet het gestelde doel, integendeel. De Commissie gaat weliswaar voort met actiemiddelen te gebruiken die rechtstreeks zijn voorzien door het E.G.K.S.-Verdrag, zoals het toekennen van leningen voor investeringen (art. 54), bevordering van de technische onderzoeken betreffende de steenkool (art. 55) en de toekenning van steun inzake wederaanpassing voor de arbeiders van de extractieve nijverheden (art. 56), maar het cruciale probleem betreffende de plaats die de binnenlandse steenkool moet innemen op de markt, meer bepaald bij de bevoorrading van de elektrische centrales, is nog altijd niet opgelost. De steenkool biedt het voordeel (wat nauwelijks kan worden gezegd van een andere energiebron) beschikbaar te zijn binnen de Gemeenschap en dit is een argument dat, ondanks alle kostprijproblemen, zijn belang niet zou mogen verliezen in een hoog geïndustrialiseerde economie, tenminste niet in een nabije toekomst.

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

MINISTERIE VAN EKONOMISCHE ZAKEN

ADMINISTRATION DES MINES

ADMINISTRATIE VAN HET MIJNWEZEN

**Statistique sommaire de l'exploitation charbonnière,
des cokeries, des fabriques d'agglomérés
et aperçu du marché des combustibles solides en 1977**

**Beknopte statistiek van de kolenwinning,
de cokes- en de agglomeratenfabrieken
en overzicht van de markt van de vaste brandstoffen in 1977**

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 1977.

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 1977.

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.

TABLE DES MATIERES

INHOUD

	Page		Bladzijde
Introduction.	615	Woord vooraf.	615
Chapitre I. — L'Industrie charbonnière belge.	617	Hoofdstuk I. — De Belgische kolenindustrie.	617
1. — Production et stocks de houille.	617	1. — Kolenproduktie en -voorraad.	617
2. — Le personnel.	620	2. — Personeel.	620
2.1. Effectifs.	620	2.1. Personeelsbestand.	620
2.2. Productivité.	621	2.2. Produktiviteit.	621
22.1. Rendements.	621	22.1. Rendementen.	621
22.2. Indices	621	22.2. Indices.	621
2.3. Durée du travail.	626	2.3. Arbeidsduur.	626
2.4. Salaires.	627	2.4. Lonen.	627
3. — Prix des charbons.	629	3. — De kolenprijzen.	629
4. — Résultats.	630	4. — Uitslagen.	630
Chapitre II. — Les cokeries.	634	Hoofdstuk II. — Cokesfabrieken.	634
1. Production.	634	1. Produktie.	634
2. Prix.	634	2. Prijzen.	634
Chapitre III. — Les fabriques d'agglomérés	635	Hoofdstuk III. — Kolenagglomeratenfabrieken.	635
1. Production.	635	1. Produktie.	635
2. Prix.	635	2. Prijzen.	635
Chapitre IV. — Le marché des combustibles solides.	636	Hoofdstuk IV. — De markt van vaste brandstoffen.	636

CHAPITRE I

HOOFDSTUK I

L'INDUSTRIE CHARBONNIERE BELGE

DE BELGISCHE KOLENNIJVERHEID

Section I — Production et stocks de houille

Afdeling I — Kolenproduktie en -voorraden

A la fin de 1977, la Belgique ne comptait plus que 4 concessions actives de mines de houille exploitées par 10 sièges d'extraction.

Einde 1977 waren in België nog slechts 4 kolenmijnkoncessies in bedrijf, die door 10 winningszetels werden ontgonnen.

La production charbonnière belge, qui depuis 1958 n'a cessé de décroître, a encore diminué durant l'année écoulée, notamment à la suite de la fermeture du siège de Tergnée de la S.A. du Charbonnage d'Aiseau-Presle le 31 mars 1977 et du siège de Cheratte de la S.A. des Charbonnages du Hasard le 31 octobre 1977.

De Belgische kolenproduktie, die sedert 1958 aan het afnemen is, is in de loop van verleden jaar nog verminderd, o.m. door de sluiting van de zetel Tergnée van de N.V. Charbonnage d'Aiseau-Presle op 31 maart 1977 en van de zetel Cheratte van de N.V. Charbonnages du Hasard op 31 oktober 1977.

La production des mines de houille belges, qui était en 1957 encore de 29.001.330 tonnes, est tombée en 1977 à 7.068.041 tonnes.

De produktie van de Belgische kolenmijnen, die in 1957 nog 29.001.330 ton bedroeg, is in 1977 tot 7.068.041 ton geslonken.

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

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

TABLEAU 1

TABEL 1

EVOLUTION DE LA PRODUCTION NETTE DE HOUILLE DE 1957 A 1977

NETTOPRODUKTIE VAN KOLEN VAN 1957 TOT 1977

ANNEE JAAR	SUD — ZUIDEN		NORD - NOORDEN		ROYAUME - 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
1977	795 741	4	6 272 300	61	7 068 041	24

Le tableau 2 donne les productions mensuelles de 1977 ainsi que la production annuelle totale.

In tabel 2 is de produktie van 1977 per maand en voor heel het jaar aangeduid

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

(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 2 PRODUCTIONS MENSUELLES ET ANNUELLE DE HOUILLE 1977				TABEL 2 MAANDELIJKSE EN JAARLIJKSE STEENKOLEN- PRODUKTIE	
MOIS	Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk	MAANDEN	
I	93 044	558 956	652 000	. . . . .	I
II	78 443	557 692	636 135	. . . . .	II
III	90 677	628 693	719 370	. . . . .	III
IV	79 144	567 911	647 055	. . . . .	IV
V	70 553	511 297	581 850	. . . . .	V
VI	75 309	569 756	645 065	. . . . .	VI
VII	22 401	328 333	350 734	. . . . .	VII
VIII	48 576	454 603	503 179	. . . . .	VIII
IX	64 668	471 924	536 592	. . . . .	IX
X	53 006	512 594	565 600	. . . . .	X
XI	59 270	548 159	607 429	. . . . .	XI
XII	60 650	562 382	623 032	. . . . .	XII
Total 1977	795 741	6 272 300	7 068 041	Totaal 1977	
Pourcentage de la production du Royaume	11,26 %	88,74 %	100 %	Percentage van de produktie van het Rijk	

La comparaison des chiffres de 1977 à ceux de 1976 (tableau 3) montre que la production du bassin du Nord s'est accrue de 160.000 tonnes.

Dans le Sud la production a baissé de 330.000 tonnes.

Als we de cijfers van 1977 met die van 1976 vergelijken (tabel 3), zien we dat de produktie van het Noorderbekken met 160.000 gestegen is.

In het Zuiden is de produktie met 330.000 ton verminderd.

TABLEAU 3
COMPARAISON DES PRODUCTIONS
ANNUELLES EN 1976 ET 1977

TABEL 3
VERGELIJKING TUSSEN DE PRODUKTIE
VAN 1976 EN DIE VAN 1977

	Production de 1976 Produktie in 1976	Production de 1977 Produktie in 1977	Différence Verschil	%	
Sud	1 126	726	— 330	— 29,3	Zuiden
Nord	6 112	6 272	+ 160	+ 2,6	Noorden
Royaume	7 238	7 068	— 170	— 2,3	Het Rijk

1000 t

TABLEAU 4
EVOLUTION MENSUELLE DES STOCKS
DE HOUILLE

en tonnes

TABEL 4
DE STEENKOLENVOORRADEN PER MAAND
AANGEDUID

ton

DATE DATUM	Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk	Mouvement du mois Verschil per maand
1977				
1 - I	54 785	1 065 041	1 119 826	
31 - I	55 362	1 168 879	1 224 241	+ 104 415
28 - II	59 897	1 172 708	1 232 605	+ 8 364
31 - III	65 058	1 252 321	1 317 379	+ 84 774
30 - IV	69 106	1 266 267	1 335 373	+ 17 994
31 - V	70 985	1 227 369	1 298 354	- 37 019
30 - VI	69 050	1 268 526	1 337 576	+ 39 222
31 - VII	62 654	1 112 329	1 174 983	- 162 593
31 - VIII	64 279	969 203	1 033 482	- 141 501
30 - IX	67 447	783 711	851 158	- 182 324
31 - X	67 567	699 527	767 094	- 84 064
30 - XI	66 594	651 865	718 461	- 48 633
31 - XII	61 926	657 621	719 547	+ 1 086
Mouv. de l'année				
Verschil op 31 december	+ 7 141	- 407 420	- 400 279	-

Au point de vue des stocks, l'exercice se clôture avec une diminution de 400.279 tonnes. En 1976, l'augmentation était de 313.656 tonnes. La diminution des stocks est attribuée à la consommation accrue de charbon dans les centrales électriques qui ont reconverti leurs unités pour brûler le charbon de Campine non écoulé vers le secteur de la sidérurgie. De plus, les centrales électriques au charbon, qui étaient considérées comme centrales de réserves, sont à présent considérées comme centrales de base, c'est-à-dire, qu'elles fonctionnent à 95 % de leur capacité.

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

De kolenvoorraden op de mijnen zijn in de loop van 1977 met 400.279 ton afgenomen. In 1976 was er een stijging van 313.656 ton. De daling van de voorraden is het gevolg van het toenemend gebruik van kolen in de elektrische centrales die terug omgebouwd zijn om de Kempense kolen te verbruiken die niet door de staalindustrie worden afgenomen. Bovendien worden de met kolen gestookte elektrische centrales, die als reserve-eenheden beschouwd werden, nu als basiseenheden beschouwd, d.w.z. dat ze op 95 % van hun vermogen werken.

In tabel 5 is het verloop van de voorraden in de loop van de jongste zes jaren in produktiedagen aangeduid.

TABLEAU 5
EQUIVALENT DES STOCKS EN JOURNEES
DE PRODUCTION AU 31 DECEMBRE
DE 1972 A 1977

Jours

TABEL 5
DE VOORRADEN OP 31 DECEMBER VAN
1972 TOT 1977 IN PRODUKTIEDAGEN
UITGEDRUKT

Dagen

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
Sud	8,8	8,9	14,7	12,5	11,6	17,9	Zuiden
Nord	11,7	3,5	4,7	29,6	43,3	25,6	Noorden
Royaume	10,8	5,1	7,2	26,0	38,1	24,4	Het Rijk

Section II — Le personnel

2.1. — Effectifs

Le tableau 6.1 donne les effectifs ouvriers au 31 décembre 1977, en répartissant les travailleurs entre belges et étrangers.

TABLEAU 6.1
PERSONNEL INSCRIT FIN 1977

	SUD ZUIDEN	NORD NOORDEN	ROYAUME HET RIJK	
FOND :				ONDERGROND :
Belges	511	7 142	7 653	Belgen
Etrangers	2 423	7 605	10 028	Gastarbeiders
TOTAL	2 934	14 747	17 681	TOTAAL
SURFACE :				BOVENGROND :
Belges	817	3 692	4 509	Belgen
Etrangers	314	171	485	Gastarbeiders
TOTAL	1 131	3 863	4 994	TOTAAL
FOND + SURFACE :				ONDER + BOVENGROND :
Belges	1 328	10 834	12 162	Belgen
Etrangers	2 737	7 776	10 513	Gastarbeiders
TOTAL	4 065	18 610	22 675	TOTAAL

Au niveau du Royaume, le nombre d'ouvriers inscrits au fond et à la surface a diminué de 2.017 unités en 1977, passant de 24.692 à 22.675. Le nombre d'ouvriers du fond atteint 17.681, en diminution de 1.473 unités par rapport à 1976. A la surface (4.994 inscrits), on note une diminution de 544 unités.

Pour l'ensemble des bassins du Sud le nombre d'ouvriers inscrits au fond et à la surface a diminué de 1.726 unités, passant de 5.791 à 4.065. La diminution est de 1.325 unités au fond et de 401 à la surface.

Dans le bassin du Nord le nombre d'ouvriers inscrits au fond et à la surface a diminué de 291 unités (18.610 contre 18.901 fin 1976). On note une baisse de 148 unités au fond et une baisse de 143 unités à la surface.

Le personnel occupé dans les mines de houille est composé pour la moitié environ de travailleurs qui n'ont pas la nationalité belge.

Au niveau du Royaume les étrangers représentent 56,72 % des ouvriers du fond. Dans le Sud cette proportion est de 82,58 %, tandis qu'elle est de 51,57 % dans le Nord.

Par contre, dans les installations de surface, le pourcentage de belges est plus élevé : 90,27 % au niveau du Royaume, 72,23 % dans le Sud et 95,57 % dans le Nord.

Afdeling II — Personeel

2.1. — Personeelsbestand

In tabel 6.1 is het werkliedenbestand op 31 december 1977 aangeduid; de arbeiders zijn verdeeld in Belgen en gastarbeiders.

TABEL 6.1
INGESCHREVEN PERSONEEL EINDE 1977

	SUD ZUIDEN	NORD NOORDEN	ROYAUME HET RIJK	
FOND :				ONDERGROND :
Belges	511	7 142	7 653	Belgen
Etrangers	2 423	7 605	10 028	Gastarbeiders
TOTAL	2 934	14 747	17 681	TOTAAL
SURFACE :				BOVENGROND :
Belges	817	3 692	4 509	Belgen
Etrangers	314	171	485	Gastarbeiders
TOTAL	1 131	3 863	4 994	TOTAAL
FOND + SURFACE :				ONDER + BOVENGROND :
Belges	1 328	10 834	12 162	Belgen
Etrangers	2 737	7 776	10 513	Gastarbeiders
TOTAL	4 065	18 610	22 675	TOTAAL

Voor heel het Rijk is het aantal ingeschreven ondergrondse en bovengrondse arbeiders met 2.017 verminderd in 1977, nl. van 24.692 naar 22.675. Voor de ondergrond waren 17.681 arbeiders ingeschreven, d.i. 1.473 minder dan einde 1976. Op de bovengrond (4.994 ingeschrevenen) waren er 544 minder.

In de Zuiderbekkens is het aantal ingeschreven ondergrondse en bovengrondse arbeiders met 1.726 verminderd, nl. van 5.791 naar 4.065. Voor de ondergrond waren er 1.325 minder en op de bovengrond 401.

In het Noorderbekken is het aantal ingeschreven ondergrondse en bovengrondse arbeiders met 291 afgenomen in 1977 (18.610 tegen 18.901 einde 1976). Voor de ondergrond is er een daling van 148 arbeiders, voor de bovengrond een daling van 143 arbeiders.

Ongeveer 46 % van de arbeiders die in de kolenmijnen werken zijn niet van Belgische nationaliteit.

Voor heel het Rijk zijn 56,72 % van de ondergrondse mijnwerkers gastarbeiders. In het Zuiden is dat 82,58 %, in het Noorden 51,57 %.

Bij de bovengrondse arbeiders zijn de Belgen sterker vertegenwoordigd : 90,27 % voor heel het land, 72,23 % in het Zuiden en 95,57 % in het Noorden.

2.2. — La productivité

2.2. — Produktiviteit

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. À partir du 1^{er} janvier 1976, la durée du travail des ouvriers de surface a été réduite d'un 1/4 d'heure par jour avec maintien du même salaire.

Le tableau 6.2 donne pour les années 1976 et 1977 les rendements obtenus par les ouvriers de la taille, par ceux du fond et par ceux du fond et de la surface réunis.

Le rendement moyen par poste réel n'a pas été calculé pour le Royaume: la durée différente des postes de travail dans les deux grandes régions du pays lui enlevait beaucoup de sa signification.

Ce tableau montre que les rendements sont pratiquement inchangés dans le Sud. Par contre, dans le Nord, la situation s'est améliorée.

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. Sinds 1 januari 1976 is de arbeidsduur voor de bovengrondse arbeiders met een kwartier per dag verminderd, met behoud van hetzelfde loon.

In tabel 6.2 zijn de rendementen van de pijlarbeiders, de ondergrondse arbeiders en de ondergrondse en bovengrondse arbeiders samen voor de jaren 1976 en 1977 aangeduid.

Het gemiddeld rendement per werkelijke arbeidsdienst wordt voor heel het Rijk niet meer berekend, omdat het door het bestaan van arbeidsdiensten van ongelijke duur in de twee grote gewesten van het land veel van zijn betekenis verloren heeft.

Uit deze tabel blijkt dat de rendementen gedaald zijn in het Zuiden. In het Noorden zijn ze daarentegen licht gestegen.

TABLEAU 6.2
RENDEMENTS MOYENS

TABEL 6.2
GEMIDDELDE RENDEMENTEN

kg/poste	Ouvriers de la taille (y compris maîtrise et surveillance)		Ouvriers du fond (y compris maîtrise et surveillance)		Ouvriers du fond et de la surface réunis (y compris maîtrise et surveillance)		kg/dienst
	Pijlarbeiders (inbegrepen meester- en toezichtspersoneel)	Ondergrondse arbeiders (inbegrepen meester- en toezichtspersoneel)	Ondergrondse en boven- grondse arbeiders samen (inbegrepen meester- en toezichtspersoneel)				
	1976	1977	1976	1977	1976	1977	
Sud	4 276	4 228	1 641	2 465	1 747	1 859	Zuiden
Nord	10 211	11 081	2 335	2 465	1 747	1 859	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 1^{er} janvier 1976, les postes de travail dont il est question sont des postes réels,

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

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 l'ensemble des bassins 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.

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 al de Zuiderbekkens samen en voor het Noorden, de pijler-, de ondergrondse en de bovengrondse indices aangeduid in werkelijke diensten, waarvan de duur boven de kolommen vermeld is.

TABLEAU 7.1

EVOLUTION DES INDICES DE PRODUCTIVITE DE 1977 PAR RAPPORT A L'INDICE MOYEN DE 1976

NOMBRE DE POSTES DE TRAVAIL PRESTES PAR 100 TONNES NETTES DE HOUILLE EXTRAITE

SUD — ZUIDEN

TABEL 7.1

VERLOOP VAN DE PRODUCTIVITEITS-INDICES VAN 1977 IN VERHOUDING MET DE GEMIDDELDE INDICES VAN 1976

AANTAL ARBEIDSPOSTEN VOOR EEN NETTOPRODUCTIE VAN 100 T KOLEN

1977

MOIS MAANDEN	Ouvriers de la taille (postes de 8 h)		Autres ouvriers du fond (postes de 8 h)		Tous ouvriers du fond (postes de 8 h)		Ouvriers de la surface (postes de 8 h)		Tous ouvriers fond et surface (postes réels)	
	Pijlararbeiders (8 u diensten)		Andere ondergrondse arbeiders (8 u diensten)		Alle ondergrondse arbeiders (8 u diensten)		Bovengrondse arbeiders (8 u diensten)		Alle arbeiders onder- en bovengrond (werkelijke diensten)	
	(1)		(2)		(3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)	
	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +
Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	
I	22,32	— 1,01	36,27	+ 0,65	58,59	— 0,36	29,73	— 0,43	88,32	— 0,79
II	22,78	— 0,55	37,02	+ 1,40	59,80	+ 0,85	32,24	+ 2,08	92,04	+ 2,93
III	21,83	— 1,50	37,91	+ 2,29	59,74	+ 0,79	32,67	+ 2,51	92,41	+ 3,30
IV	21,95	— 1,38	37,25	+ 1,63	59,20	+ 0,25	32,21	+ 2,05	91,41	+ 2,30
V	23,05	— 0,28	39,92	+ 4,30	62,97	+ 4,02	34,56	+ 4,40	97,53	+ 8,42
VI	22,15	— 1,18	38,79	+ 3,17	60,94	+ 1,99	35,84	+ 5,68	96,78	+ 7,67
VII	18,26	— 5,07	39,17	+ 3,55	57,43	— 1,52	47,50	+ 17,34	104,93	+ 15,82
VIII	26,21	+ 2,88	45,88	+ 10,26	72,09	+ 13,14	49,40	+ 19,24	121,49	+ 32,38
IX	25,61	+ 2,28	40,76	+ 5,14	66,37	+ 7,42	38,89	+ 8,73	105,26	+ 16,15
X	27,96	+ 4,63	49,81	+ 14,19	77,77	+ 18,82	44,69	+ 14,53	122,46	+ 33,35
XI	26,04	+ 2,71	39,82	+ 4,20	65,86	+ 6,91	35,54	+ 5,38	101,40	+ 12,29
XII	26,09	+ 2,76	39,88	+ 4,26	65,97	+ 7,02	35,26	+ 5,10	101,23	+ 12,12
Moyenne annuelle 1977 Jaargemiddelde 1977	23,65	+ 0,32	39,68	+ 4,06	63,33	+ 4,38	35,85	+ 5,69	99,18	+ 10,07
Moyenne annuelle 1976 Jaargemiddelde 1976	23,33		35,62		58,95		30,16		89,11	

TABLEAU 7.2

TABEL 7.2

NORD — NOORDEN

1977

MOIS MAAND	Ouvriers de la taille (postes de 8 h 15)		Autres ouvriers du fond (postes de 8 h 15)		Tous ouvriers fond (postes de 8 h 15)		Ouvriers de la surface (postes de 8 h 15)		Tous ouvriers fond et surface (postes réels)	
	Pijlararbeiders (diensten van 8 u 15)		Andere ondergrondse arbeiders (diensten van 8 u 15)		Alle ondergrondse arbeiders (diensten van 8 u 15)		Bovengrondse arbeiders (diensten van 8 u 15)		Alle arbeiders onder- en bovengrond (werkelijke diensten)	
	(1)		(2)		(3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)	
	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +
	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +
I	9,05	— 0,74	31,33	— 1,71	40,38	— 2,45	13,05	— 1,35	53,43	— 3,80
II	8,67	— 1,12	31,04	— 2,00	39,71	— 3,12	12,65	— 1,75	52,36	— 4,87
III	8,52	— 1,27	30,94	— 2,10	39,46	— 3,37	12,73	— 1,67	52,19	— 5,04
IV	8,46	— 1,33	29,85	— 3,19	38,31	— 4,52	12,33	— 2,07	50,64	— 6,59
V	8,59	— 1,20	30,82	— 2,22	39,41	— 3,42	12,62	— 1,78	52,03	— 5,20
VI	8,93	— 0,86	31,55	— 1,49	40,48	— 2,35	13,21	— 1,19	53,69	— 3,54
VII	9,21	— 0,58	33,47	+ 0,43	42,68	— 0,15	15,89	+ 1,49	58,57	+ 1,34
VIII	9,13	— 0,66	33,39	+ 0,35	42,52	— 0,31	15,54	+ 1,14	58,06	+ 0,83
IX	9,85	— 0,06	34,72	+ 1,68	44,57	+ 1,62	15,44	+ 1,04	60,01	+ 2,66
X	9,80	+ 0,01	32,53	— 0,51	42,33	— 0,50	13,24	— 1,16	55,57	— 1,66
XI	9,31	— 0,48	31,17	— 1,87	40,48	— 2,35	12,44	— 1,96	52,92	— 4,31
XII	9,10	— 0,69	29,39	— 3,65	38,49	— 4,34	12,36	— 2,04	50,85	— 6,38
Moyenne annuelle 1977 Jaargemiddelde 1977	9,02	— 0,77	31,54	— 1,50	40,56	— 2,27	13,22	— 1,18	53,78	— 3,45
Moyenne annuelle 1976 Jaargemiddelde 1976	9,79		33,04		42,83		14,40		57,23	

Le tableau 7.3 donne en outre, à titre indicatif, pour le Royaume les mêmes indices exprimés en postes de 8 h. 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 h 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 h 15 est supérieure au produit de celle d'un poste réel de 8 h par 8,25/8.

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.

TABLEAU 7.3

TABEL 7.3

ROYAUME — HET RIJK

1977

Postes réels convertis en postes de 8 h — Werkelijke diensten in diensten van 8 uren omgerekend

MOIS MAANDEN	Ouvriers de la taille		Autres ouvriers du fond		Tous ouvriers fond		Ouvriers de la surface		Tous ouvriers fond et surface	
	Pijler- arbeiders		Andere onder- grondse arbeiders		Alle onder- grondse arbeiders		Bovengrondse arbeiders		Alle arbeiders onder- en bovengrond	
	(1)		(2)		(3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)	
	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +	Indices	Gain — ou perte +
	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +	Indices	Winst — of verlies +
I	11,17	— 0,99	32,84	— 1,73	44,01	— 2,72	15,77	— 1,83	59,78	— 4,55
II	10,64	— 1,52	32,58	— 1,99	43,22	— 3,51	15,41	— 2,19	58,63	— 5,70
III	10,42	— 1,74	32,62	— 1,95	43,04	— 3,69	15,59	— 2,01	58,63	— 5,70
IV	10,33	— 1,83	31,53	— 3,04	41,86	— 4,87	15,10	— 2,50	56,96	— 7,37
V	10,57	— 1,59	32,73	— 1,84	43,30	— 3,43	15,62	— 1,98	58,92	— 5,41
VI	10,71	— 1,45	33,23	— 1,34	43,94	— 2,79	16,20	— 1,40	60,14	— 4,19
VII	10,05	— 2,11	34,76	+ 0,19	44,81	— 1,92	18,37	+ 0,77	63,18	— 1,15
VIII	11,03	— 1,13	35,48	+ 0,91	46,51	— 0,22	19,25	— 1,21	65,76	— 1,43
IX	12,02	— 0,14	36,34	— 1,49	48,36	— 1,63	18,69	+ 1,04	67,05	+ 2,72
X	11,76	— 0,40	35,02	+ 0,45	46,78	+ 0,05	16,57	— 1,03	63,35	— 0,98
XI	11,19	— 0,97	32,85	— 1,72	44,04	— 2,69	15,04	— 2,56	59,08	— 5,25
XII	11,01	— 1,15	31,19	— 3,38	42,20	— 4,53	14,04	— 3,56	56,24	— 8,09
Moyenne annuelle 1977 Jaargemiddelde 1977	10,91	— 1,25	33,28	— 1,29	44,19	— 2,54	16,13	— 1,47	60,32	— 4,01
Moyenne annuelle 1976 Jaargemiddelde 1976	12,16		34,57		46,73		17,60		64,33	

Dans le Sud, l'indice global moyen marque une dégradation. Par contre, l'indice s'améliore au Nord.

Au niveau du Royaume, les indices généraux exprimés en postes de huit heures marquent une évolution favorable.

In het Zuiden is de totale index toegenomen. In het Noorden wordt daarentegen een verbetering vastgesteld.

Voor heel het Rijk verlopen de algemene indices, in diensten van acht uren omgerekend, in gunstige zin.

Les graphiques ci-dessous expriment d'une manière plus parlante l'évolution mise en évidence par les tableaux 7.1 et 7.2.

Het verloop dat in de tabellen 7.1 en 7.2 weergegeven wordt, komt nog duidelijker tot uiting in onderstaande grafieken.

EVOLUTION DES INDICES MENSUELS DE PRODUCTIVITE EN 1977 PAR RAPPORT A L'INDICE MOYEN ANNUEL CORRESPONDANT DE 1976

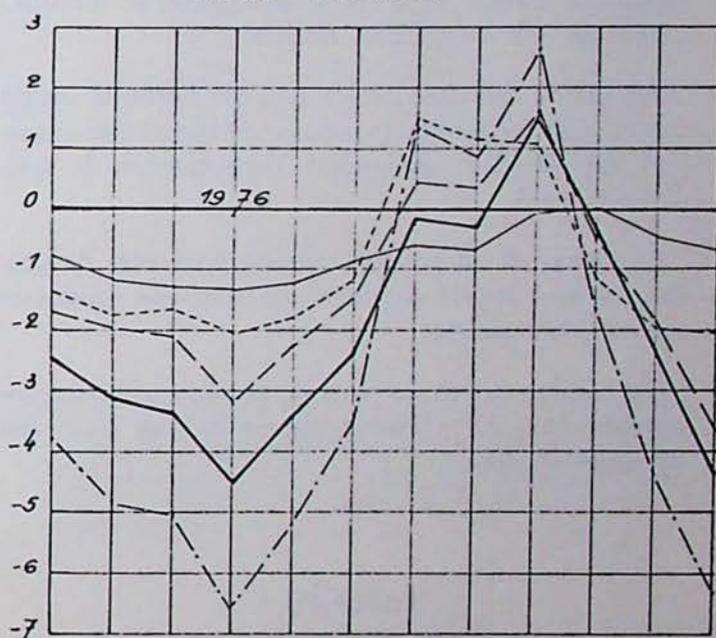
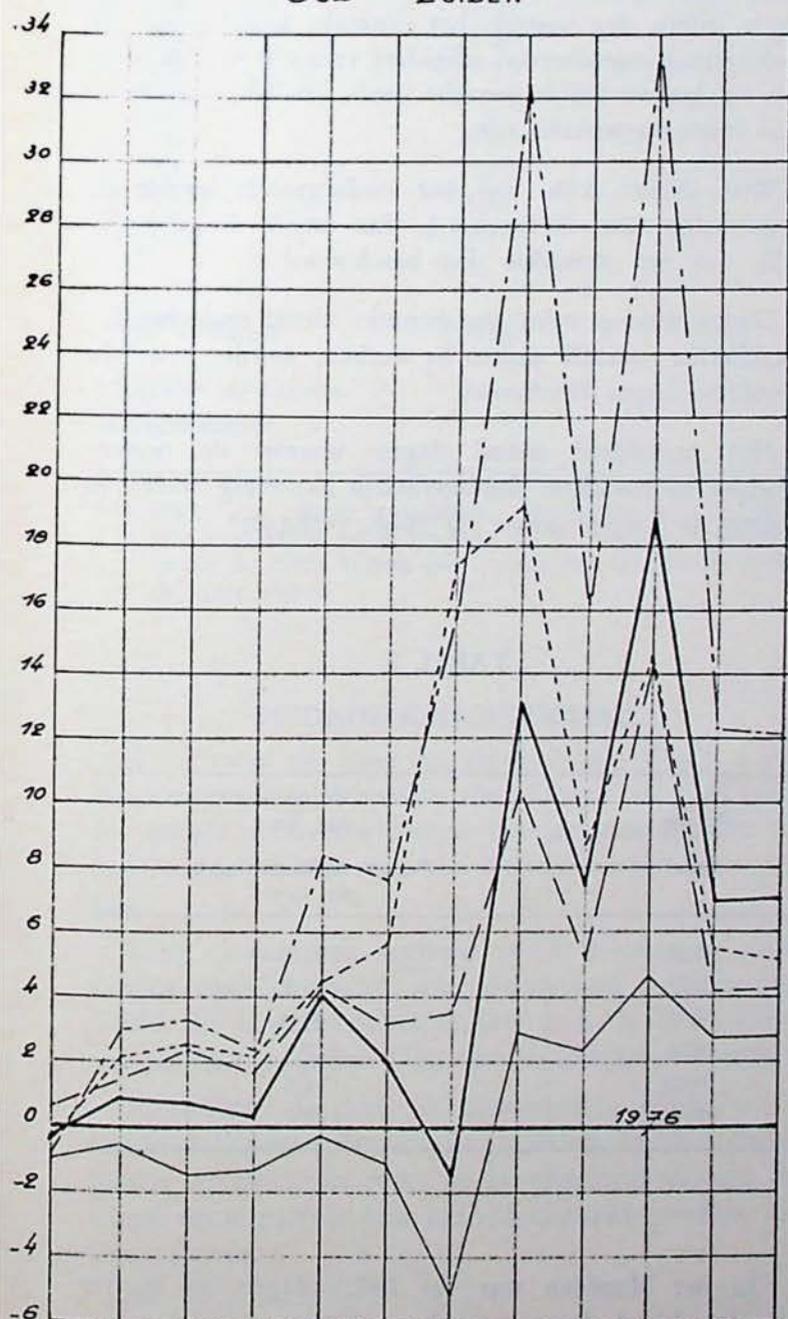
VERLOOP VAN DE MAANDELIJKSE PRODUCTIVITEITSINDICES IN 1977 IN VERGELIJKING MET DE OVEREENKOMSTIGE GEMIDDELDE JAARINDEX VAN 1976

Postes gérés en plus ou moins par 100 t. nettes extraites.

Meer of minder diensten verricht per 100 t. nettoproductie.

SUD - ZUIDEN

NORD - NOORDEN



I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

- Ouvriers de la taille ——— Pijlararbeiders
- Autres ouvriers du fond - - - - - Andere ondergrondse arbeiders
- Total fond ——— Totaal ondergrond
- Ouvriers de la surface - - - - - Bovengrondse arbeiders
- Ensemble des ouvriers - - - - - Alle arbeiders

I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

2.3. — Durée du travail

A partir du 1^{er} 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.

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
JOURS DE PRESENCE

Année Jaar	Jours de présence par an Aanwezigheidsdagen per jaar
1957	230,0
1960	190,0
1962	201,2
1964	206,5
1966	192,8

Ce nombre moyen est de 180,5 dans le Nord et de 140,4 dans le Sud.

Le lecteur trouvera plus de détails à ce sujet dans les « Aspects techniques de l'Industrie charbonnière belge en 1977 », étude qui sera publiée ultérieurement.

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 arbeidsdag 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 Zanderbekken (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.

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
AANWEZIGHEIDSDAGEN

Année Jaar	Jours de présence par an Aanwezigheidsdagen per jaar
1968	191,0
1970	174,8
1972	183,4
1974	177,1
1976	174,5
1977	172,7

In het Noorden was dat 180,5 dagen en in het Zuiden 140,4 dagen.

Meer bijzonderheden hierover zullen later in de « Technische kenmerken van de Belgische kolenontginning in 1977 » gepubliceerd worden.

TABLEAU 9

NOMBRE DE JOURS OUVRES ET PRODUCTION
MOYENNE EN TONNES PAR JOUR OUVRE

TABEL 9

AANTAL GEWERKTE DAGEN EN GEMIDDELDE
PRODUKTIE IN TON PER GEWERKTE DAG

1977

MOIS MAAND	Sud		Nord		Royaume	
	Jours ouverts	Prod. Journ.	Jours ouverts	Prod. Journ.	Jours ouverts	Prod. Journ.
	Gewerkte dagen	Dag. Prod.	Gewerkte dagen	Dag. Prod.	Gewerkte dagen	Dag. Prod.
	Zuiden		Noorden		Het Rijk	
1977 I	20,28	4 588	20,00	27 947	20,06	32 502
II	17,88	4 387	19,88	28 053	19,45	32 706
III	21,80	4 159	23,00	27 334	22,76	31 607
IV	19,86	3 985	20,00	28 395	19,97	32 401
V	19,00	3 713	18,03	28 358	18,22	31 935
VI	22,00	3 423	22,00	25 898	22,00	29 321
VII	7,12	3 146	16,82	19 520	14,92	23 492
VIII	21,22	2 289	22,00	20 633	21,85	23 029
IX	21,84	2 956	21,88	21 569	21,87	24 536
X	19,89	2 963	23,00	25 629	19,64	28 798
XI	20,00	2 964	20,18	27 163	20,15	30 130
XII	20,86	2 917	20,17	27 882	20,27	30 736
Total - Totaal	229,68	3 464	243,96	25 710	241,16	29 309

Moyenne de l'année
Jaargemiddelde

(*) 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.

(*) 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.

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.

Cette circonstance explique que le nombre de jours ouvrés dans ce bassin soit notablement supérieur en juillet au nombre correspondant pour le Sud (16,82 contre 7,12), comme l'indique le tableau 9 ci-dessus.

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

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.

Dit verklaart waarom het aantal gewerkte dagen in juli in het Noorden veel hoger ligt dan in het Zuiden (16,82 tegen 7,12), zoals uit bovenstaande tabel 9 blijkt.

Elders 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 bezoldi-

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 l'accord de « programmation sociale 1977 » et 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 1977 une nouvelle augmentation nominale importante (+ 8,9 % toutes catégories réunies et pour le Royaume).

ging 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, naar gelang van de arbeidsregeling die in het beschouwde bekken van kracht is.

In tabel 10 zijn de gemiddelde brutolonen per dag van de houwers, 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 weer een belangrijke nominale stijging meegeeft (+ 8,9 % voor alle categorieën arbeiders samen in heel het Rijk), dankzij de sociale programmatieovereenkomst 1977 en de overeenkomst van 30 december 1970 betreffende de koppeling van de lonen aan het indexcijfer van de consumptieprijzen.

TABLEAU 10

SALAIRES JOURNALIERS MOYENS BRUTS

en F

	Ouvriers à veine	Ouvriers du fond (ouvr. à veine compris)	Ouvriers de la surface	Ouvriers de toutes catégories (fond et surface)
	Kolenhouwers	Ondergrondse arbeiders (houwers inbegrepen)	Bovengrondse arbeiders	Alle categorieën arbeid (onder- en bovengrond)
Sud — Zuiden	2 516,63	2 072,88	1 391,34	1 835,56
Nord — Noorden	2 229,82	1 933,59	1 534,57	1 837,22
Royaume — Het Rijk	2 280,50	1 956,05	1 499,65	1 836,92

Le tableau 11 donne pour chaque région le salaire brut par tonne nette extraite.

In tabel 11 is voor ieder streek het brutoloon per netto gewonnen ton aangeduid.

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 1976		
	1976	1977	Verschil ten opzichte van 1976		
Sud	1 469,16	1 692,35	+ 223,19	+ 15,20 %	Zuiden
Nord	934,40	960,82	+ 26,42	+ 2,83 %	Noorden
Royaume	1 017,58	1 043,18	+ 25,60	+ 2,52 %	Het Rijk

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 1977.

On y constatera que le salaire brut moyen par tonne extraite poursuit le mouvement ascensionnel portant pour 1977 le salaire brut à la tonne à 264 % de son niveau de 1957 et de près de 1.043,18 F.

Aan de hand van tabel 12 kan het verloop van dat brutoloon per netto gewonnen ton van 1957 tot 1977 gevolgd worden.

Men ziet dat het gemiddeld brutoloon per gewonnen ton toegenomen is en nu bijna 1.043,18 F per ton bedraagt, d.i. 264 % van het bedrag van 1957.

TABLEAU 12

SALAIRE BRUTS PAR TONNE NETTE
EXTRAITE DE 1957 A 1977

TABEL 12

VERLOOP VAN DE BRUTOLONEN PER
NETTO GEWONNEN TON VAN 1957 TOT 1977

	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
1961	346,68	78	264,00	88	309,78	79
1963	389,89	87	295,12	98	345,34	88
1965	437,79	98	333,89	111	386,83	98
1967	452,55	101	332,95	111	388,09	98
1969	516,33	116	341,06	113	409,90	104
1971	613,80	137	421,40	140	485,44	123
1973	830,11	186	569,64	189	645,35	164
1975	1 266,55	284	884,37	294	961,38	244
1976	1 469,16	329	934,40	311	1 017,58	258
1977	1 692,36	379	960,82	319	1 043,18	264

3. — Prix des charbons

En 1977, il y a un nouveau barème des prix de vente des charbons (Barème soumis à l'approbation de la Commission des Communautés européennes en application de l'article 60, alinéa 2, du Traité de Paris).

Les prix de quelques qualités caractéristiques sont reproduits au tableau 13 ci-dessous, tels qu'ils résultent du barème n° 42 applicable au 1^{er} janvier 1977.

Il ne faut pas perdre de vue que les prix départementaux indiqués dans ce tableau sont pour certaines catégories et spécialement pour les anthracites calibrés, affectés par certains producteurs de primes de qualité qui sont de 25 à 125 F/t selon le producteur.

3. — De kolenprijzen

In 1977 is er één nieuwe prijenschaal 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.

De prijzen van enkele typische kwaliteiten zijn in onderstaande tabel 13 aangeduid. Het zijn de prijzen van de prijenschaal nr. 42, die sedert 1 januari 1977 van kracht is.

Opgemerkt zij, dat de in deze tabel vermelde prijzen « af mijn » door sommige producenten voor bepaalde categorieën en speciaal voor gekalibreerde antraciet, verhoogd worden met kwaliteitspremiën, die van 25 tot 125 F/t kunnen bedragen, naar gelang van de producent.

TABLEAU 13
 PRIX DES CHARBONS
 A PARTIR DU 1^{er} JANVIER 1977

Sortes Soorten	Teneurs - Gehalte		Gras B Vetk. B	Gras A Vetk. A	½ Gras ½ Vetk.	Maigres et anthracites b Magerk. en antraciet b	Anthracite Hainaut Antrac. Henegouwen	Anthracite Liège Antrac. Luik
	as as	eau water						
Schlamms Kolenslik	30	20			—	1 204	1 204	1 204
Foussiers bruts Ongewassen stofkolen	30	7	1 433	1 433	—	1 453	1 453	1 453
Fines lavées Gewassen fijnkolen	10	7 (1) - 7	2 374 2 392	2 446 2 482 2 500	—	1 950 2 060	1 950 2 060	1 950 2 060
6/12	4-8	5 (2) - 6 5-7 (3)	2 450	—	—	2 520 2 250	2 520 2 250	2 520 2 250
12/22	4-8	5	—	—	—	3 275	3 350	3 440
18/30-20/30	5-7	5	2 450	2 500	—	—	—	—
18/30-20/30	4-8	5	—	—	—	3 350	3 450	3 550
30/50	5-7	5	2 450	2 500	—	—	—	—
	4-8	5	—	—	—	3 160	3 160	3 210

- (1) 7 seulement pour les gras A et B du Nord.
 (2) 5 seulement pour les gras A du Nord.
 (3) 5-7 seulement pour les gras A du Nord.

4. — Résultats

Si l'on compare les résultats obtenus par les houillères belges en 1977 à ceux des années antérieures, on note une nouvelle aggravation sensible de la situation économique de l'industrie charbonnière dans le Sud et dans le Nord.

Le tableau 14 donne les résultats provisoires d'exploitation des mines de houille en 1977.

La valeur nette globale des charbons extraits en Belgique s'est élevée à 12.881.940.779 F, soit 1.823 F/tonne.

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;

TABEL 13
 KOLENPRIJZEN
 VANAF 1 JANUARI 1977

- (1) Slechts 7 voor vetkolen A en B uit het Noorden.
 (2) Slechts 5 voor vetkolen A uit het Noorden.
 (3) 5-7 voor vetkolen A uit het Noorden.

4. — Uitslagen

Als men de uitslagen van de Belgische kolenmijnen in 1977 met die van de vorige jaren vergelijkt, ziet men dat de economische toestand van de Belgische kolennijverheid weer merkkelijk verslechterd is in het Zuiden en in het Noorden.

In tabel 14 zijn de voorlopige bedrijfsuitslagen van de kolenmijnen in 1977 aangeduid.

De totale nettowaarde van de in België gewonnen kolen bedroeg 12.881.940.779 F, d.i. 1.823 F/ton.

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 afgeestane 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) la différence de prix sur exportation et les rabais d'alignement.

Ces chiffres ne tiennent pas compte de la valeur des schistes valorisés.

En 1976, d'après les mêmes données provisoires, la valeur moyenne correspondante avait été de 1.883 F/t ; on a donc enregistré d'une année à l'autre, un abaissement de la valeur moyenne à la tonne des charbons extraits : — 60 F/t.

En comparant cette valeur de la production, augmentée de la valeur 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 1.202,70 F/t pour l'ensemble des mines du pays, contre 812,76 et 1.025,26 F/t en 1975 et 1976 respectivement.

Les résultats d'exploitation, lourdement déficitaires, surtout dans les bassins du Sud, se traduisent pour l'ensemble par une perte égale à 66 % de la valeur

7) het verschil in prijs voor uitgevoerde kolen en de gelijkstellingskortingen.

Deze cijfers houden geen rekening met de waarde van de gevaloriseerde kolenschist.

In 1976 bedroeg de overeenkomstige gemiddelde waarde volgens dezelfde voorlopige gegevens 1.883 F/t ; de gemiddelde waarde per ton van de gewonnen kolen is dus met 60 F/t gedaald.

Wanneer men de waarde van de produktie, verhoogd met de waarde van de schist, met de totale uitgaven van het jaar vergelijkt, de vastleggingsuitgaven inbegrepen, bekomt men de bedrijfsuitslag, die voor alle mijnen samen neerkomt op een verlies van 1.202,70 F per ton, tegenover 812,76 F/t in 1975 en 1.025,26 F/t in 1976 en 1.202,70 F/t in 1977.

De bedrijfsuitslagen, die vooral in de Zuiderbekkens sterk negatief zijn, komen alles samen genomen neer op een verlies van 66 % van de waarde van de pro-

TABLEAU 14

Résultats provisoires de l'exploitation des mines de houille en 1977

		Sud Zuiden	Nord Noorden	Royaume Het Rijk		
Nombre de mines . . .		5	1	6 (1)		Aantal mijnen
Production nette . . .	t	795 741	6 272 300	7 068 041	t	Netto produktie
Valeur de vente de cette production . . .	F F/t	1 503 773 500 1 889,78	11 378 167 279 1 814,03	12 881 940 779 1 822,56	F F/t	Verkoopwaarde van deze produktie
Valeur des schistes . . .	F F/t	245 400 0,31	6 813 428 1,09	7 058 828 1,00	F F/t	Waarde van de kolenschist
Dépenses d'exploitation.	F F/t	3 955 785 600 4 971,20	17 226 038 379 2 746,37	21 181 823 979 2 996,85	F F/t	Bedrijfsuitgaven
Dépenses d'immobilisa- tion	F F/t	7 439 000 9,35	200 411 449 31,95	207 850 449 29,41	F F/t	Vastleggingsuitgaven
Résultats d'exploitation.	F F/t	— 2 459 205 700 — 3 090,46	— 6 041 469 121 — 963,00	— 8 500 674 821 — 1 202,70	F F/t	Bedrijfsuitslagen
Comptes de résultats (2)	F F/t	2 348 520 100 2 951,36	6 022 351 160 960,15	8 370 871 260 1 184,33	F F/t	Uitslagrekeningen (2)
Résultat final (3) . . .	F F/t	— 110 685 600 — 139,10	— 19 117 961 — 3,05	— 129 803 561 — 18,37	F F/t	Einduitslag (3)

TABEL 14

Voorlopige uitslagen van de ontginning van steenkolenmijnen in 1977

- (1) Voir section I.
 (2) Subsidies de l'État admis pour le calcul de la redevance proportionnelle aux propriétaires de surface et subsides d'exploitation.
 (3) Pour apprécier la portée réelle de ce « résultat final », le lecteur est prié de se reporter au texte.

- (1) Zie afdeling I.
 (2) Rijkstoelagen, die voor het berekenen van het evenredig mijnrecht voor de grondeigenaars in aanmerking genomen worden en exploitatietoelagen.
 (3) Om de juiste betekenis van deze « einduitslag » te beoordelen, wordt de lezer verzocht de tekst te raadplegen.

de la production. Ils ne sont supportables que dans la mesure où ils sont compensés par des subsides d'exploitation de l'Etat (— 8.500.674.821 F en 1976, soit — 1.202,70 F/t).

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.

Pour l'ensemble des mines du Royaume, il semble y avoir, selon ces règles particulières, une perte de 18,37 F/t alors qu'en 1976 elle conduisaient à une perte apparente de 61,08 F/t.

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 non 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 1977 plus de 8 milliards de francs (8.370.871.260 F).

dukten. Ze kunnen alleen gedragen worden in zoverre ze door rijkstoelagen gedekt worden (— 8.500.674.821 F in 1977 of — 1.202,70 F/t).

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 milderen. De administratieve raming van de bedrijfsuitslag geschiedt volgens de regelen die in de wetten en koninklijke besluiten betreffende 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, baksteenfabrieken, detailverkoop, enz.) of de afschrijvingen, de financiële inkomsten en lasten en andere posten die pocht worden niet tot de ontginning van de eigenlijke mijn te behoren, in aanmerking worden genomen.

Om de einduitslag van de mijnen te bekomen, dient men bij de bedrijfsuitslag de « uitslagrekeningen » te voegen, met name de rijkstoelagen.

Voor alle mijnen samen schijnt er volgens deze bijzondere regelen een verlies van 18,37 F/t te bestaan, dan wanneer ze in 1976 een schijnbaar verlies van 61,08 F/t opleverden.

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 onderstaande 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 meer dan 8 miljard frank (8.370.871.260 F) in 1977.

RESULTATS PROVISOIRES CORRIGES

VERBETERDE VOORLOPIGE UITSLAGEN

TABLEAU 14.1

TABEL 14.1

1977

F/t

	Résultat final suivant tableau 14	Subsides complémentaires Bijkomende toelagen voor				Autres charges Andere lasten			Résultat final corrigé	
	Einduitslag volgens tabel 14	d'amortissement afschrijvingen	pour charges financières financiële lasten	divers allerlei	total subs. complémentaires totaal bijk. toelagen	Résultats * financiers Financiële uitslagen *	Amortissements Afschrijvingen	Total charges Totaal andere lasten	Verbeterde einduitslag	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
Sud	— 139,10	—	+ 1,72	—	+ 1,72	— 4,05	— 66,89	— 70,94	⁼⁽¹⁾⁺⁽⁵⁾⁺⁽⁸⁾ — 208,32	Zuiden
Nord	— 3,05	—	+ 41,01	— 0,76	+ 40,25	— 41,01	— 38,33	— 79,34	— 42,14	Noorden
ROYAUME	— 18,37	—	+ 36,59	— 0,67	+ 35,92	— 36,85	— 41,54	— 78,39	— 60,84	HET RIJK

* Charges financières — revenus financiers.

* Financiële lasten — financiële inkomsten.

CHAPITRE II
LES COKERIES

1. — Production

Le tableau 15 donne les productions mensuelles et annuelle de coke en 1977 et à titre de comparaison les productions de quelques années antérieures.

Pour l'ensemble du Royaume, la production de coke a été de 5.568.703 tonnes, soit une diminution de 647.351 tonnes par rapport à 1976 (6.216.054). La diminution a été de 10,4 %.

Depuis le 1^{er} 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. En 1977, le prix du gros coke métallurgique est passé de 3.850 F/t fin 1976 à 4.000 F/t fin 1977.

Les cokeries sidérurgiques, productrices de plus de 98 % du tonnage global, ont livré en 1977 près de 95 % de leur coke aux entreprises sidérurgiques dans lesquelles elles sont le plus souvent intégrées.

TABLEAU 15
PRODUCTION DE COKE

Mois de 1977 Maanden van 1977	Production (t) Produktie (t)
I	465 299
II	452 134
III	505 125
IV	482 848
V	502 590
VI	469 538
VII	442 469
VIII	444 603
IX	456 069
X	443 462
XI	460 948
XII	443 618
Années — Jaren	
1977	5 568 703
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

HOOFDSTUK II
COKESFABRIEKEN

1. — Produktie

In tabel 15 is de cokesproduktie van 1977 per maand en voor heel het jaar aangeduid. Ter vergelijking is ook de jaarproduktie van de jongste jaren erin vermeld.

Voor heel het Rijk bedroeg de cokesproduktie 5.568.703 ton, d.i. 647.351 ton minder dan in 1976 (6.216.054 ton). Dit is een daling van 10,4 %.

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. In 1977 is de prijs van de hoogovenokes gestegen van gemiddeld 3.850 F/t einde 1976 tot 4.000 F/t einde 1977.

De cokesfabrieken van staalondernemingen, die meer dan 98 % van de totale produktie voortbrengen, hebben in 1977 haast 95 % van hun cokes geleverd aan de staalbedrijven waaraan zij meestal verbonden zijn.

TABEL 15
PRODUKTIE VAN COKES

CHAPITRE III
LES FABRIQUES D'AGGLOMERES

1. — Production

Les productions mensuelles et annuelle d'agglomérés de houille en 1977 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. Elle a subi en 1977 une nouvelle réduction, atteignant près de 14 % par rapport à 1976.

2. — Prix

Le prix des briquettes du type Marine est monté à 3.350 F/t en 1977.

Quant aux boulets, les prix sont restés inchangés dans le Hainaut : 2.600 F/t. Par contre, à Liège, le prix est monté à 2.800 F/t.

HOOFDSTUK III
KOLENAGGLOMERATENFABRIEKEN

1. — Produktie

In tabel 16 is de produktie van kolenagglomeraten voor iedere maand van 1977 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 1977 is ze weer zeer sterk gedaald (24 % minder dan in 1976).

2. — Prijzen

De prijs van de briketten van het type « Marine » is in 1977 tot 3.350 F/t gestegen.

Voor de eierkolen zijn de prijzen niet veranderd in Henegouwen 2.600 F/t, maar wel in Luik : 2.800 F/t.

TABLEAU 16
PRODUCTION D'AGGLOMERES

TABEL 16
PRODUKTIE VAN KOLENAGGLOMERATEN

Mois de 1977 Maanden van 1977	Production (t) Produktie (t)
I	16 227
II	12 941
III	11 592
IV	9 920
V	8 890
VI	11 086
VII	209
VIII	4 610
IX	14 041
X	12 446
XI	10 796
XII	13 322
Années — Jaren	
1977	126 080
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 C.E.C.A., soit en provenance des pays tiers, de même que le lignite.

Par rapport à 1976, les importations de charbon ont diminué (— 10,98 %). Les importations de coke ont aussi diminué (— 39,88 %).

Les importations d'agglomérés, au contraire, ont augmenté de 27,17 %.

Le tableau 17 met en évidence l'évolution du marché charbonnier belge.

TABLEAU 17
ASPECT DU MARCHÉ CHARBONNIER BELGE
EN 1976 ET 1977

	1976			1977			
	Charbon Kolen	Agglomérés Agglomeraten	Cokes (1) Cokes (1)	Charbon Kolen	Agglomérés Agglomeraten	Cokes (1) Cokes (1)	
1. Production	7 238	166	6 216	7 068	126	5 569	1. Produktie
2. Importations	7 274	92	519	6 475	117	312	2. Invoer
3. Stocks au 1 ^{er} janvier							3. Voorraden op 1 januari
— producteurs	806	5	116	1 120	2	93	— producenten
— importateurs	24	—	—	25	—	3	— importeurs
4. Soldes des échanges	—	—	+ 2	+ 94	+ 1	— 1	4. Saldo van de uitwis.
5. Disponibilités	15 342	263	6 853	14 782	246	5 976	5. Beschikbaar
6. Consomm. propre des prod. et fournitures au personnel	582	100	16	510	92	12	6. Door de producenten zelf verbruikt en ge- leverd aan het pers.
7. Fournit. à l'intérieur	13 263	149	6 397	13 207	146	5 601	7. Leveringen in België
8. Exportations							8. Uitvoer
— produits belges	286	12	343	261	6	244	— Belgische prod.
— produits importés	66	—	1	62	—	—	— ingevoerde prod.
9. Stocks au 31 déc.							9. Voorraden op 31 dec.
— producteurs	1 120	2	93	720	2	119	— producenten
— importateurs	25	—	3	22	—	—	— importeurs

(1) Cette rubrique comprend le coke de four, le coke de gaz et le semi-coke de houille.

Le tableau 18 donne le détail des fournitures aux différents secteurs de consommation du marché intérieur. Le tableau mentionne aussi les livraisons toutes marginales, de briquettes de lignite importées.

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 E.G.K.S., hetzij uit derde landen, net als bruinkolen.

In vergelijking met 1976 is de invoer van kolen afgenomen (— 10,98 %). De invoer van cokes is eveneens gedaald (— 39,88 %).

Voor de kolenagglomeraten is de invoer daarentegen met 27,17 % toegenomen.

Tabel 17 geeft een overzicht van de Belgische kolenmarkt in de jaren 1976 en 1977.

TABEL 17
OVERZICHT VAN DE BELGISCHE
KOLENMARKT IN 1976 EN 1977

1000 t

(1) Deze rubriek omvat ovencookes, gascokes en kolenhalfcookes.

In tabel 18 zijn de leveringen aan de verschillende verbruikssectoren van de Belgische markt aangeduid. Ook de geringe leveringen van ingevoerde bruinkoolbriketten zijn in deze tabel vermeld.

TABLEAU 18

FOURNITURES AU MARCHÉ INTERIEUR

1977

Secteurs de consommation	Charbon	Agglomérés	Cokes	Lignites	Verbruikssectoren
	Kolen	Agglomeraten	Cokes	Bruinkool	
Cokeries	7 257	—	—	—	Cokesfabrieken
Fabriques d'agglomérés	81	—	—	—	Agglomeratenfabrieken
Centrales électriques	3 655	—	—	—	Elektrische centrales
Transports	9	—	—	—	Vervoer
Sidérurgie	147	8	5 359	—	Ijzer- en staalnijverheid
Industries diverses	556	3	225	—	Diverse nijverheidstakken
Foyers domest. et artisanat	1 502	135	17	22	Huisbrand en kleinbedrijf
Total	13 207	146	5 601	22	Totaal

TABEL 18

LEVERINGEN OP DE BINNENLANDSE MARKT

1000 t

Par rapport à l'année 1976, le marché intérieur belge a diminué ses achats de charbon de 56.000 tonnes.

Dans ce total interviennent :

les cokeries pour	— 1 212
les centrales électriques pour	+ 1 048
le secteur domestique et arti-	
sanal pour	— 71
et la sidérurgie pour	— 47
les industries diverses pour	+ 268
les fabriques d'agglomérés	
pour	— 42

In vergelijking met 1976 heeft de Belgische markt 56.000 ton kolen minder gekocht.

Dit cijfer wordt als volgt onder de verschillende sectoren verdeeld :

— 14,3 %	Cokesfabrieken
+ 40,2 %	Elektrische centrales
— 4,5 %	Huisbrand en kleinbedrijf
— 2,4 %	Ijzer- en staalnijverheid
+ 93,0 %	Diverse nijverheidstakken
— 34,1 %	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.

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 1 août 1966.

Les chiffres officiels de l'Union économique belgo-luxembourgeoise, établis par l'administration des douanes, seront donnés dans la statistique définitive.

La comparaison du commerce extérieur des charbons de 1977 avec celui de 1976 met en lumière :

— une diminution des importations (— 799.151 t, soit 10,98 %).

Ce mouvement affecte les importations communautaires et les importations en provenance de pays tiers dans les proportions respectives de 10,95 % et 11,02 %. Les importations d'autres combustibles solides (agglomérés, cokes, briquettes de lignite) ont subi des baisses de l'ordre de 29 %.

— une diminution des exportations de charbons (— 27.583 t, soit 7,8 %).

Les exportations de coke ont diminué de 98.601 t par rapport à 1976, et les exportations d'agglomérés ont diminué de 5.974 t.

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.

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 1 augustus 1966.

De officiële cijfers van de Belgisch-Luxemburgse Economische Unie, door het Tolbestuur opgemaakt, zullen in de definitieve statistiek gepubliceerd worden.

Als wij de buitenlandse handel in kolen van 1977 met die van 1976 vergelijken zien wij :

— dat de invoer afgenomen is (— 799.151 ton of 10,98 %).

De invoer uit E.G.K.S.-landen is met 10,95 % afgenomen en die uit derde landen met 11,02 %. De invoer van andere vaste brandstoffen (agglomeraten, cokes, bruinkoolbriquettes) is gedaald met nagenoeg 29 %.

— dat de invoer van kolen gedaald is (— 27.583 ton of 7,8 %).

De uitvoer van cokes is met 98.601 ton gedaald (— 28,75 %, die van de agglomeraten is met 5.974 t verminderd.

TABLEAU 19
IMPORTATIONS BELGES DE CHARBONS

TABEL 19
INVOER VAN STEENKOLEN IN BELGIE

1977

t

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	Herkomst
Allemagne Occidentale	1 234 843	56 874	107 602	94 466	1 508 696	105 999	—	3 108 480	West-Duitsland
France	72-120	—	50	—	—	—	—	72 170	Frankrijk
Royaume-Uni	119 872	6 778	—	2 914	1 852	3 470	—	134 886	Verenigd-Koninkrijk
Pays-Bas	—	2 680	—	—	—	—	—	2 680	Nederland
Pays de la C.E.C.A.	1 426 835	66 332	107 652	97 380	1 510 548	109 469	—	3 318 216	E.G.K.S.-landen
U.S.A.	—	2 943	—	17 455	1 405 780	—	—	1 426 178	U.S.A.
U.R.S.S.	231 895	—	—	—	5 126	32 145	—	269 166	U.S.S.R.
Pologne	—	—	—	—	384 193	210 292	—	594 485	Polen
Afrique du Sud	223 968	105 235	—	—	126 004	—	—	455 207	Zuid-Afrika
Australie	—	—	—	—	274 296	—	—	274 296	Australië
Canada	—	—	—	—	57 908	15 050	—	72 958	Canada
Divers	31 936	22 859	—	6 075	3 942	—	—	64 812	Allerlei
Pays tiers	487 799	131 037	—	23 530	2 257 249	257 497	—	3 157 112	Derde landen
Ensemble 1977	1 914 634	197 369	107 652	120 910	3 767 797	366 966	—	6 475 328	Samen 1977
1976	1 557 401	335 687	313 348	316 388	4 282 797	468 858	—	7 274 479	1976
1975	1 679 072	261 968	455 256	146 253	3 216 256	469 880	—	6 228 685	1975
1974	2 385 441	274 220	463 673	156 610	5 795 954	409 739	—	9 485 637	1974
Mouvement des stocks chez les importateurs	— 2 988	—	—	—	— 400	—	—	— 3 388	Beweging van de voorraden bij de invoerders
Écoulement									Afzet
1. Marché intérieur	1 855 220	197 369	107 652	120 910	3 768 197	366 966	—	6 416 314	1. Binnenlandse markt
2. Réexportation	62 402	—	—	—	—	—	—	62 402	2. Wederuitvoer

TABLEAU 20

IMPORTATIONS BELGES DE COKES, D'AGGLOMERES
ET DE LIGNITE

TABEL 20

INVOER VAN COKES, AGGLOMERATEN EN BRUINKOLEN
IN BELGIE

1977

t

Origines	Agglomérés de houille Steenkolenagglomeraten			Coke de four et semi-coke de houille Ovencokes en steenkolenhalfcokes			Coke de gaz Gascokes	Briquettes de lignite Bruinkool- briketten	Herkomst
	Boulets	Boulets défumés	Total	Coke métallurgique et de fonderie	Autres cokes	Total			
	Eierkolen	Rookloze eierkolen	Totaal	Metaal- en gietcokes	Andere cokes	Totaal			
Allemagne Occidentale	6.438	109 655	116 093	12 996	23 854	36 850	—	21 708	West-Duitsland
France	28	488	516	42 779	26 866	69 645	—	—	Frankrijk
Pays-Bas	—	—	—	94 281	85 300	179 581	—	—	Nederland
Royaume-Uni	—	574	574	1 803	13 535	15 338	—	—	Verenigd-Koninkrijk
Pays de la C.E.C.A.	6 466	110 717	117 183	151 859	149 555	301 414	—	21 708	E.G.K.S.-Landen
Pays tiers	—	—	—	—	10 415	10 445	—	266	Derde landen
Ensemble 1977	6 466	110 717	117 183	151 859	159 970	311 829	—	21 974	Samen 1977
1976	5 575	86 022	91 597	257 335	264 149	521 484	—	21 480	1976
1975	93 193	40 759	133 952	372 665	227 836	600 501	—	22 944	1975
1974	26 885	60 663	162 093	570 982	780 407	1 351 389	2 120	33 957	1974
Mouvement des stocks chez les importateurs	—	—	—	—	— 2 663	— 2663	—	—	Beweging van de voor- raden bij de invoer- ders
Écoulement									Afzet
1. Marché intérieur	6 466	110 636	117 102	151 856	162 474	314 330	—	21 974	1. Binnenlandse markt
2. Réexportation	—	81	81	3	159	162	—	—	2. Wederuitvoer

TABEL 21
EXPORTATIONS BELGES DE CHARBONS

1977

Destinations	CHARBONS BELGES — BELGISCHE KOLEN							Houille importée Ingevoerde kolen	Total Totaal	Bestemming
	Anthracite	Anthracite B et maigres	½ gras	¾ gras	Gras A	Gras B	Total			
	Antraciet	Antraciet B en magerkool	½ vetkool	¾ vetkool	Vetkool A	Vetkool B	Totaal			
Allemagne Occidentale	—	—	—	—	761	184 098	184 859	2 127	186 986	West-Duitsland
France	3 253	—	—	—	25	31 538	34 816	6 507	51 323	Frankrijk
Luxembourg	2 988	—	—	—	25	51*	3 064	41 231	44 295	Luxemburg
Pays-Bas	3 068	—	—	—	25	198	3 291	2 537	5 828	Nederland
Pays de la C.E.C.A.	9 309	—	—	—	836	215 885	266 030	62 402	288 432	E.G.K.S.-landen
Pays tiers	570	—	—	—	—	34 676	35 246	—	35 246	Derde landen
Ensemble 1977	9 879	—	—	—	836	250 561	261 276	62 402	323 678	Samen 1977
1976	21 543	5 335	—	—	10 293	248 515	285 686	65 575	351 261	1976
1975	18 966	16 321	—	—	24 578	283 489	343 354	55 104	398 458	1975
1974	28 962	34 960	—	—	22 979	297 189	384 090	65 767	449 857	1974

(*) 51 t Italie.
51 t Italië.

TABLEAU 22
EXPORTATIONS BELGES DE COKES ET AGGLOMERES

TABEL 22
UITVOER VAN COKES EN AGGLOMERATEN UIT BELGIE

1977

t

Destination	Agglomérés de houille Steenkolenagglomeraten			Coke de four et semi-coke de houille Ovencokes en steenkolenhalfcokes					Bestemming
	Briquettes Briketten	Boulets Eierkolen	Total Totaal	Coke de four belge Belgische ovencokes			Coke de four et semi-cokes de houille importés Ingevoerde ovencokes en steenko- lenhalfcokes	Total Totaal	
				Coke métallurgique et de fonderie Metaal- en gietcokes	Autres cokes Andere cokes	Total Totaal			
Allemagne occidentale . . .	—	—	—	2 683	18 176	20 859	159	21 018	West-Duitsland
France	570	3 995	4 565	56 775	65	56 840	—	56 840	Frankrijk
Luxembourg	—	—	—	113 574	5 113	118 687	—	118 687	Luxemburg
Pays-Bas	51	81*	132	7 152	—	7 152	—	7 152	Nederland
Pays de la C.E.C.A. . . .	621	4 076	4 697	180 184	23 354	203 538	159	203 697	E.G.K.S. landen
Pays tiers	1 030	—	1 030	39 220	1 714	40 934	3	40 937	Derde landen
Ensemble 1977	1 651	4 076	5 727	219 404	25 068	244 472	162	244 634	Samen 1977
1976	5 779	5 922	11 701	260 016	83 057	343 073	647	343 720	1976
1975	5 270	8 505	13 775	245 376	75 018	320 394	9 059	329 453	1975
1974	5 003	20 209	25 212	384 834	115 626	464 460	15 911	480 371	1974

(*) Dont 81 t d'agglomérés de houille importés.
Waaronder 81 t ingevoerde steenkolenagglomeraten.



Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

- a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet*, à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.
- b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet*, donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE — GISEMENTS PROSPECTION — SONDAGE

IND. A 30

Fiche n. 66.683

K. RATZ. Zum Forschungscharakter der Lagerstätten erkundung. *Concernant le caractère de la recherche dans l'exploration des gisements.* — **Berg- und Huttenmännische Monatshefte**, 1977, août, p. 315/320.

Comment conduire une recherche d'exploration de gisements. Recherche scientifique et économique pour une première production à titre d'essai : analogie entre science et production pour la recherche économique, analogie entre science et information pour la recherche scientifique, la production scientifique pour une économie utile. Critères pour la détermination des caractères de la recherche devant aboutir au projet. Les progrès techniques comme critère principal de la recherche économique. Le caractère de la recherche concernant l'exploration des gisements. Biblio. : 9 réf.

IND. A 250

Fiche n. 66.689

N.I. POGREBNOV, D.S. SAFRONOV et Coll. World coal basins, their regional tectonic position and commercial value. *Les bassins charbonniers dans le monde, leur position technique régionale et leur valeur économique.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques**, Moscou, 1977, Vol. 1, 17 p.

Etude de l'importance des bassins charbonniers et de leur valeur économique d'après la structure et l'origine. Les bassins en relation avec des avant-fosses adjacentes à des zones de plissement du Paléozoïque comme les Appalaches, La Ruhr... sont caractérisés par une structure relativement simple et renferment de nombreuses couches de charbon de bonne qualité. Les bassins situés dans des synclinaux ou dans des couvertures sédimentaires d'anciennes plates-formes comme les bassins du Michigan, de l'Illinois... renferment de nombreuses couches de charbon, mais de qualité un peu moins bonne que les premières. Les bassins dans les épiplates-formes oro-

gènes d'anciennes plates-formes comme les bassins de Big-Horn, Wind River... ont une valeur commerciale moindre. Les bassins des zones plissées sont en général plus petits et ont une structure compliquée.

B. ACCES AU GISEMENT METHODES D'EXPLOITATION

IND. B 54

Fiche n. 66.663

D. FODOR et R. SCHWEIGHOFFER. Possibilités d'exploitation de gisements de roches ornementales au moyen d'installations mobiles équipées de disques aux diamants. (Texte en roumain). — **Mine Petrol Gaze**, 1977, août, Vol. 28, p. 341/346, 7 fig.

Présentation d'installations mobiles équipées de disques aux diamants et permettant l'obtention directe de produits finis. Méthode d'exploitation de la carrière suite à la présence de ces installations. Possibilité d'application à l'exploitation d'un gisement de travertin. Biblio. : 4 réf. Résumé de la Revue.

IND. B 61

Fiche n. 66.703

P. LEDENT. Underground coal gasification. *Gazéification souterraine du charbon.* — IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques, Moscou, 1977, Vol 2, 24 p., 9 fig.

Suite aux récentes augmentations du prix du pétrole et à la diminution progressive des réserves de gaz naturel, un retour du charbon peut être prévu, accompagné d'une nouvelle percée des méthodes de gazéification. Deux voies sont possibles, la gazéification du charbon extrait et la gazéification « in situ ». Inconvénients de la gazéification à faible profondeur : pertes de gaz, interférences avec la nappe aquifère et limitation de la pression dans le générateur de gaz. A grande profondeur, ces difficultés seraient surmontées. La Belgique et la République Fédérale Allemande ont signé un accord de coopération dans le but de promouvoir l'industrialisation de la gazéification souterraine à grande profondeur et à haute pression. Trois phases sont envisagées : 1. Production d'un gaz pauvre pour l'alimentation d'une centrale électrique à cycle combiné : turbine à gaz + turbine à vapeur. 2. Production d'un gaz riche au moyen d'un mélange d'oxygène et de vapeur. 3. Hydrogazéification dans le but de produire directement du méthane. Analyse des coûts et avantages économiques de la gazéification à grande profondeur et à haute pression. Biblio. : 8 réf.

IND. B 426

Fiche n. 66.664

D. SCHMIDT. Versuche mit einer verfahrbaren schwebenden Arbeitsbühne zur Herstellung von

Überhauen in kleinen Querschnitt. *Essais d'un plancher de travail suspendu mobile pour le creusement de cheminées de sections transversales petites.* — **Erzmetall**, 1977, mai, p. 189/194, 10 fig.

Mise au point par la mine de plomb-zinc de Lüderich (RFA) d'un plancher de travail mobile métallique. Le gisement de 60° de pendage est exploité par la méthode des sous-étages foudroyés de 6 m de hauteur pour 60 m d'étage. Pour le creusement des cheminées en montant entre les galeries d'étages, emploi d'un plancher de travail mobile dont le déplacement est effectué par un trouil dont le câble passe dans un avant-trou de 193 mm de diamètre. Avantage aux points de vue sécurité et rendement. Prix de revient.

IND. B 510

Fiche n. 66.699

N.V. MELNIKOV. Open cut coal mining in the USSR - Techniques and economics. *L'exploitation de charbon à ciel ouvert en URSS. Technique et économie.* — IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques, Moscou, 1977. Vol. 2, 18 p., 9 tabl.

En URSS, environ 200 milliards de t de charbon sont exploitables à ciel ouvert. La plupart des gisements sont localisés dans le bassin de Kansk-Achinsk ; l'épaisseur de charbon varie de 10 à 90 m avec un rapport de découverte de 1 à 3,8 m³/t. Autres gisements. Evolution de 1950 à 1975 des exploitations à ciel ouvert : production, % de la production totale, nombre d'exploitation, volume des terres de couverture... Evolution vers des excavatrices rotatives, jusque 5000 m³/h, de manière à augmenter la productivité. Quelques renseignements sur la mise en valeur des gisements dont celui de Kafec dans le bassin de Kansk-Achinsk dont le charbon servira à l'alimentation de la plus grande centrale thermique du monde. Divers renseignements sur les foreuses, pelles mécaniques, draglines, excavatrices, sur les coûts de production, d'investissements...

IND. B 512

Fiche n. 66.700

K.J. BENECKE. Technology of bucket wheel excavators for very high production rates in open cast lignite mines in the Federal Republic of Germany. *Technologie des excavatrices à roue-pelle pour des productions très grandes dans les mines de lignite à ciel ouvert en R.F.A.* — IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques. Moscou, 1977, Vol. 2, 30 p., 7 fig., 2 tabl.

Jusqu'au début de 1950, les excavatrices roue-pelle avaient des débits de 20.000 m³/jour. Le développement des excavatrices de grande capacité a commencé en 1952 avec des débits de 40.000 m³/jour, ensuite 60.000 et 120.000 m³/jour. Une excavatrice de la 4^{ème} génération de 200.000 m³/jour a été mise en service à la mine Fortuna en janvier 1976 ; on prévoit dans cette 4^{ème} classe une excavatrice de 240.000 m³/jour. De l'excavatrice de 20.000 m³ à celle de 240.000 m³, le diamètre de la roue a triplé (7,5 m à 21,6 m), les hauteurs d'excavation sont passées de 20 à 50 m et le volume des godets de 0,6 à 6,4 m³. Tableau montrant l'évolution des caractéristiques techniques des différentes classes. Renseignements sur les divers composants : roue-pelle, bandes transporteuses, treuil de levée de la roue-pelle, superstructure, chenilles...

C. ABBATTAGE ET CHARGEMENT

IND. C 5

Fiche n. 66.697

A.E. GONTOV. Development of hydraulic coal mining in the Soviet Union. *Le développement de l'abattage hydraulique du charbon en Union Soviétique.* — **III^e Conférence Internationale de l'IASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 2, 10 p.

Historique de l'abattage hydraulique de charbon en URSS. Actuellement, 11 mines — dans les bassins du Donetz et de Kuznetz — utilisent ce procédé qui a été expérimenté au cours des 10 dernières années sous des conditions diverses d'ouverture de couche (0,9 à 20 m), de pente (5 à 80°), de dureté (tendre à très dur), de teneur en grisou du charbon et de tectonique. Généralités sur le matériel utilisé. Monographies de 2 mines, la « Yubileynaya » exploitant un gisement en plateaux et la « Krasnogorskaya » exploitant un gisement fortement penté (50 à 80°). Le rendement est 1,5 à 2 fois plus élevé que si l'abattage classique était employé et les coûts de production sont très faibles. Avantages de l'abattage hydraulique du charbon des points de vue rendement, sécurité, teneur en grisou, concentration en poussières, coûts de production...

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAIN — SOUTÈNEMENT

IND. D 59

Fiche n. 66.640

F. HENRICH. Die Verstärkung des Streckenausbaus durch Baustoffe. *Le renforcement du soutènement des galeries par des matériaux de construction.* — **Glückauf,** 1977, 3 novembre, n° 21, p. 1039/1043, 3 fig., 5 tabl.

Pour le renforcement du soutènement des galeries dans les charbonnages, on utilise de l'anhydrite naturelle et synthétique et des matériaux de construction avec du ciment comme liant. Composition et caractéristiques de ces matériaux. Procédés de mise en place : pneumatique et hydromécanique. Applications : épis de remblais le long des voies, injection et remplissage derrière les cadres. Résultats obtenus. Biblio. : 13 réf.

IND. D 221

Fiche n. 66.669

M. ARWANITAKIS et H. FAGERER. Konvergenzprognose für Gebirgshohlräume unter homogenen, zentraloxymmetrischen Verhältnissen nach G. Feder und Feder/Arwanitakis. *Prévisions des convergences dans les cavités souterraines dans des conditions homogènes et symétriques centralement.* — **Berg- und Hüttenmännische Monatshefte,** 1977, avril, p. 122/131, 1 fig., 13 tabl.

Etude théorique et calcul des convergences d'après l'ouvrage « La mécanique des roches des régions proches des cavités souterraines » des auteurs. On examine 3 situations de contraintes possibles pouvant se présenter à proximité des cavités : influence de la résistance du soutènement et des couches supérieures ; influence de divers paramètres dont le pendage de la couche ; influence du module de déformation. Exemples de calcul de cas pratiques. Biblio. : 7 réf.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. E 414

Fiche n. 66.655

P. H. EASTCOTT. Innovations in hoisting systems. *Nouveautés dans les systèmes d'extraction.* — **CIM Bulletin,** 1977, novembre, n° 787. Vol. 70, p. 76/87, 13 fig.

Conception des machines d'extraction Koepe multicâbles. Considération sur les tensions différentes dans les câbles. Conception d'un tambour par la Canadian General Electric : bonne rigidité et contraintes faibles dans les soudures. Les freins sont conçus de manière à obtenir une décélération douce — environ 2,70 m/s² — et la construction est basée sur 3 critères : fiabilité, simplicité, réglage facile. Freins à disques. Essais des freins. Utilisation d'un régulateur à circuits intégrés pour l'arrêt d'urgence. Détection des surtempératures lors du freinage. Egalisation des tensions dans les câbles. Usinage des gorges du tambour. Protection contre le glissement. Contrôle de la vitesse. Indicateurs de profondeur. Systèmes de communications. Dispositifs de contrôle de la marche de la machine. Dispositifs de contrôle de la charge des skips. Biblio. : 7 réf.

Cet article montre comment des économies importantes peuvent être réalisées sur les sources d'énergie primaire en associant la production d'énergie à une production de chaleur dans les centrales électriques. Les principes thermodynamiques sont présentés ainsi que les cycles thermiques employés. Biblio. : 25 réf.

O. VALORISATIONS DIVERSES ET INDUSTRIES CHIMIQUES DERIVEES DE L'INDUSTRIE CHARBONNIERE

IND. 0 0

Fiche n. 66.723.

W.L.G. MUIR. Optimising the use of coal resources. *La meilleure utilisation du charbon.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 5, 15 p., 3 tabl.

La nécessité de préserver les ressources énergétiques non renouvelables demande que le charbon soit employé le plus utilement possible. Les principales options sont : 1) usage classique (électricité, sidérurgie) ; 2) combustion en lit fluidisé ; 3) fabrication de combustibles synthétiques ou de produits chimiques. Critères qui déterminent l'utilisation optimale du charbon : conditions naturelles, nature du marché, considérations politiques et économiques. Finalement, on suggère que le charbon soit utilisé, à l'avenir, pour la fabrication des combustibles synthétiques et des produits chimiques. Biblio. : 12 réf.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE

IND. Q 6

Fiche n. 66.717

R.S. GREELEY. Environmental impacts of increased mining and use of coal in the US. *Impacts sur l'environnement suite à l'augmentation des exploitations et de l'utilisation du charbon.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 4, 18 p., 3 tabl.

Une caractéristique principale du plan national énergétique, publié par l'Administration Carter le 20 avril 1977, est le rôle accru du charbon dans l'approvisionnement en énergie des USA. De 600 Mio.t, la production devra passer à 1 milliard en 1985 et à 1,5 milliard en l'an 2000. Deux questions principales se posent suite à cette augmentation importante de la production houillère : 1. Quels sont les impacts sur l'environnement, économiques et sociologiques ? 2. Ces contraintes d'environnement économiques et sociologiques pourront-elles être surmontées, comment et quand ? Examen de ces 2 questions.

IND. Q 7

Fiche n. 66.721

A.K. ARSKY. Economic prospects for synfuel production from coal. *Perspectives économiques d'une production de combustibles synthétiques dérivés du charbon.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 5, 10 p., 1 tabl.

Les perspectives économiques d'une industrie de combustibles synthétiques dérivés du charbon sont en relations étroites avec la hausse des prix du pétrole. L'URSS, les USA et la Chine disposant d'abondantes ressources en charbon, ont les meilleures possibilités de développer une telle industrie. Durant la période de transition d'énergies fossiles vers les énergies non fossiles, le charbon peut devenir une des principales sources de production de combustibles propres, gazeux ou liquides. Le niveau actuel du prix du pétrole ne permet cependant pas le développement d'une industrie viable de combustibles synthétiques ; les coûts d'investissement sont trop élevés et beaucoup plus grands que ceux prévus il y a quelques années. Même à moyen terme — 1990 — le prix de ce combustible serait encore trop élevé par rapport au pétrole et au gaz naturel. Biblio. : 5 réf.

IND. Q 30

Fiche n. 66.676

E.H.E. GÄRTNER. Aktuelle Themen des Bergbaus. *Thèmes actuels de l'exploitation minière.* — **Glückauf,** 1977, 1er décembre, n° 23, p. 1122/1123.

Principaux thèmes présentés par l'auteur dans son exposé lors de la session de l'exploitation minière bavaroise du 6 octobre 1977 à Bad Reichenhall. La réforme du droit minier. L'exploitation minière en pays étranger est pleine de risque mais nécessaire. Principes fondamentaux pour une charte des matières premières.

IND. Q 30

Fiche n. 66.718

K.J. BRENDOW. Coal demand and supply in 1985 — An appraisal of the new coal policies in the ECE region. *Demande et approvisionnement en charbon en 1985 — Une appréciation des nouvelles politiques du charbon dans la région de l'ECE.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 5, 16 p., 1 tabl.

Examen des résultats d'une enquête réalisée durant les années 1976 et 1977 par le Comité du Charbon de la Commission Economique des Nations-Unies pour l'Europe, concernant les nouvelles politiques charbonnières élaborées par les gou-

vernements de l'ECE (Europe, y compris l'URSS plus l'Amérique du Nord) depuis 1973 et 1974. Le taux de croissance de la production et des approvisionnements augmentera de 3 à 4 fois entre 1973 et 1985 dans l'ECE. Analyse des différents facteurs déterminant le développement à moyen terme du charbon. Changements escomptés dans les tendances : demande de charbon et fourniture. Conséquences pour les politiques à long terme. Biblio. : 7 réf.

IND. Q 1100 Fiche n. 66.684

G.B. FETTWEIS. Besonderheiten der Bergbauforschung. *Particularités de la recherche dans l'exploitation minière.* — **Berg- und Hüttenmännische Monatshefte**, 1977, août, p. 321/335.

Appréciation de la recherche en général. Caractéristiques particulières de l'exploitation minière comme production première. Les tâches de la recherche dans l'industrie minière. Caractéristiques générales de la recherche dans l'industrie minière. Position particulière de la prospection des gisements. Caractéristiques particulières de la recherche dans l'exploitation des mines. Liste des critères pour l'évaluation de la recherche dans les techniques minières. Recherches concernant le traitement des minerais. Biblio. : 43 réf.

IND. Q 1100 Fiche n. 66.691

G.B. FETTWEIS. Some basic considerations on the question of mineability. *Considérations de base sur la question de l'exploitabilité.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques**. Moscou, 1977, Vol. 1, 50 p., 14 fig., 1 tabl.

L'auteur rappelle la définition, donnée à la Conférence Mondiale sur l'Energie en 1974, des ressources des matières premières non renouvelables : quantités totales disponibles dans la terre qui peuvent être exploitées avec succès et utilisées par l'homme dans un avenir prévisible. Définition des réserves et des réserves exploitables. Les facteurs d'exploitabilité. Les ressources comme fonctions de l'exploitabilité. Evaluation des réserves et des ressources. Biblio. : 49 réf.

IND. Q 1100 Fiche n. 66.695

A.V. DOKUTIN. Outlook for coal mining technology progress in the Soviet-Union. *URSS : progrès technologiques dans l'industrie houillère.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA, sur les Ressources Energétiques**. Moscou, 1977, Vol. 2, 20 p., 6 fig.

Jusqu'en l'an 2000, exploitation classique du charbon tout en continuant de modifier les systèmes d'exploitation pour arriver à une mécanisation et à une automatisation totale des procédés de production. Progrès technologiques réalisés et à réaliser dans les exploitations à ciel ouvert ; celles-ci produiront, en 1980, 35 % de la production totale de charbon. En ce qui concerne la mise en exploitation des nouveaux gisements, on considère en premier lieu ceux pouvant être exploités à ciel ouvert. Biblio. : 3 réf.

IND. Q 1100 Fiche n. 66.696

W. OSTERMAN. Thoughts on the optimum coal mining method underground as function of the geology and technology. *Pensées sur la meilleure méthode d'exploitation souterraine du charbon en fonction de la géologie et de la technologie.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques**. Moscou, 1977, Voll., 2, 15 p., 11 fig.

Processus de concentration des exploitations houillères en RFA ; évolution de 1961 à 1976 du nombre de mines et de la production journalière par mine. Enumération des raisons pour lesquelles la méthode d'exploitation par longue taille est la plus appropriée aux gisements allemands. Mécanisation des longues tailles ; évolution des équipements d'abattage (rabots, abatteuses-chargeuses à tambour), de déblocage (convoyeur blindé), du soutènement mécanisé (piles, boucliers). Perspectives.

IND. Q 1100 Fiche n. 66.712

M.J. SADNICKI et R.J. ORMEROD. The coal option — A case study of the U.K. *L'option charbon — Etude de Grande-Bretagne.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques**. Moscou, 1977, Vol. 4, 15 p., 6 fig.

Une partie importante du projet énergétique de l'IIASA est l'examen des options d'approvisionnement en énergies alternatives. Le Comité « Coal Task Force », réunissant plusieurs pays (R.F.A., Grande-Bretagne, USA et URSS) et en collaboration avec l'IIASA, a défini et étudié l'option charbon. Ce Comité a d'abord établi une méthodologie et l'a appliquée à des régions choisies. Cette méthodologie implique une analyse échelonnée qui démarre avec les exigences du consommateur, ensuite analyse de la production et utilisation pour arriver aux ressources et à l'influence sur l'environnement. Plusieurs scénarios utilisant cette méthodologie sont analysés et les conclusions principales sont : le charbon sera principalement utilisé jusqu'en 2000 pour la production

d'électricité et ensuite, après l'an 2000, la conversion du charbon en combustibles solides et gazeux prendra de l'importance. Biblio. : 5 réf.

IND. Q 1100

Fiche n. 66.713

S. BOSHKOV et G. BARLA. The near term role of coal in the US national energy plan and constraints in coal industry development. *Le rôle à court terme du charbon dans le plan énergétique national des USA et contraintes dans le développement de l'industrie charbonnière.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Énergétiques**, Moscou, 1977, Vol. 4, 21 p., 22 fig.

Since à l'embargo du pétrole par les pays arabes en 1973, les USA ont finalement reconnu qu'ils avaient des problèmes en approvisionnement d'énergie. Examen rapide des causes de ce déficit énergétique. Caractéristiques principales de la politique énergétique des USA qui imposent un rôle bien déterminé à l'industrie du charbon. Examen des contraintes et problèmes auxquels cette industrie est confrontée pour atteindre les objectifs assignés par cette nouvelle politique énergétique.

IND. Q 1100

Fiche n. 66.714

A.G. MILLS. Prospects and problems of a rapid increase in the use of energy from coal. *Perspectives et problème d'une augmentation rapide de l'emploi de l'énergie provenant du charbon.* — **Troisième Conférence Internationale de l'IIASA, sur les ressources énergétiques**. Moscou, 28 novembre-2 décembre 1977, Vol. 4, 23 p., 7 fig., 4 tabl.

Quelques considérations sur la consommation d'énergie, les ressources énergétiques et le plan national énergétique aux USA. Examen des problèmes posés par l'utilisation plus grande du charbon et qui affectera tous les aspects du système énergétique. Utilisation de modèles pour résoudre ces problèmes ainsi que des techniques d'analyse. Exemples. Biblio. : 10 réf.

IND. Q 1100

Fiche n. 66.715

V.A. SHELEST. Tendencies and scientific and technical problems of the wide-scale usage of coals in fuel-energy complex of the USSR. *Tendances et problèmes scientifiques et techniques de l'utilisation plus grande du charbon en URSS.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Énergétiques**, Moscou, 1977, Vol. 4, 21 p., 2 tabl.

Caractéristiques principales de l'approvisionnement en énergie, en URSS, qui est entré dans une nouvelle voie et dont les principales tendances sont : développement de l'énergie nucléaire, stabilisation de la part du pétrole et du gaz naturel, développement de l'énergie hydraulique, augmentation de l'extraction du charbon et de la part du charbon grâce à l'exploitation des gisements riches des bassins de kansk-Achinsk... la création de grands complexes industriels près des sites miniers, l'amélioration de la conversion des charbons de qualité inférieure, la production d'énergie électrique à partir de grandes centrales thermiques. Biblio. : 3 réf.

IND. Q 1100

Fiche n. 66.716

V.F. KRYLOV. Mine planning in the USSR. *La planification des mines en URSS.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Énergétiques**. Moscou, 1977, Vol. 4, 11 p.

L'URSS dispose de très grandes réserves de charbon et de lignite. Les réserves prouvées sont estimées à plus de 270 milliards de t dont 66 milliards de t de charbon à coke. Plus de 110 milliards de t peuvent être exploitées à ciel ouvert. La plus grande partie des réserves du charbon est concentrée dans les régions de l'est du pays. Les prévisions de production jusqu'en 1990 sont basées sur la demande croissante de charbon à coke et sur l'augmentation de la demande en charbon-vapeur qui restera le principal combustible pour les centrales thermiques. Caractéristiques principales de la planification charbonnière en URSS : développement des régions est, priorité à l'exploitation à ciel ouvert, mécanisation complète des tailles, construction de grandes unités de production et de traitement du charbon...

IND. Q 1100

Fiche n. 66.719

P. KELLY. Prospects for coal. *L'avenir du charbon.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Énergétiques**. Moscou, 1977, Vol. 5, 17 p.

Le rôle du charbon à la lumière des travaux réalisés par l'Agence Internationale de l'Énergie (I.E.A.). La croissance de la consommation d'énergie a été de 6 à 7 % l'an entre 1950 et 1975, mais la production de charbon n'a augmenté que de 2,2 % l'an ; raisons de cette faible croissance. L'examen de la situation actuelle du marché de l'énergie — pétrole, gaz naturel, solaire, schistes et sables bitumineux, nucléaire — montre qu'à moyen terme, on devra recourir davantage au charbon pour la production d'électricité et le chauffage. Problèmes à résoudre ; politique des gouvernements et internationale ; rôle de l'IEA.

IND. Q 1100

Fiche n. 66.720

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Research and development projects related to coal. *Projets de recherche et développement concernant le charbon.* — **III^e Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 5, 4 p.

Présentation des 5 projets. 1. Banque de données sur les réserves et ressources mondiales en charbon. 2. Mining Technology Clearing House Service (organisme de coordination d'informations minières) : rassembler, collationner toutes les informations sur la recherche et le développement de tous les aspects de l'exploitation du charbon. 3. Coal Technical Information Service (service d'informations techniques du charbon) : promouvoir une plus grande utilisation du charbon. 4. Economic Assessment Service for Coal (organisme d'évaluation économique) : études économiques concernant la production et l'utilisation du charbon. 5. Fluidised Bed Combustion of Coal (Combustion du charbon en lit fluidisé) : de l'air est soufflé à travers un mélange de calcaire finement broyé et de ctaon de telle sorte que le mélange se comporte comme un fluide turbulent ; le soufre du charbon est capturé chimiquement par le calcaire et les émissions d'oxydes d'azote sont plus faibles que dans la combustion classique.

IND. Q 1100

Fiche n. 66.726

W. SASSIN. A scenario for a medium term revival of coal in the FRG. Results of a case study. *Scénario pour une renaissance à moyen terme du charbon en RFA. Résultats d'une étude.* — **III^e Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 6, 17 p., 5 fig.

Possibilités et problèmes résultant d'une consommation de charbon poussée à son maximum possible au cours des 25 prochaines années en RFA. Situation actuelle de l'approvisionnement énergétique de la RFA et perspectives jusqu'en l'an 2000. Hypothèses et résultats d'une analyse du marché du charbon. Projection de la demande en énergie : taux de croissance entre 1974 et 1980 et de 1980 à l'an 2000 ; examen secteur par secteur. Substitutions possibles et choix des technologies de conversion du charbon. Electricité et production de chaleur. Temps requis pour permettre l'introduction des nouvelles technologies de conversion du charbon. Influence sur la demande d'énergie primaire. Implications dues à une renaissance du charbon. Conclusions : influence sur la demande en pétrole, gaz naturel et énergie nucléaire. Biblio. : 9 réf.

IND. Q 1101

Fiche n. 66.690

M.S. MODELEVSKY, D.S. SAFRONOV et Coll. Coal reserves classifications used in different countries. *Classifications des réserves de charbon utilisées dans différents pays.* — **III^e Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques,** Moscou, 1977, Vol. 1, 17 p., 1 tabl.

Après avoir rappelé qu'il n'existe pas de système normalisé international de classification des réserves de charbon, on passe en revue les systèmes les plus universellement utilisés, c'est-à-dire ceux d'URSS, des USA, du Canada, de l'Australie, de la France et de la R.F.A. Analyse comparative de ces différents systèmes par rapport à celui utilisé en URSS. Biblio. : 6 réf.

IND. Q 1101

Fiche n. 66.692

K. GREGARY. The approach of IEA Coal Research to world coal resources and reserves. *L'approche de l'IEA Coal Research pour l'estimation des ressources et réserves mondiales de charbon.* — **III^e Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 1, 9 p., 3 fig.

Cette approche est divisée en 3 parties : 1. Collecte des données sur les ressources et réserves publiées et enquêtes directes auprès des pays ; introduction de ces données dans la mémoire d'un ordinateur. 2. Mise au point d'algorithmes permettant de convertir les données d'un pays en données équivalentes pour un autre. 3. Etude des facteurs d'exploitation et commerciaux pouvant affecter les réserves. Biblio. : 8 réf.

IND. Q 1101

Fiche n. 66.730

W. PETERS et H.D. SCHILLING. An appraisal of world coal resources and their future availability. *Une estimation des ressources mondiales de charbon et leur disponibilité future.* — **III^e Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 13, 25 p., 9 fig., 6 tabl.

Le but de cette étude est d'évaluer la contribution du charbon dans l'approvisionnement futur en énergie. L'attention est concentrée sur l'appréciation des ressources globales de charbon et des disponibilités tant régionales que totales. Les ressources géologiques connues sont estimées à plus de 10.000 milliards de tec et les réserves techniquement et économiquement récupérables à 640 milliards. Une production mondiale de 8,8 milliards de t (3 fois la production actuelle) serait possible en 2020, si les

actions nécessaires sont prises à temps. Examen des contraintes pouvant entraver l'augmentation de la production : recrutement de main-d'œuvre qualifiée, construction de l'infrastructure, problèmes d'environnement, marché potentiel insuffisant pour le charbon, temps nécessaire pour l'ouverture de nouvelles mines. Tableaux donnant les ressources géologiques et les réserves de charbon et de lignite par continent, par pays. Cartes montrant la répartition géographique des ressources et des réserves de charbon. Production actuelle et production prévue en 1985, 2000 et 2020 des différents pays.

IND. Q 1104

Fiche n. 66.693

K. GREGORY, L. LOCK et Coll. The effect of the physical properties of coal reserves on deep mine productivity in the U.K. *L'influence des propriétés physiques des réserves de charbon sur la productivité des mines souterraines au Royaume-Uni.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 1, 11 p., 4 fig., 2 tabl.

Examen des problèmes qui ont été rencontrés dans un essai récent de construction d'un modèle de productivité en taille pour les mines souterraines en Grande-Bretagne. Ce modèle est basé sur les caractéristiques physiques des réserves de charbon. Des relations statistiques ont été établies entre production par Hp en taille, rang du charbon, ouverture exploitée, pente, profondeur et distance de parcours pour arriver au chantier. Interprétation des résultats de l'analyse statistique. Biblio. : 5 réf.

IND. Q 1154

Fiche n. 66.711

Z. NOWAK, T. MUSZKIET et Coll. Bituminous coal in Poland : resources, production and use until the year 2000. *Le charbon gras en Pologne : ressources, production et utilisation jusqu'en l'an 2000.* — **IIIe Conférence Internationale de l'IIASA sur les Ressources Energétiques.** Moscou, 1977, Vol. 4, 20 p., 9 fig., 3 tabl.

Les principaux problèmes concernant le rôle actuel et futur du charbon dans la balance énergétique de la Pologne sont décrits. Les différents aspects de la production de charbon gras et de son utilisation sont

traités en relation avec le développement des 3 bassins charbonniers de Silésie Supérieure et Inférieure et de Lublin. On a estimé que la consommation d'énergie en Pologne augmentera de 4 % l'an au cours des 25 prochaines années et des efforts importants sont faits pour rencontrer la demande croissante d'énergie, en exploitant les ressources naturelles du pays. Les principales ressources sont le charbon et le lignite qui représentent 98 % des ressources totales énergétiques. Caractéristiques générales des gisements de charbon. Les 4 principaux domaines d'utilisation de ce combustible sont : la production d'électricité et de coke, le chauffage et l'énergie industrielle.

S. SUJETS DIVERS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

IND. S 3

Fiche n. 66.736

R. BIDARD. La thermodynamique, science dominante, science jeune. — **Sciences et Techniques,** 1977, novembre, n° 45, p. 10/16.

Il s'agit d'un survol rapide de l'évolution de la thermodynamique depuis l'origine : tout d'abord la thermodynamique classique, celle des équilibres ou de la réversibilité : Carnot et le second principe, Joule et le premier, l'introduction par Boltzmann de l'aspect statistique puis les nouvelles statistiques quantiques. On insiste sur la notion d'entropie et ses liens avec la statistique et avec l'information. L'ambiguïté de la notion de chaleur a donné naissance à des erreurs monstrueuses : les mouvements perpétuels. On en cite quelques-uns et particulièrement en chimie. On précise alors les nouvelles notions d'exergie et d'nergie qui permettent d'éviter plus facilement de telles erreurs. Puis on aborde la nouvelle thermodynamique des processus irréversibles. On en précise les perspectives toutes nouvelles dans quantité de domaines, dont certaines très curieuses, d'autres très importantes pour notre économie, et d'autres enfin promettant de rénover certaines sciences comme la météorologie, l'océanographie, la biologie, etc... Cette nouvelle thermodynamique réhabilite en quelque sorte l'entropie puisqu'elle fait de la création d'entropie le moteur de toute notre économie industrielle. Résumé de la Revue.

Bibliographie

R. MEYER. *Explosives. Les explosifs*. - Verlag Chemie - Weinheim New York, 1977 - 358 p., 15 fig., 24 tabl. Nombreuses références bibliographiques. Prix 66 DM.

« Explosives » est un manuel concis couvrant le domaine entier des explosifs. Ce livre contient environ 500 inscriptions présentées dans un ordre alphabétique. Ces inscriptions comprennent les formules et descriptions d'environ 120 explosifs, 60 additifs, combustibles et agents oxydants et un index d'entrée alphabétique pour 1.500 sujets. Le but de cet ouvrage est de fournir des informations de base sur les explosifs, non seulement aux experts, mais aussi au grand public. Les caractéristiques, les méthodes de fabrication, les applications de chacun des explosifs, les formules sont présentées. Les noms commerciaux des explosifs sont donnés avec indication de la puissance, de la densité et de la consistance de l'explosif. Des informations sont également fournies sur la détonation, les explosifs antigrisouteux et le calcul thermodynamique des explosifs et poudres. Quelque 3.000 mots clefs et formules abrégées sont donnés en anglais, français et allemand. Ce manuel sera très utile pour les centres de documentation, bureaux de traduction, salles de rédaction, bureaux de brevets et autres bureaux ou institutions de cette nature.

P. PICOT, Z. JOHAN. *Atlas des minéraux métalliques*. - Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 1977, n° 90, 403 pages, nombreuses figures et tableaux, 9 références. Editions du B.R.G.M., 6-8 rue Chasseloup-Laubat, F-75737 Paris, Cédex 15. Prix 320 FF. Prix appr. US Dollars 64.

Cet ouvrage a été composé à l'intention des métallogénistes et des étudiants. Il s'adresse donc à un public averti et, pour cette raison, il se veut essentiellement pratique, faisant abstraction tant des considérations théoriques relatives aux phénomènes de la réflexion que des détails de la technique microscopique. Le lecteur sera peut-être surpris de ne trouver qu'une bibliographie succincte dans ce livre. En effet, les auteurs ont voulu constituer un ensemble de données homogènes, basé uniquement sur les observations ou les mesures effectuées par eux. Tous les minéraux étudiés ont été soigneusement vérifiés par

rayons X ou à l'aide de la microsonde électronique. La première partie de cet ouvrage est consacrée à l'intérêt des méthodes métallographiques dans l'étude et la recherche de minéraux, ainsi qu'à la pratique de ces méthodes avec une description des appareillages utilisés. Une série de tableaux concernant les diverses caractéristiques couramment observées, facilite la détermination des espèces en permettant par éliminations successives, de réduire progressivement le champ des recherches. La seconde partie est une monographie détaillée de 350 minéraux présentés par ordre alphabétique. Elle met l'accent sur l'importance des phénomènes chromatiques entre nicols croisés dans la détermination des espèces minérales métalliques, et comporte, de ce fait, de nombreuses photographies en couleur. Cela constitue probablement la première tentative sérieuse de ce genre. Ce volume apparaît suffisamment simple pour être utilisé facilement par des débutants, suffisamment élaboré pour les spécialistes, et clair et attrayant pour être utilisé pour tous.

S.J. CURL. *Underground transport in coal mines*. Transport souterrain dans les mines de charbon. - IEA Coal Research, 1978, avril. Report number ICTIS/TROI, 54 p., 20 fig., 129 réf. - NCB (IEA Services) Limited, 14/15 Lower Grosvenor Place, London SW1W 0EX.

Ce rapport est une revue de la littérature récente sur le transport du personnel, du matériel, du charbon et des stériles dans les mines de charbon souterraines. Le rapport est divisé en différents chapitres suivant la méthode de transport : locomotives, câbles, convoyeurs, transport sans rail (engins sur pneus...), systèmes moins classiques (monorails, moteurs linéaires...), transport hydraulique et transport pneumatique. L'accent est mis sur les récents développements et les nouvelles installations de transport. La comptabilité de chaque système de transport avec les différentes méthodes d'exploitation est examinée. On donne des références concernant l'utilisation des divers systèmes décrits.

I. SMITH. *Carbon dioxide and the « Greenhouse effect » an unresolved problem*. - L'acide carbonique et l'« effet Greenhouse » un problème non résolu. - IEA

Coal Research, 1978, avril. Report number ICTIS/EROI, 40 p., 7 fig., 2 tabl., 92 réf. NCB (IEA Services) Limited, 14/15 Lower Grosvenor Place, London SW1W 0EX.

Examen de la littérature scientifique concernant l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère. L'évaluation et les causes possibles des variations naturelles du climat général de la terre sont décrites et il apparaît que le climat est actuellement relativement stable et est à même de supporter les changements des différents facteurs naturels pouvant l'affecter. On donne des estimations concernant l'augmentation de la teneur en CO₂ dans l'atmosphère suite à la combustion

des combustibles fossiles, à la suppression des forêts et autres modifications de la surface de la terre. On examine l'influence possible de cette augmentation de CO₂ dans l'atmosphère — il pourrait déranger le bilan des radiations de la terre — qui jouerait le rôle de couverture et empêcherait ainsi la chaleur de s'échapper. Ce piège des radiations est connu comme « l'effet Greenhouse ». On en conclut qu'il n'y a aucune évidence actuellement pour une augmentation générale de la température suite à l'augmentation de la teneur en CO₂. Des prévisions — avec un degré élevé d'incertitude — indiquent que la température pourrait augmenter au cours du siècle prochain et on en tire des conclusions concernant une redistribution du climat.

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

OFFICIEEL ORGAAN

van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven en van de Administratie der Mijnen

Uitgever : EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES
Borrensstraat, 35-43 - 1050 Brussel - Tel. (02) 640 10 40

BERICHT

De Annalen der Mijnen van België verschijnen maandelijks. In 1977 werden 1212 bladzijden tekst alsmede talrijke tabellen buiten tekst gepubliceerd.

Het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven neemt de taak van het bestuur en de redactie van het tijdschrift op zich. Dit laatste vormt een wezenlijk arbeidsinstrument voor een groot aantal nationale bedrijven dank zij het verspreiden en het algemeen bruikbaar maken van een zeer rijke documentatie :

- 1) Zeer recente statistieken betreffende België en de aangrenzende landen.
- 2) Originele memories, gewijd aan al de problemen van de extractieve nijverheden, de kolen- en de ijzer- en staalnijverheid, de chemische nijverheid en andere, onder haar veelvoudige technische, economische, sociale, statistische en financiële aspecten.
- 3) Regelmatige verslagen — principieel jaarlijkse — opgesteld door bevoegde personaliteiten, betreffende bepaalde grote problemen zoals de mijnstechniek in 't algemeen, de veiligheid in de mijnen, de mijnhygiëne, de evolutie van de sociale wetgeving, de statistiek van de mijnen, van de groeven, van de ijzer- en staalnijverheid, van de agglomeratenfabrieken voor België en aangrenzende landen, de toestand van de steenkolenijverheid over de gehele wereld enz.
- 4) Vertalingen, samenvattingen of ontleding van aan buitenlandse tijdschriften ontleende artikelen.
- 5) Een bibliografische inhoudsopgave, opgesteld na grondig onderzoek van alle publicaties ter wereld die betrekking hebben op de door de Annalen der Mijnen behandelde onderwerpen.

Elk artikel wordt voorafgegaan van een beknopte samenvatting in 't Frans, in 't Nederlands, in 't Duits en in 't Engels.

...

N.B. — Men abonneert zich door de som van 2.014 F (BTW inbegrepen) (2.145 BF voor het buitenland) over te schrijven op de postrekening n° 000-0104829-69 van « Editions Techniques et Scientifiques », Borrensstraat 35-43 te 1050 Brussel.

Alle abonnementen nemen aanvang van 1 januari af.

Men bekomt, kosteloos en op aanvraag, de publiciteitstarieven alsmede een proefaflevering.