MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

ADMINISTRATION DES MINES

ANNALES DES MINES

DE BELGIQUE

[622.05]

ANNÉE 1941

TOME XLII. - 4e LIVRAISON

35364

MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE
NATURHISTORISCHES MUSEUM VAN BELGIE

BRUXELLES
IMPRIMERIE Robert LOUIS
37-39, rue Borrens

Téléph. 48.27.84

1941

LES TRANSPORTEURS BREVETES

REDLER

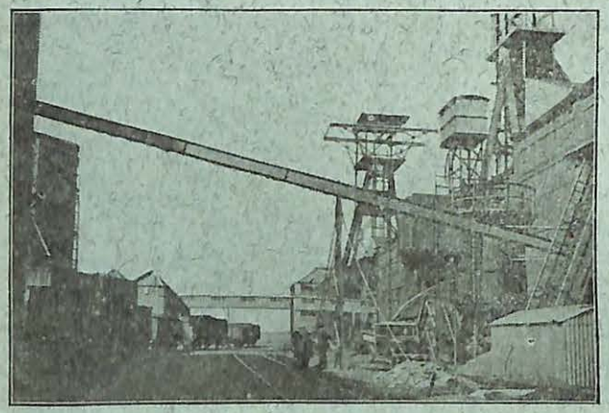
HORIZONTAUX - INCLINES - VERTICAUX

pour

toutes distances,
toutes capacités (5-500 t./h.),
tous les

CHARBONS

ET MATIERES ANALOGUES



« REDLER » installé à la Société Anonyme John Cockerill, Division du Charbonnage des Liégeois à Zwartberg, pour le transport de charbons et mixtes 0/10 et 0/30, mélangés de schlamms.

Principaux avantages :

Encombrement très réduit, d'où montage plus simple, suppression de passerelles et de charpentes coûteuses.

Sécurité de marche de 100 %
suppression des engorgements, du graissage

Economie considérable de force.

Suppression du dégagement de poussières.

DEMANDEZ REFERENCES, CATALOGUES
ET VISITE D'INGENIEUR à

BUHLER FRERES

Tél. : 12.97.37 — BRUXELLES — 2a, rue Ant. Dansaert
Usines à UZWIL (Suisse)

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

ADMINISTRATION DES MINES

ANNALES DES MINES

DE BELGIQUE

[622.05]

ANNÉE 1941

TOME XLII. - 4e LIVRAISON

35364

BRUXELLES
IMPRIMERIE Robert LOUIS
37-39, rue Borrens
—
Téléph. 48.27.84
—
1941

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

COMITÉ DIRECTEUR

MM. G. Raven, Directeur Général des Mines, à Bruxelles, *Président*.

A. Breyre, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Professeur à l'Université de Liége, Directeur de l'Institut National des Mines, à Bruxelles, *Vice-Président*.

G. Paques, Ingénieur principal des Mines, à Bruxelles, *Secrétaire, Rédacteur en Chef*.

J. Banneux, Directeur à l'Administration centrale des Mines, à Bruxelles, *Secrétaire-adjoint*.

E. Legrand, Inspecteur général des Mines, Professeur à l'Université de Liége, à Liége.

A. Halleux, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Professeur à l'Ecole des Mines et Métallurgie (Faculté technique du Hainaut) et à l'Université de Bruxelles, à Bruxelles.

V. Firket, Inspecteur général honoraire des Mines, à Liége.

L. Denoël, Inspecteur général des Mines, Professeur à l'Université de Liége, à Liége.

P. Fourmarier, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Professeur à l'Université de Liége, Membre de l'Académie Royale des Sciences, Lettres et Beaux-Arts de Belgique, Membre du Conseil géologique de Belgique, à Liége.

A. Renier, Inspecteur général des Mines, Chef du service géologique de Belgique, Professeur à l'Université de Liége, Membre de l'Académie Royale des Sciences, Lettres et Beaux-Arts de Belgique, à Bruxelles.

G. Des Enfans, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, à Charleroi.

A. Delmer, Ingénieur en chef-Directeur des Mines, Professeur à l'Université de Liége, Secrétaire général au Ministère des Travaux publics, à Bruxelles.

Ch. Demeure, Ingénieur principal des Mines, Professeur à l'Université de Louvain, à Sirault.

La collaboration aux *Annales des Mines de Belgique* est accessible à toutes les personnes compétentes.

Les mémoires ne peuvent être insérés qu'après approbation du Comité Directeur.

Les mémoires doivent être inédits.

Les *Annales* paraissent en 4 livraisons respectivement dans le courant des premier, deuxième, troisième et quatrième trimestres de chaque année.

Pour tout ce qui regarde les abonnements, les annonces et l'administration en général, s'adresser à l'Editeur, Imprimerie Robert LOUIS, 37-39, rue Borrens, à Ixelles-Bruxelles.

Pour tout ce qui concerne la rédaction, s'adresser au Secrétaire du Comité Directeur, rue de l'Association, 28, à Bruxelles.

Ateliers J. HANREZ, s. a.

MONCEAU-sur-SAMBRE (Belgique)

INSTALLATIONS COMPLETES DE CHAUFFERIES MODERNES

CHAUFFAGE AU CHARBON PULVERISE

Appareils pulvérisateurs, système breveté ATRITOR

Dépoussiérage, désulfuration et épuration des fumées et gaz en général

Grilles mécaniques à poussée arrière, système breveté Martin

MATERIEL POUR CHARBONNAGES

Décantation - Floculation - Sécheurs centrifuges - Tamis vibrants

Installations complètes de fabriques d'agglomérés (briquettes et boulets)

Dépoussiéreurs électriques

MATERIEL POUR GLACERIES ET VERRERIES

Installations complètes de manufactures de glaces, de verreries mécaniques

Machines à bouteilles, entièrement automatiques, brevets Roirant

Transporteurs à bouteilles

MATERIEL POUR BRIQUETERIES ET TUILERIES

Installations complètes pour briqueteries, tuileries mécaniques et l'industrie céramique

Matériel de fonderie — Machines à mouler — Mécanique générale

Pièces de Forge, de Fonte et de Chaudronnerie

Poêles à circulation d'air

Etablissements Simon WATTIEZ, s.p.r.l.

Successeurs de The American Equipment C°

23, Boulevard de Waterloo, BRUXELLES - Téléphone : 11.98.98

LES MASQUES
LES CASQUES
LES LUNETTES

A. E. C.

S'IMPOSENT

EFFICACITE SECURITE

Soudures auto-chimiques **Castolin**

Presses hydrauliques **Manley**

Foreuses électriques **Sioux**, etc, etc.

OUTILLAGE DE QUALITE — OUTILLAGE DE SECURITE

LA SABULITE BELGE

SOCIETE ANONYME

A MOUSTIER-SUR-SAMBRE

Téléphone : Moustier 15

Explosifs de sûreté à haute puissance (Brevetés dans tous les pays) pour **Mines, Carrières, Travaux publics, Usages militaires, Explosifs de sécurité** contre le grisou et les poussières de charbon. **Explosifs spéciaux pour dessouchage.** N'exsudent pas, insensibles à l'action de la chaleur et du froid. **Détonateurs électriques et ordinaires. Mèches, exploseurs** et tous accessoires pour minage.

L'AZOBE

DENSITE COMMERCIALE : 1.250 A 1.300

inattaquable par le taret, résiste 3 à 4 fois plus longtemps que le chêne, 8 à 10 fois plus que le hêtre ou le peuplier.

BILTERIJST PIERRE

Chaussée de Meulestede, 393-395 - GAND

Téléphone : 518.40

Banquier : Banque de Bruxelles, à Gand. Filiale de Meulestede.

RESISTANCE AU CHOC ET A L'USURE A TOUTE EPREUVE

Bois remarquable pour Travaux Hydrauliques et Maritimes

GLISSIERES DE MINES, Fonds de Camions, Wagons, etc...

INDUSTRIELS, n'employez que la

FERRILINE

pour la peinture de vos ouvrages métalliques

SEULS FABRICANTS :

URPHACOLOR, Bruxelles

SOCIETE ANONYME DES

GRES DE BOUFFIOULX

à BOUFFIOULX

CABINES BAINS-DOUCHES

CLOISONS pour toutes installations sanitaires en grandes briques creuses de 300 × 240 × 60

GRES EMAILLES de haute température

EMAUX vert d'eau, blanc et beige

RESISTANCE AUX AGENTS CHIMIQUES

L'emploi de pièces de grande surface, en réduisant au minimum le nombre de joints, satisfait aux règles de l'hygiène moderne.

Société Anonyme

JEFCO

Anc. Mais. J. François & Cie

29, RUE JOSEPH WETTINCK, 29

JEMEPPE - SUR - MEUSE

TELEPHONE : LIEGE 30018

TUYAUX SOUPLES POUR L'AERAGE RATIONNEL DES MINES

" DUPONT - VENTUBE "

(Marque déposée)

(AGENCE GENERALE POUR LA BELGIQUE)

ACIERS CREUX TORSADES ET RONDS POUR FLEURETS

FORAKY

SOCIÉTÉ ANONYME BELGE
D'ENTREPRISE DE FORAGE ET DE FONÇAGE
SIÈGE SOCIAL : 13, PLACE DES BARRICADES, BRUXELLES

MATÉRIEL POUR SONDAGES ET FONÇAGES

SONDEUSES POUR RECHERCHES DE PÉTROLE, CHARBON, SEL, MINERAIS, MÉTAUX PRÉCIEUX, EAU.
SONDEUSES POUR EXPLOITATION DE CARRIÈRES
POUR CIMENTATION DE BARRAGES
POUR TRAVAUX EN GALERIES

MATÉRIEL DE SONDAGE : POMPES, TRÉPANS, COURONNES A DIAMANTS ET A GRENAILLE, ETC..
MATÉRIEL DE FONÇAGE : TREUILS, TRAPPES, PLANCHERS, ATTELAGES, ETC..

ATELIERS DE CONSTRUCTION A **ZONHOVEN** (BELGIQUE)
ATELIERS ET DÉPÔT A **COURCELLES - CHAUSSY** (MOSELLE)

EXPLOSIFS DE HAUTE SECURITE POUR LES MINES

EXPLOSIFS BRISANTS A GRANDE PUISSANCE

DYNAMITES : Dynamite gomme, dynamites ingélives, dynamites diverses.

EXPLOSIFS DIFFICILEMENT INFLAMMABLES.

Brisant à grande puissance : **RUPTOL.** Sécurité-Grisou-Poussières : **FLAMMIVORE.**
Gaine brevetée de haute sécurité aux sels potassiques.

AMORCES A RETARD sans gaz, du système Eschbach : spécialistes diplômés sur demande.

ACCESSOIRES DE TIR.

SOCIETE ANONYME D'ARENDONK

Siège administratif : 34, rue Sainte-Marie, à Liége. Tél. Liége 111.60.
Usine à Arendonk : Téléph. Arendonk 26. DEPOTS DANS TOUS LES BASSINS.

COMMERCE DE BOIS (ANC. FIRME EUGENE BURM)

SOCIETE COOPERATIVE A ZELE

Importation directe de traverses de chemins de fer et de poteaux
pour télégraphes, téléphone et transport de force

CHANTIER D'IMPREGNATION

Concessionnaire exclusif du créosotage des poteaux télégrapiques de l'Administration des Télégraphes au Système Rüpling

ATELIERS DE LA MEUSE LIÉGE

ATELIERS DE CONSTRUCTION DE

LA MEUSE

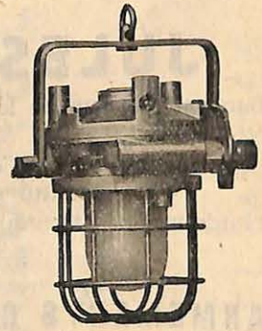
FONDÉS EN 1835

MATERIEL DE MINES

MACHINES D'EXTRACTION A VAPEUR OU ELECTRIQUES
TURBINES ET TURBO-COMPRESSEURS
VENTILATEURS — BROYEURS — LOCOMOTIVES
MOLETTES — POMPES — MOTEURS DIESEL

COMPAGNIE AUXILIAIRE DES MINES

SOCIETE ANONYME
26, RUE EGIDE VAN OPHEM
UCCLE - BRUXELLES
Reg. du Comm. de Brux. : n° 580



ECLAIRAGE ELECTRIQUE DES MINES

Lampes portatives de sûreté pour mineurs : Lampes au plomb et alcalines. - Lampes électropneumatiques de sûreté. - Matériel d'éclairage de sûreté en milieu déflagrant.

VENTE — ENTRETIEN A FORFAIT — LOCATION

105.000 LAMPES EN CIRCULATION EN BELGIQUE ET EN FRANCE

Premières installations en marche depuis quarante-cinq ans.

Produits Réfractaires

Usines Louis ESCOYEZ

TERTRE (Belgique) et MORTAGNE-DU-NORD (France)

PRODUITS REFRACTAIRES ORDINAIRES ET SPECIAUX
POUR TOUTES LES INDUSTRIES

Briques et pièces de toutes formes et dimensions pour fours de tous systèmes - fours à coke - chaudières - gazogènes - cheminées moteurs à gaz.

Ciments réfractaires ordinaires et spéciaux.

Dalles spéciales extra-dures pour usines.
Carreaux et pavés céramiques.

Administr. : Tertre — Tél. : St-Ghislain 35 — Télégr. : Escoyez-Tertre

ENTREPRISES DE FONÇAGE ET GUIDONNAGES DE PUITS DE MINES

JULES VOTQUENNE

Bureau : 11, Rue de la Station, TRAZEGNIES Tél. : Courcelles 91

Spécialité de guidonnages de tous systèmes
BRIARD perfectionné : nouveau type 1924
Guidonnages frontaux métalliques et en bois, perfectionnés, pour puits à grande section

ARMEMENTS COMPLETS DE PUITS DE MINES

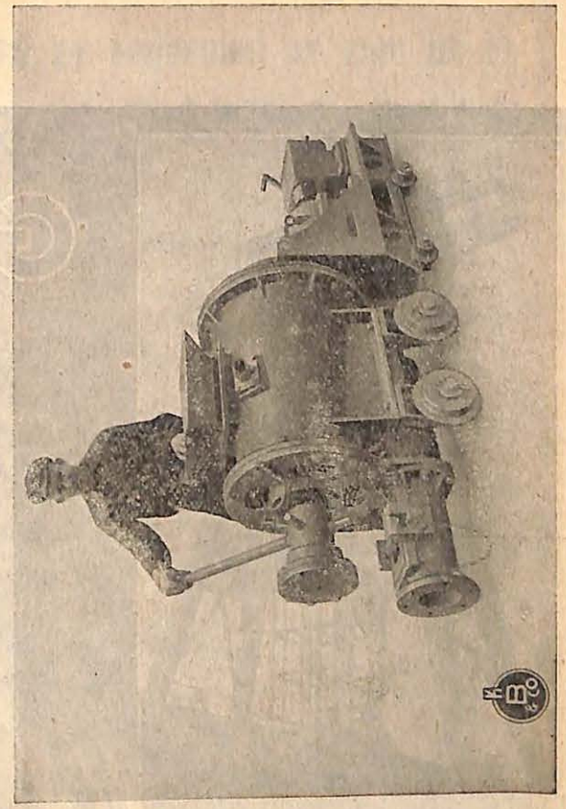
BOIS SPECIAUX D'AUSTRALIE

ENTREPRISES EN TOUS PAYS — GRANDE PRATIQUE
Nombreuses références : équipement de 10 puits à grande section, 50 puits à guidonnage BRIARD

Visites, Projets, Etudes et Devis sur demande

Remblayeuses pneumatiques

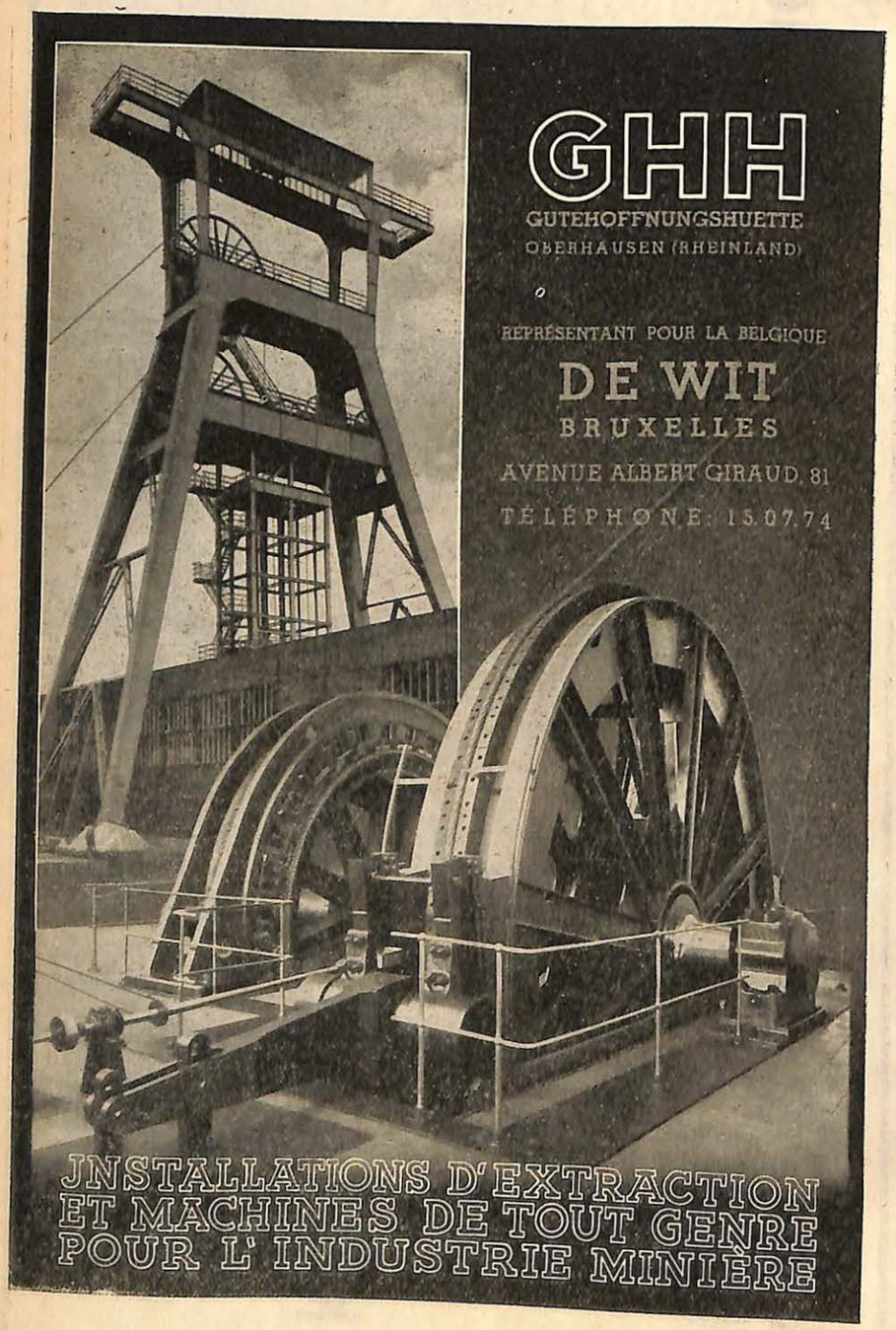
SYSTEME BRIEDEN (Breveté)



A roue cellulaire cônique
Réglage de l'étanchéité par
UN SEUL VOLANT

KARL BRIEDEN & C°
BOCHUM

MATERIEL MINIER



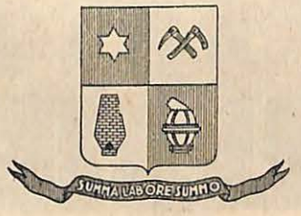
LA SOCIETE DES MINES ET FONDERIES DE ZINC DE LA

VIEILLE-MONTAGNE

(Société Anonyme) **ANGLEUR (par Chênée)**

LIVRE AU COMMERCE :

ZINCUIAL en lingots. Alliage à très haute teneur en zinc électrolytique pour coulage à l'air libre, sous pression et en coquille, ainsi que pour la fabrication des coussinets de machine et pièces de frottement en remplacement du bronze et des métaux antifriction. — **ZINC électrolytique** en lingots, laminé en longues bandes. — **ZINC ordinaire** en lingots (thermique); en feuilles pour toitures et autres usages; en feuilles minces pour emballages; en plaques (pour éviter l'incrustation des chaudières); en plaques et feuilles pour arts graphiques. — ELEMENTS pour piles électriques. — CHEVILLAGE. — FIL — — CLOUS en zinc. — BARRES. — BAGUETTES et PROFILES divers en zinc. — TUBES EN ZINC SANS SOUDURE. — **OXYDES de Zinc** en poudre pour usages pharmaceutiques et industriels, en poudre et en pâte pour la peinture. — **POUSSIERES de Zinc** pour savonneries et teintureries. — **PLOMB** en lingots, feuilles, tuyaux, fil. — Siphons et coudes en plomb. — **ETAIN**; tuyaux en étain pur; soudure à l'étain, en baguettes et en fil. — **CADMIUM** coulé en lingots, plaques et baguettes; laminé en plaques — fil de cadmium. — **ARGENT.** — **PRODUITS CHIMIQUES** : Acide sulfurique ordinaire, concentré et oleum. Sulfate de cuivre. Sulfate de thallium. Arséniate de chaux.



OUGREE-MARIHAYE

vous offre quelques-unes de ses

SPECIALITES

CIMENTS à hautes résistances. - **FIL MACHINE** de toutes dimensions.
PALPLANCHES pour les grands travaux hydrauliques.
TOLES GALVANISEES planes et ondulées.

MONOPOLE DE VENTE :

Société Commerciale d'Ougrée, A OUGREE

Téléphone : Liége 308.30 Adresse télégr. : Marigrée-Ougrée

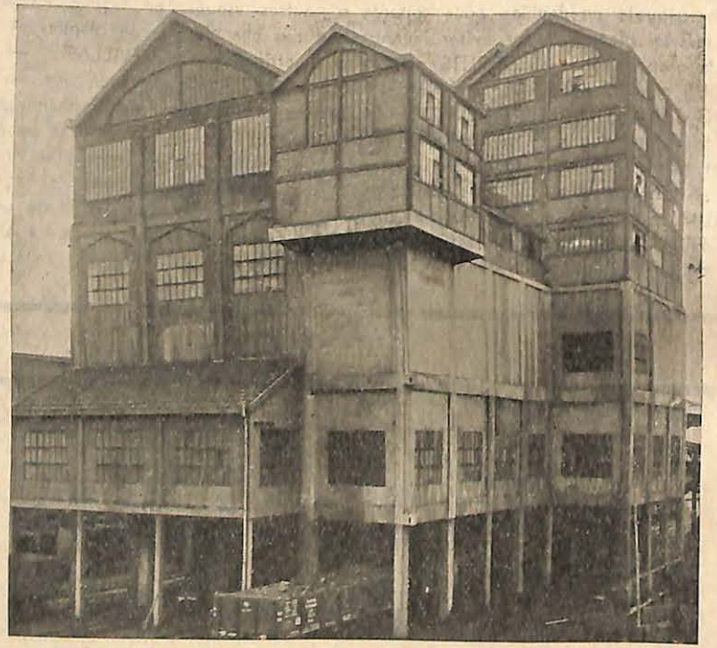
Ateliers de Construction et Chaudronnerie

de l'EST

Société Anonyme à MARCHIENNE-AU-PONT (Belgique)

USINES A :

MARCHIENNE - AU - PONT : Chaudronnerie, Forges, Mécanique
MONT - SUR - MARCHIENNE : Charpentes, Réservoirs, Pylones
Téléphones : **Charleroi 122.44** (2 lignes) Télégr. : **Estrhéc**



Lavoir-Rhéolaveur du siège QUESNOY des Charbonnages du BOIS DU-LUC.
Capacité totale : 120 tonnes/heure. — Traitement des grains, fines et schlamm.

l'EST MET A VOTRE DISPOSITION SES :
Laboratoires, Stations d'essais, Bureau d'études, Usines spécialisées, Services de montage, Opérateurs,
pour
Préparation mécanique CHARBONS et MINERAIS
TRIAGES, LAVOIRS RHEOLAVEURS
Manutention générale, ponts roulants,
Installations pour mines et carrières
MECANIQUE — CHAUDRONNERIE — CHARPENTES
Matériel spécial pour la Colonie

ARMEMENT ARIELLE, S.P.R.L.

Rue du Rivage, 76 - TAMISE
Téléphone 157

est à la disposition de Messieurs les Directeurs des Charbonnages pour se charger, sans aucun engagement pour eux, de l'étude de tout contrat de transport par bateaux de charbons ou autres produits de leurs mines et pour toute destination pour un minimum à transporter de 5.000 tonnes par an.

Ateliers de Constructions Mécaniques

ARMAND COLINET

Société Anonyme — LE RŒULX

Tél. : La Louvière 1290 - Rœulx 63 — Télégr. : Colcroix-Rœulx

USINES A HOUDENG ET A RŒULX

MARTEAUX PNEUMATIQUES **La**

PIQUEURS - PERFORATEURS
BECHES - - BRISE-BETONS

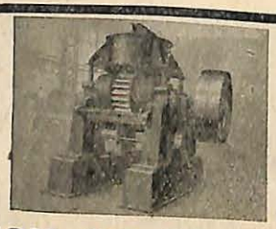
ACCESSOIRES POUR AIR COMPRIME :
Raccords rapides à rotule - Soupapes automatiques - Robinets - Nipples - Busettes - Ecrous - Tuyauteries métalliques complètes.

ETANÇONS METALLIQUES RIGIDES A HAUTEUR REGLABLE.

ROULEAUX A BAIN D'HUILE AUTOGRAISSEURS :
pour transporteurs à courroie.

INSTALLATIONS COMPLETES de BANDES TRANSPORTEUSES.

CEMENTATION -- TREMPE -- RECTIFICATION

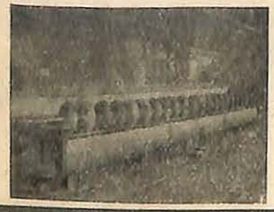
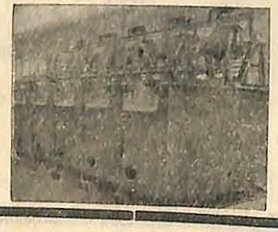
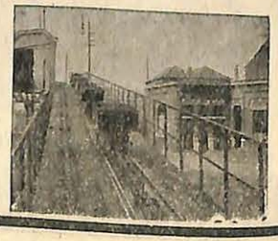


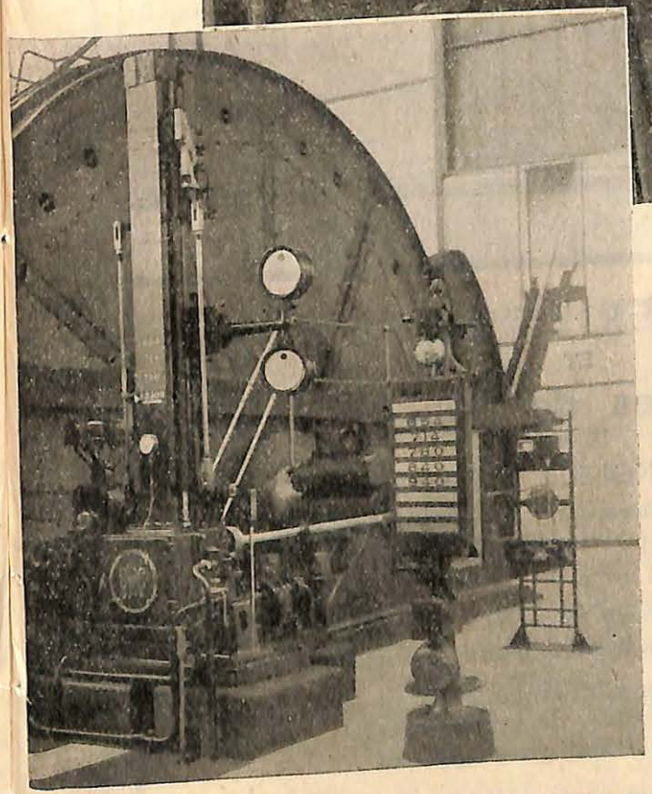
ATELIERS DE CONSTRUCTION DE LA

BASSE SAMBRE

MOUSTIER-sur-Sambre

Installations de préparation et de lavage de minerais - Installations de charbonnages - Carrières - Fours à coke - Produits chimiques
Manutentions en général - Mécanique générale - Fonderie
Chaudronnerie - Charpentes



Cadre de soutènement pour charbonnages

Machine d'extraction à Poulie KOEPE

COCKERILL

Société Anonyme

ATELFOND

(Ateliers de Construction et Fonderies)

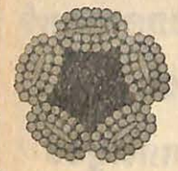
TURNHOUT Adr. télégr. : ATELFOND — Téléph. : 262

CONSTRUCTIONS METALLIQUES

RIVEES ET SOUDEES

Ponts - Charpentes - Réservoirs - **Excavateurs** - **Draglines** - **Pelles mécaniques** - **Grues** - Installations de transport - Installations de chargement et de déchargement - Wagonnets - Gazogènes - Soudure électrique.

TOUTES PIECES EN FONTE



CORDERIES D'ANS
ET
Câbleries de Renory

S. A.

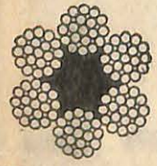
RENORY-ANGLEUR (BELGIQUE)

Adr. télégr. : **Sococables-Kinkempois** Tél. : Liége **104.37 - 114.17**

USINES FONDEES DEPUIS PLUS DE DEUX SIECLES

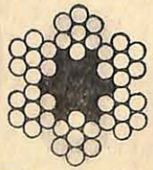
DIVISION ACIER : Câbles plats et ronds d'extraction pour mines. Tous les câbles pour l'Industrie, Marine, Carrières, Aviation.

DIVISION TEXTILES : Câbles plats d'extraction en Aloes à section décroissante et uniforme. - Câbles de transmission. - Ficelle lieuse. Fils à chalut. - Cordages en général.



CABLES SPECIAUX **TRU LAY**
sans tendance giratoire
Brevets belge et étrangers

DEMANDEZ NOTICE

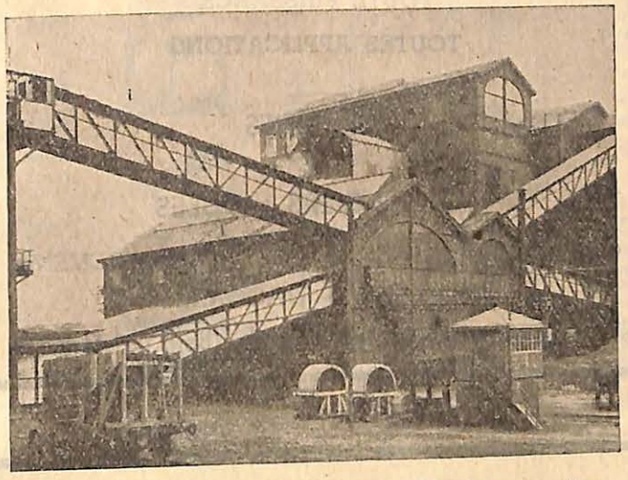


Société Anonyme **ATELIERS** de

LA LOUVIERE-BOUVY

à LA LOUVIERE (Belgique)

Téléphones : 86 et 186



Charbonnages d'Hensies-Pommerœul, à Hensies. — Intercalation d'une tour à brut de 1,200 tonnes entre le triage et le lavoir, desservie par des transporteurs à courroie de 200 à 400 tonnes-heure.

Matériel pour installations de
TRIAGES - LAVOIRS - CONCASSAGES

Châssis à molettes - Cages d'extraction

Wagons à trémies - Wagonnets

Installations de manutention de charbons

Matériel pour installation d'usines d'agglomérés

Couloirs ordinaires et émaillés

Soutènements métalliques

SPECIALITE DE TRAINAGES MECANIQUES PAR CABLES ET PAR CHAINES

TOUT POUR LA MINE

S^té A^me BAUME-MARPENT

HAINE-SAINT-PIERRE

MOTEURS ROTATIFS
A AIR COMPRIME
BREVETS R. MABILLE
TOUTE PUISSANCE
TOUTES APPLICATIONS

BERLAINES

TOUS ACIERS MOULES

CHARPENTES — RESERVOIRS — CHEVALEMENTS
WAGONS — WAGONNETS

USINES : **Haine-St-Pierre, Morlanwelz** (Belg.), **Marpent** (Fr.-N.)

SOCIETE D'ETUDES ET DE CONSTRUCTION

(Société Anonyme) **Capital : 4 millions de francs**

FILIALE DE LA
COMPAGNIE BELGE DE CHEMINS DE FER ET D'ENTREPRISES
33, RUE DE L'INDUSTRIE, 33 — BRUXELLES
Téléphone : 12.51.50

ETUDE ET CONSTRUCTION D'IMMEUBLES, BANQUES, USINES, CENTRALES ELECTRIQUES, Etc. - TOUS TRAVAUX DE GENIE CIVIL

Nombreuses références : Société Générale de Belgique, Société de Traction et d'Electricité, Charbonnages de Houthaelen, etc..., etc...

CONTRE LES GAZ
ET LES POUSSIERES

DRAEGER

construit des appareils qui ont fait leurs preuves

SPECIALITES : Appareils isolants. — Appareils à air comprimé. — Appareils filtrants contre l'oxyde de carbone. — Appareils pour désableurs. — Appareils pour visite de citerne. — Armoire de désinfection de masques. — Détecteurs C. O. — Appareils de ranimation.

BUREAU BELGE : ANTHONY BALLINGS

49, rue Gaucheret, BRUXELLES — Tél. 17.78.57 — Reg. C. Br. 142.061

NOTES DIVERSES

Généralités sur les réactions en chaines et sur les réactions photochimiques en phase gazeuze

Leur application à la combustion du méthane

par Ad. VAN TIGGELEN,
Docteur en Sciences Chimiques,
Attaché à l'Institut National des Mines.

Le problème de déterminer la vitesse d'une réaction en l'exprimant par une équation algébrique en fonction des variables chimiques du système gazeux, c'est-à-dire en fonction des concentrations initiales, de la température, de la pression et éventuellement de la surface du récipient où se produit la réaction, fait l'objet d'une science qui ne s'est développée que depuis les dix ou quinze dernières années et qui est appelée la cinétique chimique.

Cette détermination est rendue possible à deux conditions : d'abord celle de connaître avec certitude toutes les réactions intermédiaires qui se produisent au cours de la réaction globale ainsi que les lois relatives à la vitesse de ces réactions partielles; ensuite, celle de connaître les composés intermédiaires et instables formés fugacement pendant la réaction avant d'arriver aux produits finals, composés devant être identifiés du point de vue de leur nature et de leurs propriétés réactionnelles.

Montrons par un exemple purement théorique comment cette équation de la vitesse peut varier suivant les réactions et composés intermédiaires qui se produisent.

Soient A et B, deux gaz susceptibles de réagir pour donner le corps C suivant l'équation stoechiométrique globale (1).

$$2\,A + 2\,B \rightarrow X\,C \qquad (I)$$

où « X » est un nombre quelconque entier, impair et plus grand que l'unité.

1. — Supposons tout d'abord que la réaction se produise réellement suivant l'équation globale (I).

En appliquant la loi d'action des masses, nous pouvons exprimer correctement la vitesse en fonction des concentrations :

$$V = k\,(A)^2\,(B)^2$$

On déduirait ainsi par exemple que pour une pression donnée, la vitesse est maxima si (A) = (B).

Nous désignons d'une manière générale les pressions partielles des gaz par les symboles chimiques entre parenthèses et par « k » la grandeur constante pour une température donnée et variant avec celle-ci suivant la loi :

$$k = k_o e^{-E/RT}$$

k_o = étant la valeur de cette constante pour une température très élevée (T pratiquement ∞).

E = est une énergie appelée « énergie d'activation » et exprimée en calories. Plus cette énergie est élevée, plus la température nécessaire pour que la vitesse de la réaction devienne sensible est haute.

R = constante des gaz parfaits exprimée en calories.

T = température absolue.

e = base des logarithmes népériens.

On peut d'ores et déjà remarquer que cette première hypothèse est absurde dans le cas considéré, en effet : pour que plusieurs molécules réagissent entr'elles, il faut qu'elles subissent un choc simultané, or dans la théorie cinétique des gaz,

(1) On peut appeler « équation stoechiométrique » l'équation chimique où les coefficients des corps chimiques sont tous des nombres entiers. Cette équation peut représenter un processus global, mais ne représente que rarement une réaction élémentaire réelle.

Les coefficients de cette équation sont appelés « coefficients stoechiométriques ».

on montre que si les chocs entre deux molécules (chocs doubles) ou les chocs entre trois molécules (chocs triples) sont des phénomènes qui se produisent un certain nombre de fois bien connu pour une pression donnée, des chocs faisant intervenir la rencontre simultanée de quatre ou plusieurs molécules sont des évènements ayant une probabilité pratiquement nulle.

On ne peut donc admettre que la réaction 2A + 2B → XC, qui est supposée réelle, nécessite la rencontre simultanée de 2 molécules A et de 2 molécules B.

2. — Supposons maintenant que la réaction se produise en étapes suivant le mécanisme (quelconque bien entendu) :

$$(1)\quad 2\,A \rightarrow 2\,A'$$
$$(2)\quad A' + B \rightarrow A'\,B$$
$$(3)\quad 2\,A'B \rightarrow X\,C$$

Dans certaines conditions d'énergie, lors d'un choc entre deux molécules A, celles-ci se transforment en deux molécules instables A' qui jouiraient d'une grande affinité vis-à-vis du corps B avec lequel elles formeraient le corps A' B .

Deux molécules de ce dernier composé, lui-même instable, se recombinent aisément en donnant le produit final C.

On voit immédiatement que l'ensemble de ces trois équations forme une équation globale identique à celle dont nous sommes partis.

Dans ce cas excessivement simple, les équations de cinétique chimique conduisent à l'expression suivante de la vitesse globale de la réaction :

$$V = K\,(A)^2$$

Etant donné la simplicité de ce cas, nous en profiterons pour déduire cette vitesse des équations chimiques (1) (2) (3) écrites plus haut, afin de donner un exemple des méthodes de calcul en cinétique chimique.

La vitesse de la réaction globale (V) est la vitesse V_3 de la réaction (3), puisque celle-ci est la seule où se forme le composé final C.

$$(a)\qquad V = V_3 = k_3\,(A'B)^2 \text{ (loi d'action de masses).}$$

Cette vitesse est exprimée en fonction d'une inconnue (A'B) la pression partielle du composé A'B; nous pouvons l'éliminer

grâce aux équations de stationnarité du système chimique en évolution.

On entend par « équations de stationnarité » celles qui expriment que ces molécules intermédiaires A'B et A' ne s'accumulent guère pendant la réaction durant laquelle elles sont en concentration constante souvent très faible.

Elles s'obtiennent en égalant la vitesse de formation de ces composés à la vitesse de disparition.

Par exemple, pour la molécule A'B, la vitesse de formation est la vitesse de la réaction (2), V_2, et la vitesse de disparition est égale au double de la vitesse de la réaction (3), V_3.

$$V_2 = 2\,V_3$$

$$V_2 = k_2\,(A')\,(B) \text{ et } V_3 = k_3\,(A'B)^2$$

équation de stationnarité : $k^2\,(A')\,(B) = 2\,k_3\,(A'B)^2$ (b)

Pour la molécule A', le même raisonnement fournit :

$$2\,V_1 = V_2$$

$$V_1 = k_1\,(A)^2 \qquad V_2 = k_2\,(A')\,(B)$$

équation de stationnarité pour A' :

$$2\,k_1\,(A)^2 = k_2\,(A')\,(B) \qquad (c)$$

La combinaison des équations (a) (b) et (c) donne :

$$V = k_1\,(A)^2$$

La vitesse de la réaction dépendrait donc uniquement de la concentration en corps A. Hâtons-nous d'ajouter que le schéma qui conduit à cette expression est purement théorique; il conduirait au paradoxe que la vitesse de la réaction A + B est indépendante de la concentration en corps B; pour une pression totale déterminée, elle serait même maxima si la concentration en B s'annule.

3. — Le composé instable A' doit disparaître même en l'absence de B. On imagine volontiers une nouvelle réaction inverse de la réaction (I) soit la réaction :

$$(4) \qquad 2\,A' \rightarrow 2\,A.$$

En présence de B, il y aura donc compétition entre la réaction (2) et la réaction (4). Si on fait le même raisonnement qui a été exposé en détail pour le cas précédent et qui consiste à écrire les équations de stationnarité pour les corps labiles ou

instables A' et A'B ainsi que la vitesse de la réaction globale, on obtient une expression beaucoup plus rationnelle pour la vitesse globale :

$$V = \frac{k_2\,(B)}{8\,k_4}\left[\sqrt{k^2_2\,(B)^2 + 16\,k_1 k_4\,(A)^2} - k_2\,(B)\right]$$

Connaissant les constantes k_1 k_2 et k_4, on peut, pour des pressions partielles variables de A et de B, déterminer à priori la vitesse de la réaction.

Ces constantes k_1, k_2, k_4 etc. doivent donc être établies par l'étude de chacune des réactions intermédiaires.

Nous avons donc vu que la vitesse d'une réaction normale (par opposition aux réactions en chaines comme nous verrons plus loin) doit correspondre aux nombres de chocs entre molécules au sein du gaz et qu'elle peut faire l'objet d'une équation algébrique à partir de laquelle elle peut être calculée à priori, à condition de connaître les réactions et les composés intermédiaires produits au cours de la réaction.

I.

LES REACTIONS EN CHAINE. LEURS CARACTERISTIQUES.

Il existe des réactions dont la vitesse est tellement élevée qu'on ne peut l'interpréter en se basant sur les considérations classiques de la cinétique chimique telles qu'elles viennent d'être exprimées d'une façon très élémentaire à propos de l'exemple précédent se rapportant à une réaction à vitesse normale.

Ces réactions rapides sont, par exemple, en nous limitant aux cas de réactions d'oxydation, les réactions de combustion vive d'inflammation et d'explosion.

A première vue, on peut penser qu'il serait possible d'en donner une explication purement « thermodynamique » par ce qu'on pourrait appeler l'hypothèse de la propagation d'une « chaine thermique ».

On constate que ces réactions sont toujours fortement exothermiques.

Dès lors, supposons qu'un point du mélange gazeux soit accidentellement porté à une température suffisamment élevée pour que la réaction se produise en ce point; la chaleur dégagée sera suffisante pour échauffer la région avoisinante à une température telle qu'elle entre en réaction à son tour et cela malgré la déperdition de chaleur due à la conductivité thermique du mélange.

Les volumes entrant en réaction successivement sont de plus en plus grands et on conçoit que la vitesse atteigne rapidement une valeur pratiquement infinie: il y a explosion.

Si ce que nous appellerons « chaine thermique » est une hypothèse qui macroscopiquement est vérifiée (en voulant dire par là qu'elle ne constitue pas une explication causale du phénomène) elle ne permet guère d'expliquer certaines particularités de ces réactions.

La plus caractéristique à ce point de vue est bien le fait que la vitesse de ces réactions est extrêmement sensible à la présence de petites quantités de certaines substances qui favorisent ou inhibent fortement la réaction (même lorsqu'elles se trouvent présentes en très petites quantités).

Il est impossible d'admettre que la présence de si minimes quantités de substance étrangère puisse modifier tellement la conductivité du mélange qui est seule responsable de la propagation de la « chaine thermique ».

Dans les dernières années, on a été amené à admettre un mécanisme qui avait été suggéré par certaines constatations faites en photochimie et dont nous parlerons plus loin.

Sur la base de ce mécanisme, a été fondée la théorie des réactions en chaines dont nous donnons ci-dessous les notions élémentaires (1).

(1) Une réaction se dit en chaine lorsqu'elle produit, en plus des produits finals stables, des produits intermédiaires réactionnels qui réagissent sur le composé initial pour fournir les produits finals et de nouveaux composés intermédiaires instables qui réagiront à nouveau sur le composé initial. Il y a donc une notion de périodicité et de processus qui se renouvelle à l'infini, associée à la notion de réaction en chaines.

Afin de pouvoir exposer toutes les définitions en se basant sur un cas idéal simple, nous supposons que A et B soient deux gaz susceptibles de réagir avec une très grande vitesse (donnant par exemple lieu à une inflammation) pour fournir finalement les composés C et D suivant l'équation stoechiométrique globale :

$$A + B \rightarrow C + D.$$

Admettons que la réaction se produise par les réactions intermédiaires suivantes :

$$\begin{array}{ll} (1) & A + B \rightarrow X + Y \\ (2) & A + X \rightarrow C + Y \\ (3) & B + Y \rightarrow D + X \end{array}$$

La réaction (1) est réalisée lorsqu'une molécule A et une molécule B entrent en collision dans certaines conditions énergétiques. X et Y sont des composés instables et très réactionnels; ce sont des composés intermédiaires qui ne s'accumulent pas au cours de la réaction; on les appelle « centres actifs » ou « centres propagateurs de la chaine ».

On appelle la réaction (1) la réaction de « départ » ou de « naissance de la chaine » ou encore « processus primaire »; une fois celle-ci produite, les réactions alternatives (2) et (3), dont l'ensemble forme un « maillon de la chaine » se produiront indéfiniment jusqu'à la disparition de A ou de B, c'est-à-dire, jusqu'à accomplissement de la réaction globale.

Il y a cependant certaines réactions qui font disparaître les centres actifs en les transformant en produits stables peu réactionnels : ce sont généralement des réactions de recombinaison des centres actifs entre eux et portant le nom de réactions de « rupture de chaine ».

Par exemple :

$$(4) \left\{ \begin{array}{l} 2\,X \rightarrow Z_1 \\ 2\,Y \rightarrow Z_2 \\ X + Y \rightarrow A + B \text{ réaction inverse du processus primaire.} \end{array} \right.$$

Ces dernières réactions empêchent donc la chaine de se propager indéfiniment et il y a lieu de considérer une nouvelle notion : celle de la longueur moyenne de la chaine, c'est-à-dire, la valeur moyenne du nombre de maillons qui se forment lorsqu'une réaction de départ de chaine a eu lieu.

Pour des conditions bien déterminées de température, de pression, de concentration et de surface du récipient où se fait la réaction, il y a lieu de considérer cette grandeur comme constante.

Cependant un tel mécanisme ne suffit pas encore pour expliquer des vitesses très élevées (vitesse atteignant pratiquement une valeur infinie lorsqu'elle est mesurée à l'échelle des vitesses de réactions chimiques usuelles).

En effet, une fois un processus primaire produit, dans les conditions optima d'absence de réactions de rupture de chaine, la réaction se poursuivra indéfiniment jusqu'à disparition des corps initials, mais pas nécessairement à une vitesse élevée.

Au contraire, si un centre actif peut donner lieu à l'apparition de deux ou plusieurs nouveaux centres actifs par une réaction de « ramification » ou de « branchement des chaines », on conçoit aisément que la vitesse globale atteigne, après un temps très court, une valeur pratiquement infinie puisque le nombre de chaines se branchant sur la chaine primaire augmente suivant une progression géométrique, bien entendu si les réactions de ramification l'emportent sur les réactions de rupture de chaine.

Un exemple de réaction de ramification serait :

$$(5) \qquad X + B \rightarrow 2\,Y + D.$$

Cette fois-ci, rien n'empêche que la chaine, en se ramifiant de plus en plus, conduise à une vitesse globale théoriquement infinie.

Ces réactions de ramification se produisent dans certaines limites de température et de pression qui conditionnent ainsi le passage de la réaction lente à la réaction explosive.

Les réactions en chaines, telles qu'elles viennent d'être définies de façon générale, comportent donc l'existence de composés intermédiaires instables et réactionnels (centres propagateurs) dont la connaissance est le point névralgique de l'étude chimique des phénomènes d'inflammation et d'explosion.

Ces corps instables sont presque toujours des *groupes d'atomes* formant un *radical* dont la valence n'est pas saturée (radical libre, mais parfois aussi un simple atome libre).

Et c'est cette insaturation valentielle qui rend compte de leur grande aptitude réactionnelle et de leur aptitude à se recombiner entre eux.

Dans ce cas, on a à faire à ce qu'on appelle une *chaine matérielle* » (Nernst) signifiant par là que l'énergie nécessaire à la réaction est continuellement portée par un corps chimique dans lequel elle est localisée sous forme d'énergie chimique.

Mais on peut aussi avoir à faire à des centres propagateurs constitués par *des molécules saturées* qui, normalement, ne sont pas réactionnelles, mais qui portent *une certaine énergie interne* (très souvent, une énergie d'excitation électronique) et qui contiennent de ce fait l'énergie nécessaire pour qu'une réaction se produise lorsqu'elles rencontrent une nouvelle molécule.

L'énergie en question se transmet alors sur un des produits de cette dernière réaction.

On a ainsi un autre type de chaine de réaction, c'est la « *chaine énergétique* » (Semenoff).

Par exemple, pour la réaction $A + B \rightarrow C + D$ qui se ferait ainsi :

$$A + \text{énergie} \rightarrow A^*$$
$$A^* + B \rightarrow C + D^*$$
$$D^* + A \rightarrow A^* + D$$

où l'astérisque signifie la molécule porteuse d'une énergie (parfois tout simplement une molécule ionisée, l'énergie d'ionisation étant l'énergie portée par la molécule).

En plus de leur grande vitesse (du moins lorsque la chaine est ramifiée) les réactions en chaine se caractérisent par plusieurs critères expérimentaux que nous citerons ici en montrant brièvement quelle interprétation en est donnée dans la théorie des réactions en chaine et en montrant également que le cas particulier de la réaction de combustion du méthane répond à ces caractères.

1.— Lorsqu'une réaction en chaine est provoquée photochimiquement, elle présente un rendement quantique anormalement élevé. Plus loin, nous ferons un rappel succinct sur les notions relatives aux réactions photochimiques, c'est pourquoi nous laissons provisoirement de côté cette propriété qui est bien la plus caractéristique pour les réactions en chaine.

Signalons cependant qu'elle n'a pas encore été expérimentée pour la réaction $CH_4 + O_2$, qui est bien une réaction en chaine puisqu'elle en présente toutes les autres caractéristiques.

Les résultats et constatations expérimentaux fournis par les méthodes de la photochimie sont souvent très précieux pour l'étude cinétique des réactions; c'est ce qui nous invite à les appliquer au cas de la réaction $CH_4 + O_2$.

2. — La vitesse d'une réaction en chaine est extrêmement sensible à tous les facteurs relatifs à la paroi du récipient à l'intérieur duquel se fait la réaction (nature de la paroi, dimensions et forme du récipient, rapport surface-volume, etc.)

Nous avons vu plus haut que les réactions de rupture de chaine sont généralement des réactions de recombinaison des centres actifs et que ces derniers sont presque toujours des atomes ou des radicaux simples à l'état libre.

On a montré que les atomes libres et bien souvent les radicaux ne peuvent se recombiner lors d'un simple choc au sein d'un gaz.

On peut donner une explication quelque peu imagée de cette propriété en assimilant les atomes ou radicaux à des particules matérielles qui, lors d'une rencontre, subissent un choc élastique : l'énergie cinétique est plus grande que l'énergie de liaison de sorte que, lors de leur rencontre, la recombinaison est impossible.

Il n'en est plus de même lorsqu'une troisième molécule est présente lors du choc; dans ces conditions, cette troisième molécule, par ailleurs inerte au point de vue chimique, s'empare de l'excès d'énergie cinétique et la recombinaison est rendue possible.

Il est évident également que la paroi est toujours efficace pour la recombinaison des atomes ou radicaux se rencontrant sur la paroi.

Dans la théorie complète des réactions en chaine, on a pu établir une expression de la vitesse en fonction des probabilités de rupture des chaines d'une part sur la paroi et d'autre part, par choc triple au sein du gaz.

On a montré ainsi que la vitesse est fonction du diamètre et de la forme du récipient; au surplus, cette expression de la vitesse est vérifiée (avec une bonne approximation) par l'expérience et également pour la combustion lente du méthane laquelle se produit à une température inférieure à la température d'inflammation.

Dans le cas des chaines ramifiées, la théorie est plus compliquée, mais il suffit de rappeler, par exemple, l'influence du diamètre sur la détermination des limites d'infammabilité d'un mélange d'air et de méthane et sur la vitesse de propagation de la flamme.

3. — La présence d'un gaz inerte, entre certaines limites bien entendu, augmente la vitesse d'une réaction en chaine.

Cette propriété se ramène à la précédente, en effet : le gaz inerte a pour effet de diminuer le libre parcours moyen des centres actifs au sein du gaz et de réduire par conséquent les chances, pour le centre actif, de rencontrer la paroi avant d'avoir pu se reformer par une réaction du maillon.

La théorie complète a également pu mettre ce facteur en équation : on doit ainsi avoir à partir de cette équation, en l'appliquant au cas de la réaction $CH_4 + O_2$, en présence d'un gaz inerte :

$$(CH_4)\,(O_2)\quad\left(1 + \frac{C\,(I)}{(CH_4)+(O_2)}\right) = \text{constante.}$$

C est une constante et (CH_4) (O_2) et (I) sont les pressions partielles en CH_4, O_2 et en gaz inerte (représenté par I).

Les pressions partielles (CH_4) et (O_2) dans cette formule sont celles qu'il faut réaliser pour que l'inflammation soit possible. Ce sont donc les pressions partielles limites.

Cette formule déduite à priori de la théorie des réactions en chaine est vérifiée quantitativement par l'expérience.

4. — Nous avons déjà eu l'occasion de signaler plus haut que la vitesse d'une réaction en chaines est extrêmement influencée par la présence de très petites quantités de substances qui diminuent (inhibiteurs) ou accélèrent (catalyseurs) cette vitesse.

Il est évident qu'une substance jouissant de la propriété de fixer aisément un centre actif vis-à-vis duquel elle a une grande affinité, empêchera les chaines de se propager, et que des traces de ces substances, qui sont en quelque sorte des poisons pour les centres actifs, suffiront à inhiber la réaction.

Inversement, si un composé fournit des centres propagateurs plus aisément que ne le fait le processus primaire lui-même, il

suffira qu'il soit présent en petite quantité pour accélérer très fortement la réaction.

En ce qui concerne la réaction $CH_4 + O_2$, il existe ainsi une foule de substances inhibitrices; leur recherche fait l'objet de toute une série de travaux précisément en raison de l'espoir de les utiliser, en sécurité minière. A titre d'exemple, citons le bromure d'isoamyle qui, ajouté à raison de 1 pour cent, à un mélange d'air à 9 pour cent de méthane rend le mélange ininflammable. Il suffit de 0,1 pour cent du même composé pour élever de 100° la température d'inflammation de certains mélanges de méthane et d'air.

5. — L'existence de limites de température et de pression pour le passage de la réaction lente à la réaction explosive est nécessitée par les conditions qui régissent la prédominance des réactions de ramification sur les réactions de rupture de chaine.

La vitesse d'une réaction en chaine en fonction de toutes les variables chimiques peut être déduite de la théorie générale et est exprimée par une fonction assez compliquée.

On peut l'exprimer sous la forme simplifiée que voici :

$$V = \frac{F}{f_s + f_g + F'(1 - \alpha)}$$

où F et F' sont des fonctions de la température, des pressions partielles et dans une certaine mesure de variables étroitement liées à la paroi du récipient.

f_s et f_g sont respectivement la probabilité de rupture des chaines sur la paroi et en phase gazeuse.

α est le nombre de centres actifs formés par centre actif qui disparait dans une réaction élémentaire du maillon. Pour les chaines où la ramification l'emporte sur la rupture des chaines, on a : $\alpha > 1$.

On voit immédiatement que dans le cas de $\alpha > 1$, on peut avoir :

$$f_s + f_g + F'(1 - \alpha) = 0 \qquad (1)$$

Dès lors $V = \frac{F(p)}{0} = \infty$; il y a donc inflammation ou explosion, lorsque les conditions exprimées par l'équation (I) sont réalisées.

La théorie permet même de prévoir l'existence de deux limites d'inflammabilité par une formule dont l'établissement et la discussion nous conduiraient en dehors du cadre de cet exposé.

6. — Une réaction normale (non en chaine) possède une vitesse rigoureusement constante au cours du temps, pour autant bien entendu que les conditions initiales n'aient pas varié.

Au contraire, la vitesse d'une réaction en chaine n'atteint sa valeur stationnaire qu'après un certain laps de temps appelé « période d'induction » et « retard à l'inflammation » pour les réactions d'inflammation.

On a établi théoriquement les formules suivantes exprimant la vitesse en fonction du temps :

$$\text{(I)} \quad V = Ae^{\varphi t} \quad \text{et} \quad V = B(1 - e^{-\varphi' t}) \quad (2)$$

La formule (I) s'applique aux réactions où la ramification des chaines est plus importante que leur rupture, la vitesse y devient infinie lorsque le temps « t » augmente.

La formule (2) s'applique aux réactions où la rupture l'emporte sur le branchement des chaines; à la limite, la vitesse y atteint une valeur limite B (1).

---

(1) Ces formules 1 et 2 s'obtiennent en considérant les probabilités de rupture et de ramification des chaines :

Considérons le temps $\Delta\tau$ qui s'écoule entre le moment où se forme un centre actif et le moment où il réagit par une réaction du maillon.

Pendant ce laps de temps, il y a une certaine probabilité de rupture de la chaine (soit β) et aussi une certaine probabilité de ramification (soit δ).

Ces 3 grandeurs β, δ et $\Delta\tau$ sont fonction des conditions expérimentales qui régissent la prédominance de la ramification sur la rupture ($\delta > \beta$) ou inversément ($\beta > \delta$).

Dans les formules 1 et 2, on a fait respectivement :

$$A = \frac{n_0}{\delta - \beta} \quad \text{et} \quad \varphi = \frac{\delta - \beta}{\Delta\tau}$$

$$B = \frac{n_0}{\beta - \delta} \quad \text{et} \quad \varphi' = \frac{\beta - \delta}{\Delta\tau}$$

On voit que A, B, φ et φ' varient suivant les valeurs de δ, β

La réaction $CH_4 + O_2$ est précisément une réaction qui présente un grand retard à l'inflammation, atteignant une valeur de quelques secondes alors que pour d'autres réactions (par exemple $H_2 + O_2$) il n'est que d'une fraction de seconde.

Dans certaines conditions de pression et de température, un mélange en proportion convenable de méthane et d'oxygène pur présente un retard à l'inflammation de 18 minutes, ainsi qu'il a été établi expérimentalement.

7. — La vitesse d'une réaction normale croît régulièrement avec la température d'après la loi :

$$V = Ke^{-E/RT}$$

Lorsque la température T augmente, la vitesse approche de plus en plus la valeur limite K.

Nous avons vu plus haut la signification de E.

K comprend la constante k_0 et le produit des concentrations des corps réagissant affectés d'exposants appropriés.

La vitesse d'une réaction en chaine s'exprime en fonction de la température par :

$$V = \frac{Ke^{-E'/RT}}{1 - K'e^{-E''/RT}}$$

Nous écrivons cette formule sans la discuter ni l'étudier en détail et à seule fin de montrer que la théorie prévoit une température d'inflammation.

En effet, le dénominateur ci-dessus peut s'annuler pour certaine valeur de T qui correspond à la température minima pour qu'il y ait inflammation.

Si $1 - K'e^{-E''/RT} = O$, dès lors V acquiert dans cette formule une valeur infinie.

---

et $\Delta\tau$ c'est-à-dire que ce sont en fin de compte des fonctions (assez complexe) des conditions initiales du système chimique.

Les formules 1 et 2 ont simplement pour but de montrer les deux genres de réactions en chaines où la vitesse croit en fonction du temps, ou bien très rapidement vers une valeur pratiquement infinie, ou bien lentement vers une valeur limite; suivant que les conditions expérimentales sont telles que la ramification l'emporte ou non sur la rupture des chaines.

Dans ce qui précède, nous avons exposé, assez sommairement d'ailleurs, les principales notions relatives aux réactions en chaine; ensuite ont été énumérés les critères expérimentaux de ces réactions, tout en montrant que la théorie permettait de les prévoir à priori.

Lorsque leur simplicité permettait de le faire brièvement, nous avons même écrit quelques formules établies par la théorie.

Enfin, nous avons montré chaque fois que la réaction $CH_4 + O_2$ présente chacun de ces critères.

Nous nous proposons maintenant de rappeler quelques notions sur les réactions photochimiques, qui nous semblent devoir être appliquées à l'étude du système $CH_4 + O_2$.

II

REACTIONS PHOTOCHIMIQUES

Tous les gaz présentent dans un certain domaine de longueurs d'onde une région d'absorption du rayonnement visible ou ultra-violet.

L'énergie d'un quantum lumineux absorbé peut être réémise (fluorescence) ou dissipée par agitation thermique; elle peut aussi provoquer une transformation chimique de la molécule (1).

Cette transformation ne se produit que pour un domaine bien déterminé d'absorption entre certaines limites de longueur d'onde du rayonnement incident.

Entre ces limites, tout quantum absorbé l'est par une seule molécule et seule cette molécule subit une transformation du

---

(1) A certains points de vue, on peut considérer les rayons lumineux comme un train de corpuscules matériels appelés photons (ancienne théorie corpusculaire de l'énergie rayonnante).

Ce point de vue est suffisant pour définir adéquatement le quantum d'énergie comme étant l'énergie du photon.

Celle-ci est exprimée par $h\nu$ où :

h = constante de Planck.

ν = fréquence du rayonnement en question.

Le produit $h\nu$ a donc les dimensions d'une énergie et peut s'exprimer en ergs, joules ou calories (généralement en calories).

fait même de l'absorption; la transformation subie par cette molécule au moment de l'absorption d'un quantum est appelée processus primaire d'une réaction photochimique.

Il s'en suit que le « rendement quantique » du processus primaire (φ) est toujours égal à un, en définissant le « rendement quantique » comme étant le nombre de molécules transformées pour un quantum absorbé.

Dans presque tous les cas, ce processus primaire consiste en une scission de la molécule en deux fragments qui par conséquent sont presque toujours des radicaux ou des atomes libres, donc des composés très instables et très réactionnels.

L'intérêt des réactions photochimiques réside précisément dans le fait que les fragments moléculaires, formés lors du processus primaire sont généralement connus puisque certaines considérations énergétiques montrent que la scission de la molécule absorbant un quantum se fait en tel endroit de l'édifice moléculaire.

Ces fragments sont donc connus et, étant donné leur caractère de radicaux ou d'atomes, sont excessivement réactionnels. On peut donc en étudier leur réactivité non seulement vis-à-vis des autres molécules n'ayant pas encore absorbé de quantum, mais également vis-à-vis de molécules étrangères primitivement mélangées au corps absorbant.

L'action des fragments moléculaires produits par le processus primaire, c'est-à-dire formés lors de l'absorption même du quantum, sur les molécules initiales peut provoquer en fin de compte la transformation chimique d'un nombre de molécules différent de l'unité par quantum absorbé. Ce nombre est appelé le rendement quantique global Φ.

En dehors du cas où le rendement quantique global Φ est égal au rendement quantique du processus primaire φ, on peut envisager trois cas :

1. Rendement quantique global (par opposition au rendement quantique du processus primaire) inférieur à un.

Cela implique nécessairement que la molécule initiale s'est reformée à partir des produits formés dans le processus primaire.

Par exemple, le cas de la photolyse de NH_3 dont le rendement quantique est de 0,25 environ.

On a montré par l'étude très fouillée de cette réaction photochimique que ce ne sont pas les fragments $NH_2 + H$ qui se recombinent pour reformer NH_3, mais qu'on a une suite de réactions plus complexes qui sont citées ici afin de montrer le genre de phénomène déjà assez complexe qui est débrouillé par la photochimie :

1) $NH + h_\nu \rightarrow \quad NH_2 + H.$
2) $2NH_2 + M \rightarrow \quad N_2H_4 + M.$
3) $N_2H_4 + H \rightarrow \quad NH_3 + NH_2 \quad \Phi = 0{,}25.$
4) $2NH_2 + N_2H_4 \rightarrow \quad 2\ N_2 + 4\ H_2.$
5) $2H + M \rightarrow \quad H_2 + M.$

La réaction 3) rend en effet bien compte de la reformation de NH_3 et de la valeur plus petite que un du rendement global.

2. Rendement quantique global plus grand que un, mais ne dépassant pas quelques unités. Les radicaux formés dans le processus primaire ont réagi sur de nouvelles molécules pour les décomposer également, mais sans que les radicaux se soient reformés (sans chaine de réaction).

Un exemple en est la photolyse de H_2S dont le rendement que global est 2 (réaction en gradins) :

$H_2S + h\nu \rightarrow HS + H$
$H_2S + H \rightarrow HS + H_2 \quad \Phi = 2.$
$2\ H\ S \quad \rightarrow H_2 + S_2$

La somme de ces trois réactions conduit effectivement à la destruction de deux molécules de H_2S par quantum absorbé.

3. Rendement global plus grand que un et atteignant plusieurs dizaines, centaines ou milliers.

C'est l'indice certain d'une réaction en chaine.

L'exemple classique est la photosynthèse de HCl à partir de $H_2 + Cl_2$. Cette réaction est déclenchée par le rayonnement visible :

$Cl_2 + h\nu \rightarrow 2\ Cl$
$H_2 + Cl \rightarrow H\ Cl + H$
$Cl_2 + H \rightarrow H\ Cl + Cl$ etc.
jusqu'à $2\ H$ (ou $2\ Cl$) $\rightarrow H_2$ (ou Cl_2).

Lorsqu'une molécule absorbe un quantum lumineux et se décompose en radicaux, il faut que l'énergie de ce quantum ($h\nu$) soit au moins égale à l'énergie de liaison des radicaux dans la molécule pour qu'elle soit suffisante pour en provoquer la séparation.

Dans certains cas, les molécules gazeuses n'ont un spectre d'absorption que dans l'ultra-violet lointain dont l'emploi est rendu très difficile étant donné son absorption par les parois du récipient contenant le gaz. L'énergie de ces radiations dans l'ultra-violet lointain est souvent largement supérieure à celle requise pour la scission de la molécule.

Lorsque l'absorption se fait ainsi dans l'ultra-violet très lointain, l'expérimentation est rendue impossible étant donné que le quartz lui-même, qui est la substance la plus transparente pour les rayons ultra-violets, est opaque à partir de longueurs d'ondes de 1800 Angstroms.

Les réactions photochimiques peuvent être alors étudiées par voie détournée par ce qu'on appelle la photosensibilisation.

On peut distinguer deux types de photosensibilisation qui seront expliqués ci-dessous à l'aide de deux exemples :

1. Supposons qu'on veuille étudier photochimiquement la réactivité des atomes H en présence de molécules H_2 et O_2. C'est une recherche qui a été imposée dans l'étude du mécanisme de la combustion de H_2.

La dissociation directe de H_2 en atomes se produit lorsque l'hydrogène absorbe des rayons ultra-violets de très courte longueur d'onde (800 A). Il est impossible de réaliser un matériel suffisamment transparent pour utiliser ces longueurs d'onde.

Si on ajoute au mélange $H_2 + O_2$ de petites quantités de vapeur de mercure et qu'on l'enferme dans une ampoule en quartz, les atomes de mercure pourront absorber certaines longueurs d'ondes émises par une lampe à vapeur de mercure, source de rayons ultra-violets.

Les atomes de mercure ayant absorbé ces quanta (de longueur d'onde de 2537 A portant l'atome de l'état 1^1S_0 à 2^3P_1 (1)

(1) Les termes 1^1S_0 et 2^3P_1 désignent certains états d'excitation électronique de l'atome de mercure. Lors du passage d'un atome d'un état énergétique à un autre, il y a émission ou absorption d'un rayonnement de longueur d'onde telle que l'énergie du quantum associé est égal à la différence d'énergie de ces deux états.

L'absorption a lieu lorsque l'état final a une énergie supérieure à celle de l'état initial, et l'émission a lieu dans le cas contraire.

Cependant, les états d'énergie de l'atome sont discrets, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent prendre que certaines valeurs bien déterminées par des nombres quantiques figurés précisément par les chiffres entourant les lettres S et P, qui elles-mêmes désignent des séries d'états différant entr'eux d'un certain nombre quantique appelé « nombre quantique secondaire ».

L'état 1^1S_0 est l'état normal de l'atome de mercure.

seront donc porteurs d'une énergie d'excitation électronique correspondant à 112 k. calories par atome-gramme (valeur de $Nh\nu$ où :

N = nombre d'Avogadro;

h = constante de Planck;

ν = fréquence correspondant à une longueur d'onde de 2537 A).

Cette énergie est légèrement supérieure à l'énergie de liaison des deux atomes d'hydrogène dans la molécule (elle est de 100 k. calories environ par molécule-gramme).

Il se fait précisément que l'atome de mercure ainsi excité peut céder son énergie d'excitation à la molécule d'hydrogène qui l'utilise pour se scinder en deux atomes.

On peut écrire ainsi ces processus :

$$Hg + h\nu \rightarrow Hg^* \text{ (2537 A)}$$

$$Hg^* + H_2 \rightarrow 2\,H + Hg$$

en désignant par Hg l'atome de mercure dans l'état normal 1^1S_0 et par Hg^* l'atome de mercure excité, c'est-à-dire, porté à son état quantifié 2^3P_1.

On aura donc ainsi pu réaliser la formation photochimique d'atomes H pour en étudier le comportement en présence de molécules H_2 et O_2.

Ce premier type de réaction photosensibilisée est provoqué par ce que nous proposerions d'appeler : « photosensibilisation directe » ou « par transport d'énergie ».

2. L'autre type de photosensibilisation consiste à mélanger au gaz qu'on désire voir réagir, une substance qui absorbe un rayonnement de longueur d'onde moins courte en se décomposant en radicaux identiques à ceux qui se formeraient dans un processus primaire affectant uniquement le gaz en question s'il était soumis à un rayonnement de longueur d'onde plus courte.

Supposons qu'on désire étudier le mélange $CH_4 + O_2$ en présence de radicaux CH_3.

Le méthane absorbe pour des longueurs d'ondes voisines de 1500 A; cette absorption s'accompagne d'une scission de la molécule :

$$CH_4 + h\nu \rightarrow CH_3 + H.$$

Mais, ainsi qu'il a été dit, ces longueurs d'onde sont déjà absorbées par la paroi en quartz, de sorte qu'il est impossible de réaliser cette photolyse du CH_4.

On sait, par allieurs, que les cétones et les aldéhydes absorbent les rayons ultra-violets pour une longueur d'onde voisine de 2600A. Cette absorption est accompagnée d'une scission de la molécule.

Pour l'acétone par exemple, on a :

$$CH_3COCH_3 + h\nu \rightarrow CH_3 + COCH_3$$

$$COCH_3 \rightarrow CH_3 + CO$$

On a donc en fin de compte deux radicaux CH_3, formés par quantum absorbé.

Ces radicaux se recombinent très rapidement en fournissant de l'éthane, mais avant cela subsistent durant un temps très court au sein du gaz (1).

Il suffit donc d'ajouter une petite quantité d'acétone au mélange de méthane et d'oxygène, enfermé dans un récipient en quartz, irradié par une source de rayons ultra-violets pour que l'on ait en présence CH_4, O_2 et les radicaux CH_3.

(1) Jusqu'à présent, il a souvent été question de radicaux et d'atomes libres au sein du gaz.

L'existence de ces combinaisons atomiques formant une molécule non saturée est une découverte faite dans les dernières années.

Ces composés ne peuvent exister qu'une fraction de seconde au sein du gaz (leur vie moyenne est généralement très courte).

Nous avons vu qu'ils disparaissaient aisément par recombinaison, mais que cette recombinaison ne se produit que lors d'une rencontre en présence d'une molécule inerte (du moins dans la plupart des cas).

Néanmoins, avant qu'une recombinaison soit ainsi rendue possible, ces radicaux ou atomes subissent encore plusieurs collisions avec d'autres molécules. Ils peuvent donc donner lieu à certaines réactions avec ces molécules et doivent donc être considérés comme des composés bien définis au même titre que les molécules ordinaires dont ils ne diffèrent que par leur instabilité.

Leur existence a été prouvée d'une façon absolument certaine et ne doit plus provoquer la méfiance des chimistes comme elle le faisait avant ces dernières années.

Cette méthode de photosensibilisation pourrait être adéquatement appelée « photosensibilisation indirecte » ou « par radicaux ». Nous verrons plus loin que l'exemple que nous avons pris pour illustrer cette méthode est une recherche suggérée dans le but d'étudier le mécanisme de la combustion du méthane.

L'importance des réactions photochimiques comme moyen de recherche est surtout due à ce qu'elles constituent une possibilité de former, dès la température ordinaire, des radicaux libres bien connus et dont on peut ainsi étudier les propriétés réactionnelles.

Dans les réactions en chaines, dans la plupart des cas, les centres propagateurs sont précisément des radicaux libres. Ces radicaux sont formés dans le processus primaire (réaction de départ de chaine) et celui-ci ne se produit généralement qu'à température élevée.

Il est ainsi tout naturel de chercher à déclencher, par l'introduction artificielle de centres propagateurs à la température ordinaire, une réaction en chaine qui normalement ne se produit qu'à température élevée.

III

LA COMBUSTION DU METHANE

La combustion du méthane, comme toutes les réactions explosives (et d'autres encore), est bien une réaction en chaines.

Lorsque la réaction est complète, elle se produit suivant l'équation stoechiométrique globale :

$$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O.$$

Lorsque l'oxygène est en défaut, il se forme des quantités variables d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

Le problème de déterminer à priori une expression de la vitesse de cette réaction en fonction des conditions initiales (température, pression totale et pressions partielles des gaz en présence, paroi, etc.) doit être d'une grande complexité.

On peut espérer le résoudre d'une façon approchée par une connaissance aussi complète que possible du mécanisme intime de cette réaction.

Il faut dans ce but déterminer quels sont les produits et réactions intermédiaires.

Dans la plupart des travaux sur la combustion du méthane, les auteurs se sont placés à un point de vue purement empirique, ayant comme but de déterminer, point par point peut-on dire, la vitesse en fonction de diverses conditions expérimentales ; de même les recherches sur les inhibiteurs de la réaction forment un ensemble de travaux purement empiriques et descriptifs (1).

Cet état de choses provient en partie de la grande complexité de cette réaction et il serait vain d'espérer pouvoir en établir d'un coup le mécanisme tout à fait exact.

Il est cependant absolument nécessaire d'étudier le problème au point de vue cinétique chimique pure, malgré que ce point de vue semble assez abstrait et éloigné des préoccupations utilitaires urgentes qui suscitent tant de recherches dans les laboratoires de recherches sur la sécurité minière.

---

(1) On peut se demander si ces inhibiteurs pourront recevoir une application pratique, pour la sécurité minière par exemple. Il semble qu'on ne peut encore que l'espérer, sachant que ces inhibiteurs sont des substances plutôt rares, que le volume d'air à insensibiliser par leur présence est immense et si on envisage la quantité de ces substances qu'il faudrait ajouter.

De plus, elles sont bien souvent toxiques et leur concentration efficace au point de vue inhibition est de l'ordre du pour cent.

Ce ne sont cependant pas des raisons suffisantes pour abandonner cet aspect du problème qui conserve par ailleurs tout son intérêt purement scientifique.

Il nous semble en effet que ces recherches doivent être guidées par un schéma de réaction qui aurait été établi solidement par des recherches plus abstraites, mais conformes à tout ce qui est actuellement bien fixé par la théorie des réactions en chaines.

Une autre raison de cet empirisme expérimental se trouve dans le fait que beaucoup d'auteurs considèrent encore comme suffisante une ancienne théorie qui avait été proposée il y a plusieurs années, sur la combustion du méthane : c'est la théorie de l'hydroxylation.

D'après cette théorie, la réaction $CH_4 + O_2$ se produirait par les stades successifs d'alcool méthylique $CH_3\,OH$, d'aldéhyde formique HCOH, d'acide formique HCOOH et finalement d'anhydride carbonique CO_2 et d'eau H_2O, termes finals d'oxydation.

Voici ci-dessous, les équations qu'elle comporte telles qu'on les écrit habituellement :

$$CH_4 + 1/2\,O_2 \rightarrow CH_3\,OH$$

$$CH_3\,OH + 1/2\,O_2 \rightarrow CH_2\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} \rightarrow H_2O + HC\begin{matrix}O\\H\end{matrix}$$

$$HCOH + 1/2\,O_2 \rightarrow O = C\begin{matrix}OH\\H\end{matrix}$$

$$O = C\begin{matrix}OH\\H\end{matrix} + 1/2\,O_2 \rightarrow O = C\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} \rightarrow H_2O + CO^2$$

Pour rendre compte de la formation de H_2 et de CO, lorsqu'il y a défaut d'oxygène, on ajoutait les réactions accessoires :

$$HCOH + \text{chaleur} \rightarrow H_2 + CO$$

$$HCOOH + \text{chaleur} \rightarrow H_2O + CO.$$

Devant cette série de réactions hypothétiques, le chimiste étudiant la cinétique de la réaction n'est guère plus avancé; où se trouve figurée la chaine de réactions suivant laquelle la combustion du méthane doit nécessairement se produire, étant donné les particularités qui la range parmi les réactions en chaine comme d'ailleurs toutes les réactions de combustion ?

Quel est le processus primaire? Quels sont les centres propagateurs ? Quelles sont les réactions de rupture de chaine ? etc.

Absolument toutes les questions qui sont à résoudre pour connaître cette réaction restent sans réponse si on s'en tient au schéma de la théorie de l'hydroxylation.

D'ailleurs, si on considère les quelques raisons de son origine, elles sont bien précaires :

Premièrement, on constate que dans la combustion lente du CH_4 il se forme un peu d'aldéhyde formique, surtout lorsqu'il y a défaut d'oxygène.

Deuxièmement on peut, dans certaines conditions de pression, voir apparaître de minimes quantités d'alcool méthylique et d'acide formique. On en conclut alors que ces composés (CH_3OH, CH_2O et HCOOH) étaient des composés intermédiaires.

C'était, il faut l'avouer, hâter exagérément les conclusions.

Si la réaction se produit nécessairement par les stades $CH_4 \rightarrow CH_3OH \rightarrow HCOH \rightarrow HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2O$, on peut déjà se demander pourquoi ces différents produits ne se retrouvent pas l'un aussi facilement que l'autre dans une combustion incomplète; d'autant plus que tous les trois (CH_3OH, CH_2O et HCOOH) ne sont pas tellement différents au point de vue stabilité et aptitude à subir la combustion.

D'autre part, si ces molécules étaient les véritables centres propagateurs des chaines (ou plutôt de véritables « stades intermédiaires » qui toujours doivent être bien plus réactionnels que la substance originaire) leur combustion devrait se faire beaucoup plus aisément que celle du CH_4.

Or, on constate que leur combustion présente les mêmes caractéristiques que celle du méthane; et l'introduction de ces substances dans le mélange $CH_4 + O_2$ ne diminue que faiblement le retard à l'inflammation du méthane.

On doit donc considérer ces composés comme des produits finals ou accessoires et non comme des produits intermédiaires au sens moderne de composé instable dont la réaction ultérieure se fait nécessairement.

Il faut se hâter d'ajouter que rien n'empêche cependant que ces produits subissent, une fois formés, une combustion pour leur propre compte. Ces réactions de combustion se superposent aux réactions propres de la combustion du CH_4, ce qui complique et masque quelque peu le processus de la réaction $CH_4 + O_2$

Depuis, quelques mécanismes ont été proposés, mais aucun n'est assez général pour embrasser tous les résultats expérimentaux. Certains de ces mécanismes présentent une analogie avec celui de la combustion de l'hydrogène. Ce dernier est complètement élucidé, grâce aux renseignements qui ont été fournis par des études sur la réaction photochimique $H_2 + O_2$. Pour le cas $CH_4 + O_2$, ces renseignements manquent totalement.

En raison d'une analogie qu'on est en droit de supposer pour les réactions $H_2 + O_2$ et $CH_4 + O_2$, nous considérons comme très probable le mécanisme chimique que nous proposons ci-dessous :

Supposons que par un processus primaire, que nous ne désirons pas spécifier, se trouve formé un radical CH_3 (par exemple une dissociation thermique du CH_4 suivant :

$$CH_4 + \text{chaleur} \rightarrow CH_3 + H).$$

L'action de O_2 sur ce radical est une réaction bien connue qui fournit de l'aldéhyde formique et un nouveau radical : OH.

Certains auteurs admettent que ce radical OH est susceptible de réagir sur le méthane pour former une molécule H_2O et un radical CH_3.

Les deux radicaux CH_3 et OH, qui se trouvent en présence

au sein du gaz, peuvent se recombiner pour former de l'alcool méthylique.

On a donc l'ensemble de réactions :

(2) $CH_3 + O_2 \rightarrow HCOH + OH$

(3) $OH + CH_4 \rightarrow H_2O + CH_3$

(4) $CH_3 + OH \rightarrow CH_3OH$.

On est ainsi en présence d'une réaction en chaine dont les centres propagateurs sont les radicaux CH_3 et OH. Les réactions (2) et (3) forment un maillon de la chaine et la réaction (4) est une réaction de rupture de chaine.

On voit, d'après ce schéma que l'aldéhyde formique est le terme final de la réaction d'oxydation du méthane, tandis que l'alcool méthylique n'est qu'un produit accessoire, témoin de rupture d'une chaine.

Les chaines peuvent d'ailleurs être également rompues par la réaction des radicaux OH entre eux et des radicaux CH_3 entre eux.

$$OH \rightarrow H_2O$$

(le mécanisme de la transformation du radical OH en H_2O est connu, mais il n'est pas utile de le rappeler ici).

$$\text{et } 2CH_3 \rightarrow C_2H_6.$$

Ce schéma donne donc une explication très satisfaisante du fait que la petite quantité d'aldéhyde formique, pouvant être mise en évidence au cours de la combustion du méthane, est cependant grande à côté de la quantité d'alcool méthylique qu'on peut retrouver.

Malgré son caractère de produit final dans l'oxydation du méthane, l'aldéhyde formique ne s'accumule pas au cours de la réaction et ne se retrouve pas en quantité importante dans le mélange gazeux en réaction : il subit pour son propre compte une oxydation relevant également d'un mécanisme en chaine analogue à celui de l'oxydation du CH_4.

On aurait la suite de réactions :

(3') $HCOH + OH \rightarrow HCO + H_2O$

(2') $HCO + O_2 \rightarrow CO_2 + OH$

(4') $HCO + OH \rightarrow HCOOH$.

Ici également le schéma est celui d'une réaction en chaine dont les centres actifs seraient les radicaux OH et HCO.

Nous postulons la réaction 3' qui est analogue à la réaction 3 et qui se produit lorsque la concentration en aldéhyde formique augmente (1).

L'existence du radical HCO n'est pas contestée par les auteurs qui l'on fait intervenir dans certains travaux en photochimie; nous supposons qu'il réagira d'une façon tout à fait semblable au radical CH_3 avec la molécule d'oxygène en fournissant un radical OH.

Les termes finals de l'oxydation de l'aldéhyde formique sont cette fois CO_2 et H_2O tandis que l'acide formique, lui aussi, n'est qu'un produit accessoire dû à une réaction (4') de rupture de chaine; tout comme l'alcool méthylique, l'acide formique ne doit donc se retrouver qu'en minime quantité, ce qui est bien conforme à l'expérience.

Lorsque la réaction $CH_4 + O_2$ se produit, tout se passe pour l'observateur comme si les produits finals étaient CO_2 et H_2O; cela est dû à ce que les deux mécanismes en chaine, relatifs au méthane et à l'aldéhyde formique, produit final de l'oxydation du méthane, se propagent simultanément dans le mélange gazeux, ce qui masque la séparation des deux mécanismes.

Pourrait-on encore appeler l'aldéhyde formique un produit intermédiaire si le mécanisme proposé était vérifié ? Oui, au sens ancien du mot, mais non, au sens moderne de composé instable et labile.

Les véritables produits intermédiaires de la réaction en chaine sont les centres actifs, respectivement les radicaux OH et CH_3 ou OH et HCO.

Il y a encore plusieurs réactions accessoires qui se produisent nécessairement et qui sont responsables de la complexité de la réaction globale.

---

(1) M. Coppens a montré précisément que l'aldéhyde formique formé au cours de la combustion lente du méthane se trouvait en concentration plus grande au début de la réaction (Annales des Mines de Belgique 1940. - Rapport de l'Institut National des Mines sur les travaux de l'exercice 1939, p. 177 à 207.

Par exemple, la formation d'oxyde de carbone CO et d'hydrogène H_2 apparaissant lorsque la quantité d'O_2 dans le mélange $CH_4 + O_2$ est insuffisante, peut s'interpréter par la réaction de décomposition thermique de l'aldéhyde formique :

$$H_2CO + \text{chaleur} \rightarrow H_2 + CO.$$

Le radical HCO se décompose également presque instantanément :

$$HCO \rightarrow H + CO.$$

Cette réaction est bien connue : l'atome d'hydrogène ainsi formé peut fortement influencer la vitesse de propagation des chaines et jouer peut-être un rôle assez important dans la réaction.

Parmi toutes les réactions utilisées dans les schémas qui viennent d'être exposés, il y en a quelques-unes qui sont postulées, mais dont la possibilité et même la probabilité est signalée dans les ouvrages de cinétique chimique traitant des radicaux organiques.

Les méthodes de la photochimie pourraient trouver une application heureuse pour la vérification des hypothèses qui viennent d'être présentées.

Cette application serait l'étude de l'oxydation photosensibilisée du méthane; elle comporterait trois points :

1° Etude du système $CH_4 + O_2 + CH_3$ où les radicaux CH_3 seraient produits par la photolyse d'une petite quantité d'acétone par exemple, ajoutée au mélange $CH_4 + O_2$;

2° Etude du système HCOH + O_2 + radicaux, où les radicaux seraient formés directement par photolyse de l'aldéhyde formique lui-même;

3° Etude du système CH_3 + HCOH + O_2 + radicaux, où les radicaux seraient introduits également par photolyse de HCOH.

Dans les cas 2 et 3, il suffirait donc d'irradier le mélange par les rayons ultra-violets sans ajouter de photosensibilisateur puisque le HCOH lui-même absorbe dans l'ultra-violet et fournit le radical HCO proposé comme centre propagateur.

* * *

Pour terminer nous ne pourrions mieux exprimer tout ce qu'on pourrait dire sur le manque de données à propos de la combustion du méthane que par ces quelques lignes empruntées à la conclusion d'une monographie que M. Prettre a publiée sur les réactions en chaine :

REACTIONS EN CHAINES. — Seconde partie. — par M. Prettre (*Actualités Scientifiques et Industrielles, n° 428*).

« Le seul reproche à adresser à ce genre de travaux (montrant la conformité à la théorie des réactions en chaine de Semenoff) est l'imprécision que laissent subsister les mesures cinétiques proprement dites sur le mécanisme chimique des oxydations.

» Les individualités instables (centres de départ ou propagateurs des chaines) échappent évidemment à l'analyse chimique.

» Il serait nécessaire de rendre des méthodes physiques capables de déceler ces groupements. Dans ce but, l'examen des « flammes froides » que l'on observe dans presque toutes les combustions lentes (91,101) serait extrêmement utile et n'a cependant été entreprise que rarement (40, 41, 59, 60).

» Mais quelle que soit la nature des centres qui engendrent et propagent les chaines, la présence de celles-ci ne saurait faire de doute dans les phénomènes d'oxydation et d'inflammation...

» Le mécanisme de transmission de l'énergie, tel que le conçoit la théorie des chaines s'impose tout autant pour la propagation d'un phénomène explosif dû à une inflammation locale, que pour l'oxydation lente et homogène et l'apparition spontanée de la flamme...

» ...La comparaison avec l'état présent des recherches sur la combustion de l'hydrogène met en évidence l'abscence presque complète ou même totale de travail sur l'inflammation artificielle, sur la réaction provoquée par voie photochimique (sauf pour les aldéhydes) et même sur l'influence, que des facteurs usuels tels que : concentration, gaz inertes, parois, etc. doivent exercer sur l'oxydation thermique et l'inflammation.

» De même, l'étude systématique des diverses influences sensibilisatrices ou inhibitrices mises qualitativement en évidence, reste encore à entreprendre ».

Note sur les différences de pression entre puits dans les mines aérées par ventilateurs souterrains

par R. LEFEVRE,

Ingénieur principal des mines.

La ventilation souterraine a pris, depuis quelque dix ans, une extension considérable.

Nous nous devons de rappeler que la réalisation pratique de de ce mode d'aérage est l'œuvre de M. Canivet, Directeur-Gérant du Charbonnage de Monceau-Fontaine.M. Canivet a été, dans ce domaine, un pionnier infatigable et un véritable bâtisseur. L'industrie des mines lui est redevable du progrès le plus marquant réalisé de nos jours en ventilation. Nous sommes heureux de pouvoir lui rendre ici l'hommage qui lui revient.

Nous ne rappelerons pas ici les multiples avantages de la ventilation souterraine. M. Canivet les a développés en détail dans ses publications du bulletin des ingénieurs de l'Ecole des Mines de Mons et de la revue de l'industrie minérale. Nous dirons seulement que les deux principaux de ces avantages sont, sans conteste, la possibilité de réduction au minimum des fuites d'aérage et l'extrême souplesse qu'elle permet dans la répartition adéquate des débits d'air entre les différents chantiers. Cependant, on fait, à la ventilation souterraine, le reproche de provoquer une surpression du puits de retour d'air par rapport au puits d'entrée et de créer ainsi un état de choses susceptible d'être dangereux dans les mines grisouteuses.

Dans la présente note, nous tenterons de dégager les facteurs qui conditionnent le régime des pressions dans les puits et d'étudier leur influence respective et conjuguée. Nous examinerons ensuite jusqu'à quel point et dans quels cas est fondé le reproche que l'on fait à la ventilation souterraine de créer des situations

dangereuses par suite de la surpression du puits d'air. Enfin, nous essayerons de déterminer de quelle façon et à quelles conditions on peut rétablir une surpression permanente du puits d'entrée d'air.

I. — FACTEURS CONDITIONNANT LE REGIME DES PRESSIONS DANS LES PUITS

Lorsque le ventilateur est placé à l'orifice supérieur du puits de retour d'air, l'air est aspiré dans le puits d'entrée, dans les travaux et dans le puits de retour. Si le ventilateur est placé au fond, à l'extrémité du retour d'air des travaux, l'air est aspiré dans le puits d'entrée et dans les chantiers, puis refoulé dans le puits de retour jusqu'à la surface. Ces deux modes de placement des ventilateurs correspondent à deux régimes différents des pressions relatives dans les puits Ces deux régimes sont de plus affectés différemment par l'aérage naturel, résultant de la différence de densité de l'air dans les deux puits.

1. — Influence des pertes de charges seules.

Si nous faisons momentanément abstraction de la densité de l'air, en supposant par exemple que le circuit complet, puits et travaux, soit développé dans un même plan horizontal, nous pouvons établir facilement le diagramme des pressions dans les puits, en fonction de la profondeur pour les deux modes de placement du ventilateur envisagés ci-dessus, en ne considérant que les pertes de charges dues à la circulation de l'air.

a) *Aérage aspirant sur tout le circuit général (ventilateur superficiel).*

La circulation de l'air dans les puits et les travaux occasionne des pertes de pression ou pertes de charges, qui sont compensées, en fin de circuit, par la force aéromotrice fournie par le ventilateur. Si nous désignons par r_e, r_t, r_r les résistivités respectives du puits d'entrée, des travaux d'exploitation et du puits de retour, c'est-à-dire les résistances opposées par ces puits et travaux au passage de 1 m³/sec. d'air pour 1 m. de longueur, les pertes de charges correspondantes seront, en désignant par Q le débit d'air en m³/sec. et par l_e, l_t et l_r les longueurs correspondantes des circuits :

$$h_e = r_e \times l_e \times Q^2$$
$$h_t = r_t \times l_t \times Q^2$$
$$h_r = r_r \times l_r \times Q^2$$

Nous pouvons dresser à la fig. 1, le diagramme des pressions dans les puits et travaux en fonction des longueurs, en ne tenant compte que des seules pertes de charges.

La chute de pression dans le puits d'entrée de O en A est une fonction linéaire de la profondeur l. Elle est représentée par la droite OB. La pente de cette droite par rapport à l'axe des profondeurs Ox, est égale à r_eQ^2. La perte de pression dans les travaux, de A en F est représentée par la droite BD. De même la chute de pression dans le puits de retour, de F à O est figurée

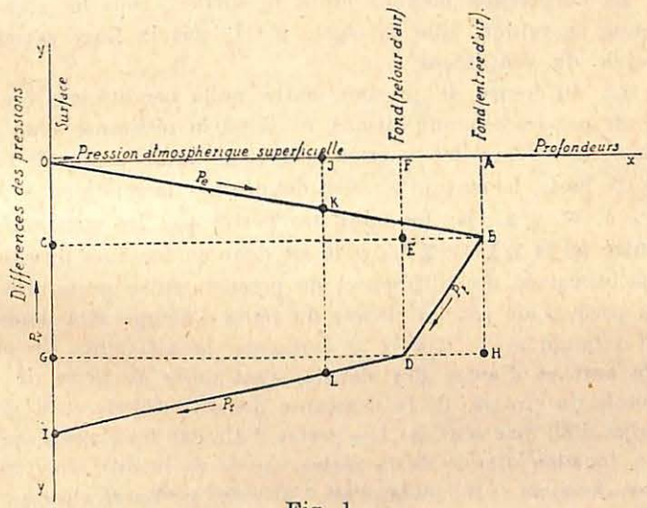


Fig. 1.

par la droite DI, dont la pente, par rapport à l'axe des profondeurs Ox, est conditionnée par r_rQ^2.

Les différences de pression du circuit d'air, en partant de la pression atmosphérique superficielle, sont donc représentées par les ordonnées de OBHDIO.

On voit que le puits d'entrée est partout en surpression par rapport au puits de retour. L'importance de cette surpression

est figurée par la différence d'ordonnées entre IDH et OB. Par exemple, à la profondeur OJ, cette surpression est de KL. La surpression minima se trouve au fond du puits d'entrée d'air En effet, comme il n'y a pratiquement pas de circulation d'air dans le puits de retour (sauf les fuites), sur la hauteur de l'étage inférieur d'extraction, depuis le niveau de retour jusqu'au niveau d'entrée, la pression dans ce puits, au niveau de retour est la même que celle du niveau d'entrée.

La dépression AH à ce dernier niveau, dans le puits de retour est donc égale à FD. Comme d'autre part, la dépression du puits d'entrée, à ce dernier niveau est AB, la surpression du puits d'entrée en cet endroit, par rapport au puits de retour est de BH. Elle est égale à la perte de charges des travaux d'exploitation.

La surpression maxima est à la surface, sous les clapets du puits de retour. Elle est égale à OI, soit la force aéromotrice totale du ventilateur.

La différence de pression entre puits conditionne les fuites d'air par les communications. Si R est la résistance d'un circuit de fuites, V le débit de cette fuite et Δp la différence de pression entre puits, la perte d'air sera donnée par la relation $\Delta p = RV^2$ ou $V = \sqrt{\Delta p/R}$. Le total des pertes par les communications entre puits $\Sigma V = \Sigma \sqrt{\Delta p/R}$ est donc en fonction directe de la racine carrée des différences de pression entre puits. De même la perte d'air par les clapets du puits d'aérage sera donnée par la relation $h = R'V'^2$, si h désigne la différence de pression de part et d'autre des clapets, c'est-à-dire la perte de charge totale du circuit, R' la résistance des dits clapets et V' les rentrées d'air par ceux-ci. Les pertes d'air par les clapets sont donc en fonction directe de la racine carrée de la différence de pression maxima entre puits, c'est-à-dire des pertes de charges totales du circuit d'aérage de la mine.

Dans les puits anciens, à moyenne ou grande profondeur, par lesquels on a déhouillé de nombreux étages superposés, il n'est pas rare de voir les pertes d'air atteindre 50 % du débit global du ventilateur, avec une incidence de 20 % pour les communications entre puits et de 30 % pour le sas.

b) *Aérage aspirant et soufflant (ventilateur au fond).*

Lorsque le ventilateur est placé au fond, à l'extrémité du retour d'air des travaux, il y a chute de pression dans la partie

du circuit située à l'amont du ventilateur, c'est-à-dire dans le puits d'entrée d'air et dans les travaux. La force aéromotrice du ventilateur élève ensuite la pression dans la partie du circuit à l'aval du ventilateur, c'est-à-dire dans le puits de retour. Le diagramme de la fig. 2 indique la variation des pressions dans le circuit en fonction des longueurs, compte tenu uniquement des pertes de charges. La chute de pression dans le puits d'entrée de O en A, est représentée par la droite OB. Dans les travaux, cette chute de pression est figurée par la droite BD. Le ventilateur élève la pression de D en E. Cette surpression décroît de EF à O, suivant EO, du fond à la surface, dans le puits de retour.

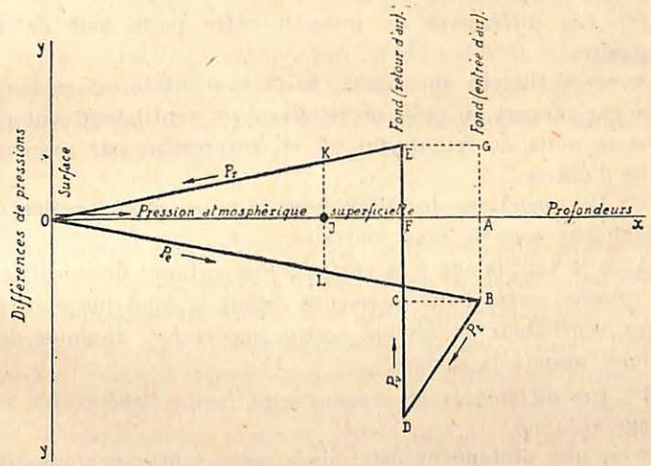


Fig. 2.

Les différences de pression du circuit d'air, en partant de la pression atmosphérique superficielle, sont donc représentées par les ordonnées de OBDEO.

Avec ce mode de placement du ventilateur, le puits de retour est partout en surpression par rapport au puits d'entrée, si l'on ne tient compte que des pertes de charges. L'importance de cette surpression est figurée par la différence d'ordonnées entre OEG et OB. Par exemple à la profondeur OJ, la surpression est de KL. A proximité immédiate de la surface, la pression dans les puits est la même. La différence de pression entre puits

augmente avec la profondeur. Elle est maxima au fond, au niveau d'entrée d'air, et égale à la somme des pertes de charges dans les puits. En effet, par suite de l'absence de courant d'air dans le puits de retour, sur la hauteur de l'étage inférieur d'extraction, du niveau de retour au niveau d'entrée, la pression à ces deux endroits est la même et égale à + EF. La pression dans le puits d'entrée, au niveau d'entrée étant — AB, la différence de pression entre puits en cet endroit est EF + AB = GA + AB = GB.

Si l'on compare à la lumière des fig. 1 et 2 le régime des pressions dans les puits pour les deux modes de placement du ventilateur envisagés, on trouve les différences ci-après, en ne considérant que les pertes de charges :

1°) Les différences de pression entre puits sont de signe contraire.

Avec ventilateur superficiel, le puits d'entrée est en surpression par rapport au puits de retour. Avec ventilateur souterrain, c'est le puits de retour qui est en surpression par rapport au puits d'entrée.

2°) Les variations des différences de pression en fonction de la profondeur sont de sens contraire.

Avec le ventilateur à la surface, l'importance de la différence de pression entre puits augmente depuis le fond jusqu'au jour. Avec ventilateur souterrain, cette importance diminue depuis le fond jusqu'à la surface.

3°) Les différences de pression sont moins élevées avec ventilateur au fond.

Pour une profondeur déterminée, avec ventilateur superficiel, la différence de pression entre puits est égale à la perte de charges des travaux augmentée de la somme des pertes de charges dans les puits, depuis la profondeur considérée jusqu'au fond. Elle n'est jamais inférieure à la perte de charges des travaux, au fond, et elle atteint la perte de charge totale du circuit complet d'aérage à la surface. Pour une même profondeur déterminée, avec ventilateur au fond, la différence de pression entre puits est égale à la somme des pertes de charges dans les puits, depuis la profondeur considérée jusqu'à la surface. Elle est nulle en ce dernier endroit et atteint son maximum, égal à la perte de charge totale des puits, au fond de ceux-ci. La perte de charges des travaux n'entre jamais en ligne de compte, dans le cas du ventilateur souterrain, alors qu'elle intervient toujours avec le ventilateur superficiel.

Nous tirons, de ce qui précède, les conclusions suivantes, en ce qui concerne les pertes d'air.

1°) Les pertes au sas sont nulles avec ventilateur au fond En effet, sous l'orifice superficiel du puits de retour, la pression est égale à la pression atmosphérique.

2°) Les pertes entre puits, par les communications, sont réduites avec ventilateur au fond. En effet, les différences de pression entre puits étant plus faibles, en moyenne, qu'avec ventilateur superficiel, la somme des débits de fuites sera aussi plus faible puisque ces débits varient comme la racine carrée des différences de pression.

3°) Avec ventilateur superficiel, les fuites sont constituées d'air frais court-circuité avant les travaux.

Avec ventilateur au fond, les fuites sont constituées d'air vicié qui retourne dans les travaux.

2. — Influence de l'aérage naturel seul.

L'échauffement progressif de l'air dans le circuit provoque, entre les puits, un tirage dû à la différence de densité des deux colonnes d'air. Il serait sans intérêt pour l'objet de la présente note d'établir ici une théorie exacte de l'aérage naturel. Nous nous contenterons d'estimer approximativement son influence sur les différences de pression entre puits en partant de la formule habituellement utilisée. Nous négligerons également l'influence de l'état hygrométrique de l'air.

Si Δ est la densité de l'air à une profondeur x où la pression est p, l'accroissement de pression dp à une profondeur $x + dx$ est $dp = \Delta\, dx$. Si T est la température en x, $p/\Delta = RT$, R étant la constante de l'air égale à 29,27. D'où $dp/p = dx/RT$.

A l'occasion d'assez nombreux relevés de température souterraine, j'ai pu constater que par sa circulation dans le puits d'entrée, l'air ne s'échauffait que modérément. Cet échauffement est fonction de la profondeur et de différents facteurs qu'il serait inopportun d'énumérer ici. Il est également fonction de la température superficielle d'entrée, que nous désignerons par T_0. Lorsqu'aucune cause perturbatrice ne vient troubler le processus

d'échauffement, on peut admettre approximativement que l'élévation de température dans le puits d'entrée est proportionnelle à la profondeur. Si nous appelons n l'élévation de température par mètre de profondeur, n étant fonction de T_o et des conditions d'exploitations, nous pouvons écrire que, dans le puits d'entrée, $T_e = T_o + nx$. En introduisant cette valeur pour T dans l'équation différentielle

$$\frac{dp}{p} = \frac{dx}{RT}, \text{ on a : } \frac{dp}{p} = \frac{dx}{R\,(T_o + nx)}$$

$$\text{ou} \quad \frac{dp}{p} = \frac{1}{Rn} \times \frac{d\,(T_o + nx)}{T_o + nx}.$$

En intégrant entre les limites p_e et p_o d'une part et x et o d'autre part (p_e est la pression à la profondeur x, dans le puits d'entrée, p_o est la pression barométrique superficielle), il vient :

$$l\,\frac{p_e}{p_o} = \frac{1}{Rn} \times l\,\frac{T_o + nx}{T_o} \text{ ou } p_e = p_o \left(\frac{T_o + nx}{T_o}\right)^{1/Rn}$$

Par sa circulation dans les travaux, l'air continue à s'échauffer. C'est dans cette partie du parcours que l'élévation de température est la plus importante. Ce fait s'explique logiquement par le fractionnement, dans les dits travaux du débit total en débits partiels, circulant à plus faibles vitesses que dans les puits et empruntant des circuits de plus grande longueur que dans ceux-ci. Le contact de chaque unité de volume d'air avec les roches encaissantes est ainsi plus intime et plus prolongé. Dans le puits de retour, si aucun facteur de perturbation n'intervient, on peut considérer que les causes antagonistes d'échauffement et de refroidissement s'équilibrent et que la température de l'air y est à peu près constante, donc indépendante de la profondeur. Nous désignerons cette température par T_r. En remplaçant T par T_r dans l'équation $dp/p = dx/RT$ et en intégrant entre les limites p_r et p_o d'une part et x et o d'autre part (p_r étant la pression à la profondeur x dans le puits de retour, p_o la pression barométrique superficielle), il viendra :

$$l\,\frac{p_r}{p_o} = \frac{x}{RT_r} \quad \text{ou} \quad p_r = p_o\, e^{x/RT_r}$$

L'équation des différences de pression dans les puits sera donc :

$$p_e - p_r = p_o \left(\frac{T_o + nx}{T_o}\right)^{1/Rn} - p_o\, e^{x/RT_r}$$

Cette équation peut être simplifiée en adoptant pour T_e une valeur moyenne de la température superficielle T_o et de la température à la profondeur x : $T_o + nx$, c'est-à-dire $T_o + nx/2$, et en considérant cette température comme constante pour le tronçon allant de la surface à la profondeur x. Dans ce cas :

$$p_e = p_o\, e^{\frac{x}{R(T_o + nx/2)}}$$

$$\text{et} \quad p_e - p_r = p_o \left(e^{\frac{x}{R(T_o + nx/2)}} - e^{x/RT_r}\right)$$

On peut encore simplifier d'avantage en développant en série la fonction e^{x/RT_r}.

On sait que :

$$e^{x/RT_r} = 1 + \frac{x}{RT} + \frac{1}{2}\left(\frac{x}{RT}\right)^2 + \frac{1}{2.3}\left(\frac{x}{RT}\right)^3 + \ldots$$

On peut ici négliger, sans erreur appréciable, les termes qui suivent le 2me, car seule la différence $p_e - p_r$ nous intéresse.

Nous ne négligerons donc ainsi que la différence entre $\frac{1}{2}\left[\frac{x}{RT_e}\right]^2$ et $\frac{1}{2}\left[\frac{x}{RT_r}\right]^2$ et ainsi de suite, ce qui est insignifiant. On pourra donc écrire :

$$p_e - p_r = p_o \left(1 + \frac{x}{R(T_o + nx/2)} - 1 - \frac{x}{RT_r}\right)$$

$$\text{ou} \quad p_e - p_r = \frac{p_o x}{R} \left(\frac{1}{T_o + nx/2} - \frac{1}{T_r} \right)$$

La courbe qui représente cette fonction a l'allure hyperbolique indiquée à la fig. 3. Sa concavité est tournée vers le bas.

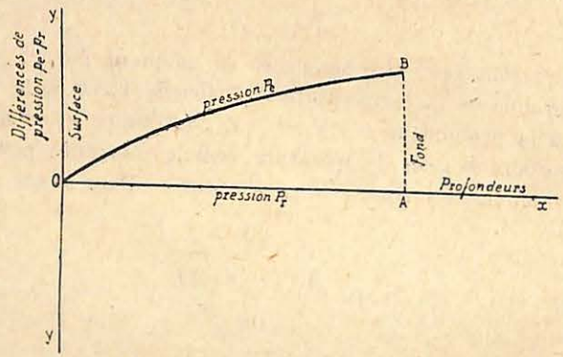


Fig. 3.

Nous avons pris comme axe des profondeurs Ox, l'horizontale passant par le point O de pression atmosphérique superficielle. La droite OA et la courbe OB ne représentent donc pas les pressions absolues dans les puits, celles-ci croissant à mesure que la profondeur augmente, à cause du poids de plus en plus grand de la colonne d'air surincombante.

pour que OA et OB représentent les pressions absolues dans les puits, il faudrait adopter comme axe des x une droite oblique partant de O et descendant fortement vers la droite du croquis Cette façon de faire compliquerait inutilement les diagrammes. Ce qui nous intéresse c'est la différence de pression entre puits et celle-ci est exactement figurée sur le diagramme fig. 3 en prenant l'horizontale pour Ox.

La pression du puits d'entrée est supérieure à celle du puits de retour du fait de l'aérage naturel envisagé isolément. La diminution de surpression, du fond à la surface est moins que proportionnelle à la profondeur. Cette surpression est fonction de la pression barométrique superficielle, de la profondeur, de la température superficielle, de la variation de température par

unité de longueur dans le puits d'entrée (laquelle est fonction de la température superficielle) et de la température du puits de retour. Elle dépend donc des conditions d'exploitation de la mine, lesquelles sont constantes pour des périodes d'assez longue durée et des conditions atmosphériques extérieures, spécialement de la température.

Les écarts de celle-ci au cours d'une année et même au cours de 24 heures confèrent, dans nos climats, un caractère éminemment instable à l'aérage naturel.

Rappelons que les calculs ci-avant et la courbe que nous en avons tirée sont basés sur les hypothèses de la variation linéaire de température en fonction de la profondeur, dans le puits d'entrée et de la constance de la température dans le puits de retour. Ces hypothèses ne sont approximativement réalisées que pour autant qu'aucune cause de perturbation n'intervienne. En réalité, il existe presque toujours des causes perturbatrices qui viennent modifier la répartition des températures dans le puits. Les principales de ces causes sont:

1°) Les variations de débit dans les puits. S'il y a plusieurs étages d'exploitation, le débit diminuera progressivement en descendant dans le puits d'entrée et augmentera progressivement en remontant dans le puits de retour. Les masses d'air et les vitesses dont elles sont animées étant variables dans les puits, il en résultera une élévation irrégulière de la température de celles-ci au contact des parois du puits, qui transmettent à l'air la chaleur interne des roches.

2°) Les échanges d'air directs entre puits occasionnés par les fuites. S'il y a surpression du puits d'entrée, il y a abaissement de la température du puits de retour par les fuites d'air frais. S'il y a surpression du puits de retour, il y a élévation de la température du puits d'entrée par les fuites d'air vicié échauffé.

3°) La circulation des cages dans les puits. Les remous produits par les déplacements des cages occasionnent des brassages d'air qui apportent des modifications irrégulières de température.

4°) Les chutes d'eau dans les puits. Celles-ci occasionnent des abaissements irréguliers de température des puits. Cette influence est surtout sensible dans le puits de retour.

5°) Les coups de vent à l'orifice des puits non protégés. Ces coups de vent occasionnent des remous d'air dans les tronçons de puits voisins de la surface.

Il en résulte que, dans la pratique, on aura peu souvent l'occasion de se servir de la formule analytique exposée ci-avant pour établir la courbe de l'aérage naturel en fonction de la profondeur. Il faudra établir celle-ci par points. On décomposera les puits en tronçons consécutifs dont on prendra la température moyenne. La pression à la base de chaque tronçon sera calculé de proche en proche, à partir de la surface par la formule :

$$p_n = p_{(n-1)} \cdot e^{R \frac{x_n - x_{n-1}}{\frac{T_n + T_{n-1}}{2}}}$$

dans laquelle p_n et p_{n-1} représentent respectivement les pressions à la base des tronçons n et $n - 1$, x_n et x_{n-1} les profondeurs des bases de ces mêmes tronçons, T_n et T_{n-1} les températures absolues à la base des dits tronçons.

En employant les logarithmes vulgaires, on a :

$$\log p_n = \log p_{n-1} + \frac{x_n - x_{n-1}}{R \frac{T_n + T_{n-1}}{2}} 0{,}434, \text{ avec } R = 29{,}27.$$

On peut aussi employer la formule approchée dont nous nous sommes servis antérieurement :

$$p_n = p_{n-1} \left(1 + \frac{x_n - x_{n-1}}{R \frac{T_n + T_{n-1}}{2}}\right)$$

La différence entre les pressions des deux puits à la base d'un tronçon déterminé fournira la valeur de l'aérage naturel en

cet endroit. La formule approchée conduit à des valeurs sensiblement égales (pour les profondeurs et les températures usuelles) à 1 ou 2 mm. d'eau près, de celles tirées de la formule logarithmique.

La courbe réelle de l'aérage naturel, établie par points en tenant compte des facteurs de perturbation de température, conserve généralement une allure analogue à celle de la courbe théorique, tirée de la formule analytique. Sa concavité est, le plus souvent, également tournée vers le bas.

3. — Influences conjuguées des pertes de charges et de l'aérage naturel.

Pour estimer l'influence conjuguée des pertes de charges, résultant de la circulation de l'air, et de l'aérage naturel sur les différences de pression entre puits, il faut combiner les diagrammes des fig. 1 et 2 avec celui de la fig. 3.

a) *Ventilateur superficiel.*

Pour ce mode d'aérage, le puits d'entrée est en surpression par rapport au puits de retour. L'aérage naturel provoque également une surpression du puits d'entrée. Les deux causes agissent dans le même sens, l'aérage naturel accentue la surpression du puits d'entrée. La fig. 4 indique la variation de la différence de pression en fonction de la profondeur.

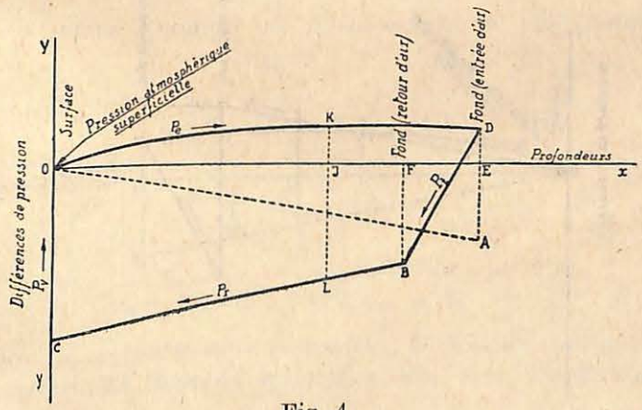


Fig. 4.

A la droite OA, donnant l'indication de la pression dans le puits d'entrée, il faut ajouter la surpression produite par l'aérage naturel. On portera donc le diagramme de la fig. 3 au-dessus de OA, en prenant cette droite comme axe des x, l'axe des y restant la verticale. Le diagramme des pressions dans le circuit deviendra ainsi ODBCO, par suite de l'aérage naturel. La différence des pressions entre puits sera donnée par la différence d'ordonnées entre OD et CBA'. Le point A', non figuré au diagramme, est à la rencontre de la verticale DA prolongée et de l'horizontale passant par B.

A une profondeur quelconque OJ, la surpression du puits d'entrée sera KL. La surpression à la surface reste égale à OC, charge motrice du ventilateur. Au fond, elle est aussi égale à la perte de charge des travaux.

b) *Ventilateur souterrain.*

Si le ventilateur est placé au fond, c'est le puits de retour qui est en surpression par rapport au puits d'entrée. Comme l'aérage naturel provoque une surpression du puits d'entrée, les deux actions sont antagonistes. Suivant leur importance respective, l'une ou l'autre sera prépondérante. De toute façon l'aérage naturel diminuera la différence de pression entre puits.

La fig. 5 donne l'état des différences de pression entre puits

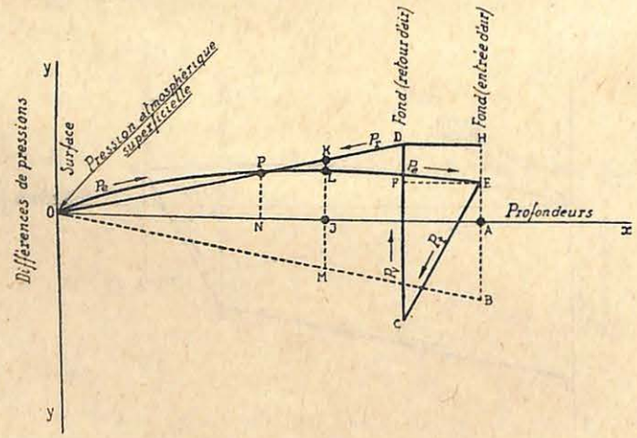


Fig. 5.

en fonction de la profondeur. A la droite OB des pressions dans le puits d'entrée, on ajoutera, comme dit ci-avant, la surpression due à l'aérage naturel. La courbe des pressions dans le puits d'entrée devient ainsi OPLE au lieu de OB. La ligne des pressions dans le puits de retour étant ODH, la différence de pression entre puits est donc donnée par les différences d'ordonnées entre OPLE et ODH. Les deux lignes se coupent en P, correspondant à la profondeur ON. De la surface jusqu'à cette profondeur, le puits d'entrée est en légère surpression. De N jusqu'au fond, c'est le puits de retour qui est en légère surpression. Cette surpression est maximum au fond. Elle est égale à HE; sans l'aérage naturel, elle serait beaucoup plus élevée et égale à HB.

On peut calculer la profondeur ON où la différence de pression entre puits est nulle. Nous avons vu en effet que, pour une profondeur x, la surpression du puits de retour, avec ventilation souterraine, est donnée par la somme des pertes de charges dans les puits, depuis la surface jusqu'à la profondeur x considérée. Si r_e et r_r sont les résistivités respectives des puits d'entrée et de retour et Q le débit d'air circulant dans ces puits, on a $p_r - p_e = (r_e + r_r)\, Q^2 x$. D'autre part, nous avons admis également que la surpression du puits d'entrée provoquée par l'aérage naturel était :

$$p_e - p_r = \frac{p_o}{R}\, x \left(\frac{1}{T_o + nx/2} - \frac{1}{T_r}\right).$$

Nous aurons l'équilibre des pressions entre les puits lorsque :

$$(r_e + r_r)\, Q^2 x = \frac{p_o}{R}\, x \left(\frac{1}{T_o + nx/2} - \frac{1}{T_r}\right),$$

c'est-à-dire pour :

$$x = \frac{2}{n} \left(\frac{\frac{p_o}{R}\, T_r}{(r_e + r_r)\, Q^2 T_r + p_o/R} - T_o\right).$$

Entre la surface et cette profondeur, le puits d'entrée sera en surpression. La zone de surpression sera donc d'autant plus grande que :

1°) n est faible. Si T_1 est la température au fond du puits d'entrée, T_o la température à la surface et l la profondeur totale du puits, nous avons défini $n = \frac{T_1 - T_o}{l}$. La valeur de n sera donc d'autant plus faible que l'écart $T_1 - T_o$ sera petit et la profondeur l grande. La température T_1 étant elle-même fonction de T_o, on pourra dire que n est d'autant plus faible que T_o est faible et l élevé.

2°) p_o est élevé. Les fortes pressions barométriques sont donc favorables à l'accroissement de la zone où le puits d'entrée est en surpression.

3°) T_o est faible. La température extérieure superficielle joue un rôle important dans la question qui nous occupe.

4° T_r est grand. La température du puits de retour est fonction de la profondeur d'exploitation. T_r augmente avec cette dernière.

5°) $(r_e + r_r)\,Q^2$ est faible. Les pertes de charges peu élevées dans les puits sont favorables à l'obtention d'une grande zone de surpression du puits d'entrée. Ces pertes de charges dépendent de la résistivité des puits $(r_e + r_r)$ et du carré du débit d'air, Q^2, qui y circule. Pour des puits peu résistants, on peut, lorsque l'aérage naturel est important, obtenir une surpression continue du puits d'entrée depuis la surface jusqu'au fond. Pour qu'il en soit ainsi, il faut faire $x = l$ dans la formule donnant la profondeur où il y a équilibre des pressions dans les puits. Il vient alors :

$$l = \frac{2}{n}\left(\frac{\frac{p_o}{R}\,T_r}{(r_e + r_r)\,Q^2T_r + p_o/R} - T_o\right).$$

En remplaçant n par $\frac{T_1 - T_o}{l}$, on a finalement :

$$Q^2\,(r_e + r_r) = \frac{p_o}{R}\left(\frac{1}{\frac{T_o + T_i}{2}} - \frac{1}{T_r}\right).$$

On pouvait obtenir directement cette équation en égalant la surpression du puits de retour due aux pertes de charges totales à la surpression du puits d'entrée produite au fond par l'aérage naturel. Comme Q, r_e, r_r, T_r peuvent être considérés comme des constantes pour des conditions déterminées d'exploitation, on voit que la possibilité d'obtenir une surpression constante du puits d'entrée sur toute la profondeur dépend, pour ces conditions d'exploitation, des seules variables p_o, T_o et T_1. La température T_1 au fond du puits d'entrée dépend de la profondeur du puits et de T_o. Les variations annuelles relatives de pression barométrique superficielle sont de l'ordre de 4 %. Les écarts annuels relatifs de température extérieure superficielle sont de l'ordre de 12 %. Les variations de pression barométrique sont souvent de peu de durée. La pression moyenne est relativement constante. Au contraire, la température extérieure se tient, pendant des périodes assez longues, à des valeurs assez différentes, suivant les saisons. C'est donc en fin de compte la température extérieure T_o qui conditionne surtout la possibilité d'avoir, dans le puits d'entrée, une surpression continue, de la surface jusqu'au fond. En général, cette surpression continue ne sera pas permanente. Elle n'existera que pendant certaines périodes froides, dans les puits faiblement résistants, où le débit d'air est relativement peu élevé.

La plupart du temps un tronçon seulement du puits d'entrée, à partir de la surface sera en surpression. Le point d'équilibre des pressions sera à une profondeur conditionnée par les facteurs ci-avant indiqués. Certains de ceux-ci, dépendant des conditions d'exploitation, ne varient qu'à longue échéance et peuvent être considérés comme constants pour une période de plusieurs années. Les autres dépendent des conditions climatériques. Ils sont donc fréquemment variables, spécialement la température extérieure. Les écarts diurnes de celles-ci peuvent atteindre 10°

dans nos régions et les écarts annuels 35°. Du fait de ces facteurs variables, le point d'équilibre des pressions dans les puits se déplacera fréquemment. Il se situera à la surface si l'aérage naturel devient nul, en été et il pourra atteindre le fond des puits pendant la saison froide, dans les puits peu résistants à faible débit d'air.

Le point d'équilibre théorique, déterminé par la formule analytique ne coïncidera pas avec le point d'équilibre réel, s'il intervient des causes perturbatrices, dont nous avons parlé, qui modifient les lois de variation linéaire de température dans le puits d'entrée et de constance de cette température dans le puits de retour. Il arrivera même souvent, la courbe réelle de l'aérage naturel étant généralement plus aplatie que la courbe théorique, que cette première courbe ne recoupera pas la droite des pressions du puits de retour sur toute la profondeur. Dans ce cas, la dite droite des pressions du puits de retour sera toute entière au-dessus de la courbe d'aérage naturel (puits de retour en surpression sur toute la profondeur) ou toute entière en dessous de la courbe susdite (puits d'entrée en surpression sur la profondeur). Il n'y aura pas alors de point neutre.

Nous conclurons des considérations précédentes que, dans les mines aérées par ventilateurs souterrains, l'influence de l'aérage naturel se traduit par une réduction de l'écart des pressions entre puits. Il faut déduire, des pertes de charges des puits qui provoquent la surpression du puits de retour d'air, la valeur de l'aérage naturel. A un endroit déterminé, le puits de retour d'air sera en surpression ou en dépression par rapport au puits d'entrée selon que les pertes de charges des puits, depuis l'endroit considéré jusqu'à la surface, seront plus grandes ou plus petites que l'aérage naturel en cet endroit. Par suite de la diminution de la différence de pression entre puits, les fuites d'aérage sont réduites à l'extrême. Ces faibles fuites sont constituées d'air frais, court-circuité avant son entrée dans les travaux, là où le puits d'entrée est en surpression. Ces fuites consistent en faibles volumes d'air vicié, refoulés dans les travaux, là où le puits de retour est en surpression.

4. — Exemples d'application.

Nous donnons ci-après comme exemples d'application pratique des considérations générales ci-avant, quelques diagrammes relevés d'après des mesures effectuées dans diverses mines aérées par ventilateurs souterrains. Nous remercions vivement Messieurs les Directeurs et Ingénieurs qui nous ont mis à même d'établir ces diagrammes.

Nous insistons particulièrement sur le fait que ces schémas ne fixent le régime relatif des pressions dans les puits qu'à un instant déterminé, pour une température superficielle extérieure et une pression barométrique données. Ces deux éléments étant essentiellement variables dans le temps, le régime des pressions dans les puits, qui en dépend, change donc aussi très fréquemment. Les diagrammes que nous reproduisons ci-après n'ont donc qu'une valeur purement indicative.

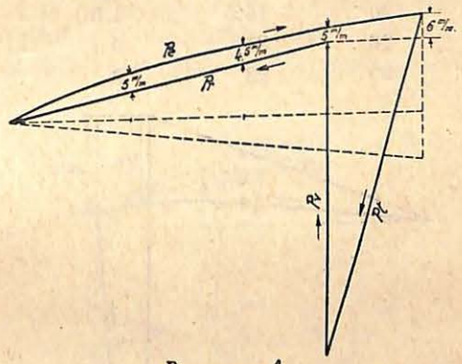


Diagramme A.

A. — Caractéristiques : Exploitation à 840 mètres de profondeur.

Température superficielle extérieure lors des mesures : 5°.

Pression barométrique : 753 mm de mercure.

La courbe d'aérage naturel en fonction de la profondeur a une allure concave vers le bas, analogue à la courbe théorique. La force aéromotrice naturelle est de 29 mm d'eau au fond. Les pertes de charges totales des puits sont faibles; ceux-ci sont peu résistants et le cube moyen qui y passe est peu élevé. Il est de l'ordre de 24 m³/sec. Les pertes de charges des puits s'élè-

vent à 23 mm d'eau. Il y a donc, au fond, une surpression du puits d'entrée de 29-23 = 6 mm d'eau. La mesure de la différence de pression statique au fond a indiqué 4 mm de surpression du puits d'entrée. Etant donné l'approximation des mesures, on peut conclure que le calcul théorique correspond aux constatations pratiques.

Le puits d'entrée est entièrement en surpression. Les mesures des différences de pression aux différentes communications ont confirmé cette déduction tirée du calcul. C'est ainsi que nous avons :

Profondeurs	Valeurs de l'aérage naturel	Pertes de charges des puits	Surpressions du p. d'entrée	
			tirées du calcul	mesurées
	mm	mm	mm	mm
480	20	15,5	4,5	4
650	26	21	5	3
840	29	23	6	4

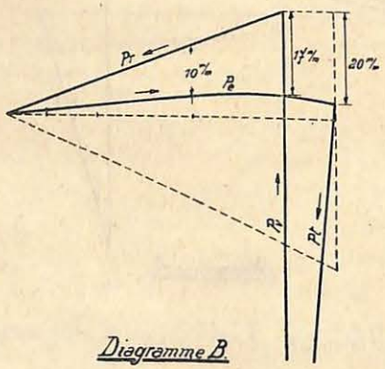


Diagramme B.

B. — Caractéristiques : Exploitation à 700 mètres de profondeur.

Température superficielle extérieure lors des mesures : 10°.

Pression barométrique : 754 mm de mercure.

La courbe d'aérage naturel a une allure analogue à la courbe théorique tirée de la formule analytique. La force aéromotrice naturelle est de 33 mm d'eau au fond.

Les puits sont peu résistants mais le cube d'air moyen qui y passe est énorme : il est de l'ordre de 158 m³/seconde. De ce fait les pertes de charges totales des puits sont élevées et dépassent la valeur de l'aérage naturel. Il y a donc surpression du puits de retour. Cette surpression, mesurée au fond, s'est élevée, le jour, des mesures à 20 mm d'eau. Les pertes de charges totales des puits égales à la somme de l'aérage naturel et de la surpression du puits de retour, peuvent donc être estimées à : 33 + 20 = 53 mm d'eau. Des mesures des pertes de charges des puits faites antérieurement pour d'autres débits, on déduit que, pour un volume de 153 m³/seconde, l'ordre de grandeur de ces pertes de charges est voisine de 60 mm, ce qui correspond avec la valeur de 53 mm tirée du calcul, compte tenu de l'approximation forcée due à l'interpolation.

Le puits de retour est en surpression sur toute la profondeur pour la température extérieure de 10°. L'équilibre des pressions entre puits au fond doit vraisemblablement être obtenu pour des températures extérieures superficielles voisines de 0°.

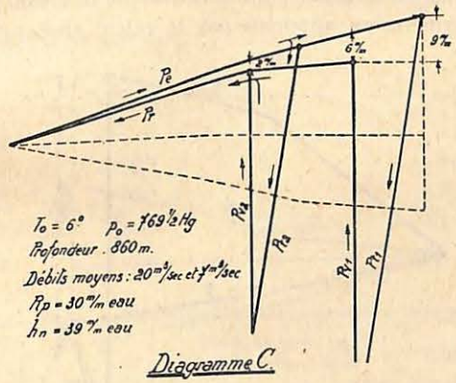


Diagramme C.

C. — Les caractéristiques de l'exploitation sont indiquées sur le diagramme. Il y a ici deux étages superposés aérés chacun par un ventilateur souterrain. Les droites des pertes de charges dans les puits, considérées seules, sont des lignes brisées; en effet, au dessus de l'étage supérieur les puits collectent tout le débit d'air. Sous cet étage, le débit circulant dans les puits est réduit au débit de l'étage inférieur. La droite des pertes de charges

du tronçon supérieur sera donc plus inclinée sur l'axe horizontal des profondeurs que celle du tronçon inférieur. La courbe de l'aérage naturel doit être reportée, pour donner la ligne des pressions dans le puits d'entrée, à partir d'un axe en ligne brisée, formée par la droite des pertes de charges dans le puits d'entrée. C'est la raison pour laquelle cette courbe d'aérage naturel, qui est aussi la courbe P_e des pressions dans le puits d'entrée apparaît sensiblement comme une droite sur le diagramme. En réalité, si on la reportait à partir d'un axe rectiligne continu et non en ligne brisée, elle aurait l'allure théorique avec sa concavité tournée vers le bas.

Dans cette exploitation, les débits circulant dans les puits sont faibles. Les pertes de charges totales dans ceux-ci sont peu élevées. D'autre part, la température superficielle étant assez basse lors des mesures, l'aérage naturel est relativement important. Ces deux causes conjugées : faibles pertes de charges des puits et fort aérage naturel font que le puits d'entrée est en surpression sur toute la profondeur. Les mesures des différences de pressions aux différentes communications ont confirmé entièrement cette conclusion apportée par le calcul théorique.

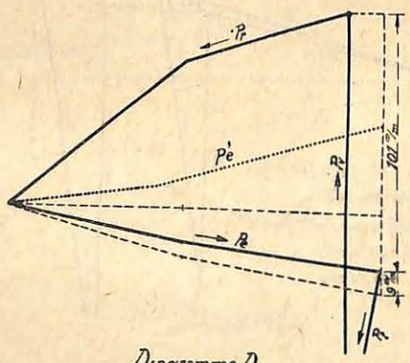


Diagramme D.

D. — Caractéristiques : Exploitation à environ 1.100 mètres de profondeur.

Température superficielle lors des mesures : 18° 1/2.

Pression barométrique : 750 mm de mercure.

L'aérage naturel est très faible. Il n'atteint que 9 mm au

fond des puits. Les dits puits par contre sont très résistants surtout le puits de retour d'air. Par suite de sections différentes, la résistivité des puits n'est pas uniforme sur toute la profondeur ainsi que le montre le diagramme des pertes de charges. Le débit moyen est de 37 m³/seconde ce qui occasionne dans le puits de très fortes pertes de charges, vu leur résistivité élevée et la grande profondeur. Il y a par suite des deux causes conjugées : fortes pertes de charges et faible aérage naturel, une surpression importante du puits de retour.

Nous avons eu l'occasion de recueillir, grâce à l'obligeance de MM. les Directeur et Ingénieurs de la mine, des mesures de températures dans les puits alors que la température extérieure superficielle était de 5°. En partant de cette température, l'aérage naturel devient important; il est de 63 mm au fond. Il peu être intéressant de donner la répartition des températures dans les puits pour les deux températures extérieures respectives de 18° 1/2 et 5°. Cette répartition figure aux tableaux ci-dessous :

Numéros	Profondeurs	Températures du puits d'entrée pour	
		18° 1/2	5°
0	0	18 1/2	5
1	423	21	8 3/4
2	920	22	12 3/4
3	1008	22 1/2	14 1/4
4	1078	23	15 1/4

Numéros	profondeurs	Températures du puits de retour pour		Aérage naturel pour	
		18° ½	5°	18° ½	5°
0	0	20	18	—	0 mm.
1	423	22	20	—	22 mm.
2	920	27 1/2	27 3/4	—	52 mm.
3	1008	29	29	—	—
4	1078	29	29	9	63 mm.

Grâce à la valeur élevée de l'aérage naturel, la surpression du puits de retour est fortement diminuée par rapport à la situation d'été. La courbe des pressions dans le puits d'entrée serait figurée P'_e (au lieu de P_e en été) si on la ramenait aux conditions d'été. En réalité, les conditions d'hiver et d'été varient en ce qui concerne les pertes de charges des puits car sous l'action de la force aéromotrice complémentaire constituée par l'aérage naturel, le débit augmente en hiver, de même que les pertes de charges. De plus, l'élévation du débit provoque un abaissement de la force aéromotrice du ventilateur étant donné l'allure de la caractéristique débit pression de ces engins. Ce n'est donc qu'à titre indicatif que figure sur le diagramme d'été, la ligne des pressions P'_e du puits d'entrée en hiver.

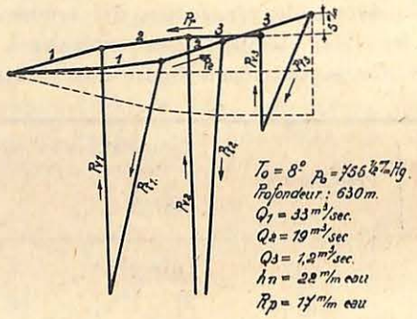


Diagramme E.

E. — Les caractéristiques d'exploitation sont indiquées sur le diagramme.

Il y a 3 étages d'exploitation en parallèle. Chaun d'eux possède son ventilateur propre. L'étage inférieur étant momentanément inactif, son débit est très faible et de l'ordre de 1,2 m³ par seconde. Par suite de la diminution progressive du débit descendant dans le puits d'entrée et de son renforcement en remontant dans le puits d'air, les courbes des pertes de charges des puits sont des lignes brisées formées de 3 tronçons et de moins en moins inclinées sur l'axe des profondeurs. La courbe de l'aérage naturel apparaît anormale sur le diagramme parce qu'elle est rap-

portée à l'axe brisé des pertes de charges du puits d'entrée. En fait, cette courbe présente une irrégularité vers son milieu. Celà provient de ce que le puits de retour en cet endroit est en communication avec un autre puits ancien, actuellement inactif qui influence localement sa température.

Comme on le voit sur le diagramme, le puits d'entrée est en surpression sur une partie du tronçon inférieur (faibles pertes de charges de ce tronçon et aérage naturel relativement fort). Sur le reste de la profondeur jusqu'à la surface, c'est le puits de retour qui est en surpression, à cause de l'importance relative plus considérable des pertes de charges par rapport à l'aérage naturel. Cette surpression est faible et de l'ordre de quelques mm d'eau.

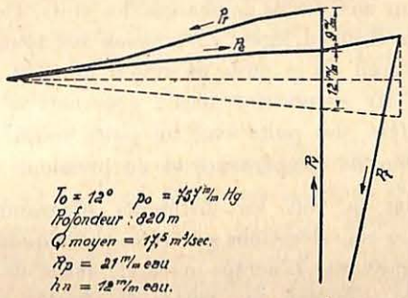


Diagramme F.

F. — Les caractéristiques d'exploitation sont indiquées sur le diagramme ainsi que les conditions climatériques lors des mesures. L'aérage naturel est faible à cause de la température superficielle qui était de 12° et aussi à cause de l'humidité considérable des puits. Les pertes de charges dans les puits ne sont pas élevées. Néanmoins elles sont supérieures en tout point à l'aérage naturel, ce qui fait que le puits de retour d'air est en surpression. Cette surpression est relativement faible.

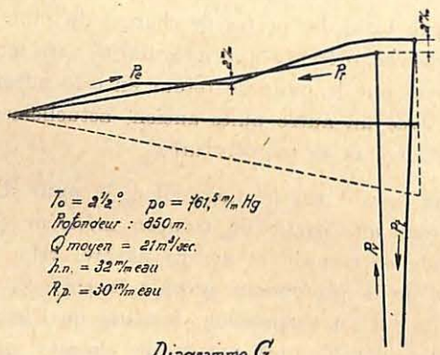


Diagramme G.

G. — Dans cette exploitation la température extérieure superficielle lors des mesures occasionnait un aérage naturel très légèrement supérieur aux pertes de charges des puits. De ce fait le puits d'entrée d'air était en légère surpression sur toute la profondeur sauf à un endroit où le puits de retour accusait une surpression de 2 mm. Cette surpression locale provenait d'une liaison, au niveau considéré, des puits avec un puits voisin, qui influençait leurs conditions de température et de pression.

Ainsi qu'on le voit les différents diagrammes confirment entièrement les considérations générales théoriques que nous avons développées ci-avant. L'aérage naturel, cause de surpression du puits d'entrée, s'oppose aux pertes de charges des puits, cause de surpression du puits de retour dans le cas de la ventilation souterraine. Selon que l'une ou l'autre de ces causes sera prépondérante, on aura surpression résultante de l'un ou l'autre puits. De toute façon, l'aérage naturel réduit, lorsqu'il ne la supprime pas entièrement, la surpression du puits de retour. La situation est la plus favorable lorsque l'aérage naturel est maximum et les pertes de charges minima. Cette situation se présente en hiver dans les puits peu résistants où circule un débit d'air relativement peu élevé.

II. — INFLUENCE DE LA SURPRESSION DU PUITS DE RETOUR SUR LA SECURITE

Dans la plupart des mines à dégagement normal de grisou, aérées par ventilateurs souterrains, les faibles fuites d'air vicié provenant du puits de retour et s'intégrant dans le courant d'air frais d'entrée n'ont aucune influence nuisible sur la sécurité et la salubrité des ateliers de travail. En effet, grâce au renforcement des débits d'air utiles, rendu possible par l'emploi de la ventilation souterraine, il est extrêmement rare que l'on trouve, dans le retour général, des traces perceptibles de grisou. L'air n'y est pas vicié, au sens propre du mot, par les émanations naturelles de la mine. De plus, en raison de la faible surpression du puits de retour, les fuites vers le puits d'entrée sont peu importantes et leur pourcentage par rapport au débit total d'air frais dans lequel elles sont noyées est insignifiant.

Il n'en est pas de même des mines à fort dégagement gazeux ou des mines à dégagement instantané. Une forte teneur en grisou de l'air des fuites réintégrées dans le circuit d'entrée pourrait présenter quelque danger.

La surpression du puits de retour provoque aussi des difficultés pour l'assainissement, par air frais, des salles de pompe, salles de locomotives, sous stations, etc., qui sont ventilées par un court-circuit direct entre les puits. En effet, c'est, dans ce cas, de l'air vicié qui passe normalement dans le court-circuit du puits de retour vers le puits d'entrée. Il faut, pour rétablir un courant d'air frais, avoir recours à des ventilateurs auxilaires, dont la charge aéromotrice doit vaincre la surpression du puits de retour et en même temps compenser les pertes de charges créées par le passage du courant d'air frais dans le circuit. Ces ventilateurs auxiliaires doivent être couplés en parallèle avec les ventilateurs primaires. M. Laurent, Ingénieur au Corps des Mines a décrit, dans les *Annales des Mines* (2e livraison - année 1935), une méthode de calcul graphique à appliquer pour obtenir un couplage correct de plusieurs ventilateurs souterrains travaillant en parallèle. Nous ne nous étendrons donc pas sur ce sujet. Nous dirons simplement que, dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées, la nécessité d'assainir artificiellement

par air frais les salles de machines en court-circuit entre les puits n'est pas une source de préoccupations bien graves. Au contraire, dans les mines où le courant de retour peut être fortement chargé de grisou, cette nécessité constitue une sujétion permanente qui doit retenir constamment l'attention de la surveillance.

Enfin la surpression du puits de retour créera des difficultés pour l'aérage des travaux préparatoires dont le circuit de retour doit être branché sur le circuit collecteur de retour général en en aval du refoulement du ventilateur souterrain. La borne de retour du travail préparatoire est alors, en effet, à pression plus élevée que la borne d'entrée et l'air vicié tendra, naturellement, à parcourir le circuit du travail préparatoire, qui ne sera pas assaini par air frais. Pour établir un courant d'air frais dans ce circuit, trois solutions peuvent être employées suivant les circonstances. On peut élever la pression de la borne d'entrée du circuit préparatoire au-dessus de la pression de sa borne de retour en plaçant dans le dit circuit un ventilateur auxiliaire dont la force aéromotrice vaincra la surpression du puits de retour. On peut aussi mettre le circuit du travail préparatoire en série avec des chantiers d'exploitation, en faisant repasser son courant d'air sur ces chantiers ou inversement, en faisant repasser l'air des chantiers sur le travail préparatoire. On peut enfin modifier le circuit de retour du travail préparatoire de façon à placer sa borne de retour dans le circuit général à l'amont et non plus à l'aval du ventilateur principal. Aucune de ces trois solutions n'est pleinement satisfaisante. Le recours à un ventilateur auxiliaire, annihilant la surpression du puits de retour est séduisante en théorie. Dans la pratique, elle peut s'avérer aléatoire, par suite de l'impossibilité de réaliser une étanchéité parfaite des buses d'aérage, et surtout si le train de buses est long, donc très résistant. La mise en série du circuit de préparatoire avec les circuits de chantiers d'exploitation ne peut être autorisée que si la teneur en grisou des courants d'air est inappréciable. Il faut de plus que la situation des exploitations se prête à cette mise en série. Lorsque tel est le cas, c'est la solution à conseiller, parce que la plus simple et la plus stable, dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées. Quant au déplacement de la borne de retour du circuit préparatoire, à l'amont du ventilateur, il donne lieu à l'exécution de

travaux complémentaires, tels des percements ou des montages de train de buses, qui peuvent être difficiles et coûteux. En bref, la surpression du puits de retour occasionne des difficultés pour la ventilation correcte de certains travaux préparatoires. Ces difficultés seront plus ou moins grandes, selon la nature grisouteuse et la situation des exploitations. Il y a lieu de remarquer toutefois que le creusement des travaux préparatoires susceptibles de créer des difficultés est peu fréquent, alors que les avantages apportés par la ventilation souterraine, cause de la surpression du puits de retour, sont continus et permanents, à raison de 24 heures par jour.

En résumé, on peut dire que, dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées, la surpression du puits de retour n'a aucune influence nuisible sur la sécurité. Tout au plus occasionne-t-elle quelques difficultés pour la ventilation de certains préparatoires. Par contre, dans les mines où les courants d'air sont susceptibles d'être fortement chargés en grisou, et notamment dans les mines à dégagement instantané, cette surpression du puits de retour peut être une cause de danger.

III. — RETABLISSEMENT D'UNE SURPRESSION PERMANENTE DU PUITS D'ENTREE.

Pour pailler les inconvénients qui résultent, pour certaines mines, de l'éventualité d'une surpression du puits de retour, on peut se demander s'il n'est pas possible d'anihiler celle-ci et de rétablir, d'une façon permanente, la surpression continue du puits d'entrée, tout en maintenant l'aération par ventilateurs souterrains.

La première solution qui vient à l'esprit, si l'on se rappelle que l'aérage naturel s'oppose à la mise en surpression du puits de retour, c'est de refroidir artificiellement l'air du puits d'entrée, de façon à créer un aérage naturel stable, d'une importance supérieure à la perte de charge totale des puits. On y gagnerait, de surcroît, un allègement des conditions physiques du travail, dans les mines chaudes à grande profondeur.

Malheureusement cette solution ne peut encore être retenue actuellement.

Une autre solution qui vient également à l'esprit, c'est d'adjoindre, à l'aérage naturel, qui compense partiellement les pertes de charges des puits, une force aéromotrice complémentaire aspirante qui renforce l'opposition à la mise en surpression du puits de retour d'air.

Dans une note publiée dans la revue universelle des mines (N°s 5, 6 de 1941), sur la marche en parallèle des ventilateurs souterrains et sur leur fonctionnement en série avec le ventilateur de surface, M. Dessalles, Directeur-Gérant du Charbonnage du Bois d'Avroy a suggéré de tenir le puits d'entrée en légère surpression par l'adjonction, aux ventilateurs souterrains, d'un ventilateur superficiel, travaillant en série avec ceux-ci. Nous allons tenter d'examiner, par le détail, jusqu'à quel point et sous quelles conditions cette façon de faire apporterait au problème une solution irréprochable, eu égard aux pertubations qu'occasionnent dans l'aérage les variations fréquentes de l'aérage naturel.

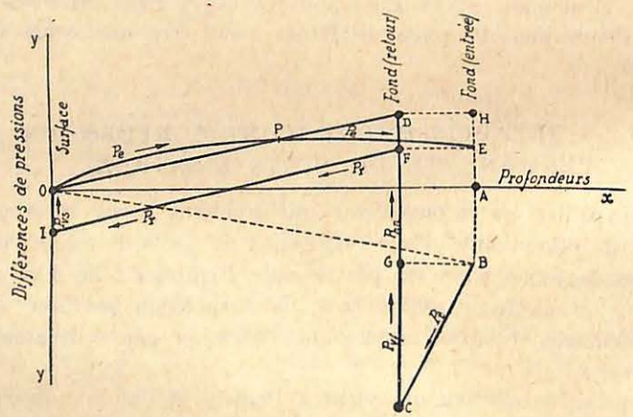


Fig. 6.

Reprenons, à la fig. 6, le diagramme de la fig. 5 des différences de pressions dans les puits aérés par ventilateur souterrain.

Un débit Q circulera dans les puits et travaux, sous l'action des charges motrices conjugées en série F G et D F + G C. La charge FG égale à EB est due à l'aérage naturel. Nous la désignons par P_{hn}. Sa valeur est fonction des conditions de pression

et de température superficielles, pour des circonstances d'exploitation déterminées. A un moment donné, elle est égale à FG. La charge GC + FD est due au ventilateur souterrain. Elle compense la perte de charges GC absorbée dans les travaux et complète, par DF l'aérage naturel FG, de telle façon que DF + FG équilibrent les pertes de charges DG absorbées par les puits. De E à P, le puits de retour est en surpression. Si nous limitons à GC la charge motrice P_{vf} du ventilateur souterrain et si nous fournissons le complément de charge motrice DF ou OI = P_{vs} par un ventilateur superficiel, le diagramme général des pressions deviendra OPEBCFIO au lieu de OPEBCDO. La ligne des pressions dans le puits d'entrée, sera OPE dans les deux cas mais la ligne des pressions dans le puits de retour deviendra, avec adjonction d'un ventilateur superficiel, EFI au lieu de HDO avec ventilateur souterrain seul. La ligne EFI des pressions dans le puits de retour est ainsi entièrement en dessous de la ligne EPO des pressions dans le puits d'entrée. Il y a donc surpression du puits d'entrée sur toute la profondeur.

Les conditions de fonctionnement des ventilateurs sont indiquées à la fig. 7. Soit V_s la caractéristique débit-pression du ventilateur superficiel, V_f la caractéristique analogue du ventilateur du fond et h_n la caractéristique de l'aérage naturel à un moment donné. Cette dernière pour les grandeurs de débits qui

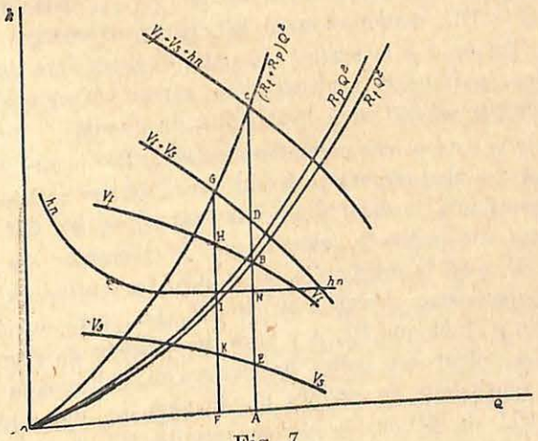


Fig. 7.

nous occupent, peut être considérée comme une parallèle à l'axe des Q. La courbe des pertes de charges dans les travaux, en fonction de Q est R_tQ^2. La courbe des pertes de charges dans les puits est R_pQ^2. Les puits étant en série avec les travaux, la courbe des pertes de charges totales du circuit, $(R_t + R_p)Q^2$ sera obtenue en ajoutant les ordonnées des deux courbes correspondantes. De même, les charges motrices dues à l'aérage naturel et aux ventilateurs étant en série, on ajoutera les ordonnées de V_s et de V_f pour avoir la courbe de la charge motrice totale des ventilateurs $(V_f + V_s)$ et à cette courbe, on ajoutera h_n pour avoir la charge motrice totale $(V_f + V_s + h_n)$ aérage naturel compris. Pour une certaine valeur de h_n, dépendant des conditions climatiques, le débit Q sera égal à OA.

Pour ce débit, les pertes de charges des travaux seront AB et celles des puits BC. Le ventilateur du fond devra avoir une caractéristique telle qu'elle coupe R_tQ^2 en B. De cette façon, la charge motrice de V_f compensera exactement la perte de charges dans les travaux. La pression immédiatement à l'aval du ventilateur souterrain dans le puits de retour jusqu'au niveau d'entrée d'air, sera ramenée à la valeur de celle du puits d'entrée au même niveau. Il y aura donc équilibre des pressions entre les deux puits en cet endroit. Les pertes de charges dans les puits, BC, seront compensées par les charges motrices conjuguées de V_s et de h_n. La caractéristique de V_s devra recouper la verticale AC en un point E tel que AE = BD, ajouté à h_n = AN = DC, donne au total BC, pertes de charges totales des puits. Du fond à la surface, le puits d'entrée sera donc en surpression, puisque le ventilateur de surface développe sa charge motrice par aspiration à l'extrémité du circuit

Cette situation sera cependant instable. Les points de fonctionnement des ventilateurs varieront avec l'aérage naturel. Si celui-ci devient nul, le débit d'air diminuera jusqu'en OF, OF étant l'abcisse du point G, obtenu par la rencontre de la courbe $V_f + V_s$ avec la courbe $(R_t + R_p)Q^2$. Le ventilateur souterrain V_f donnera une charge motrice FH. La perte de charges des travaux n'étant que FI, il y aura un excédent de charge motrice HI. La valeur des pertes de charges dans les puits étant GI, et le ventilateur de surface ne donnant qu'une force aéromotrice GH, le déficit de charge motrice HI du ventilateur de surface est comblé par l'excédent HI fourni par le ventilateur du fond. Cet excédent crée, immédiatement à l'aval du ventilateur du fond, dans le puits de retour, jusqu'au niveau d'entrée d'air, une surpression par rapport au puits d'entrée, puisque ce ventilateur souffle dans le circuit, au bas du puits de retour.

On voit que, pour toute valeur de l'aérage naturel inférieure à CD, qui est la valeur pour laquelle on obtient l'équilibre des pressions entre puits au fond, il y a surpression du puits de retour en ce dernier endroit. Cette surpression est égale à la différence d'ordonnées entre R_tQ^2 et V_f ou, pour h_n variant de O à CD, entre HB et IB. Pour des valeurs de h_n supérieures à CD, les ordonnées de R_tQ^2 sont plus grandes que celles de V_f. La charge motrice V_f est donc plus petite que la perte de charges des travaux. Il en résulte que la pression, immédiatement à l'aval du ventilateur souterrain dans le puits de retour, jusqu'au niveau d'entrée d'air, est moins élevée que la pression du puits d'entrée au même niveau. Le puits d'entrée est donc en surpression au fond. Le déficit de force aéromotrice de V_f pour compenser la perte de charges de R_tQ^2 est fournie par V_s et h_n, en plus de la compensation des pertes de charges dans les puits, due également à V_s et h_n.

Pour que le puits d'entrée soit toujours en surpression, jusqu'au niveau inférieur d'exploitation, il faut :

1°) Faire correspondre le point d'équilibre des pressions au fond au moment où l'aérage naturel est nul;

2°) Adopter des ventilateurs dont les caractéristiques sont telles que, pour l'aérage naturel nul, la charge motrice du ventilateur du fond compense exactement les pertes de charges aux travaux et la charge motrice du ventilateur superficiel soit égale aux pertes de charges totales dans les puits, avec un débit déterminé par les conditions d'exploitation. Les points de fonctionnement des ventilateurs sont ainsi donnés par la fig. 8.

V_f est la caractéristique du ventilateur du fond. $V_f + V_s$ est la caractéristique totale des ventilateurs souterrains et superficiels travaillant en série. R_tQ^2 est la courbe des pertes de charges des travaux en fonction de Q. $(R_t + R_p)Q^2$ est la courbe des pertes de charges des travaux et des puits en série avec ceux-ci. L'aérage naturel étant nul, V_f et V_s doivent être telles que pour le débit

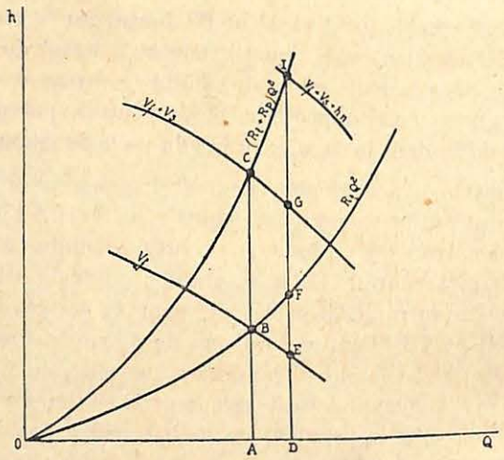


Fig. 8.

OA exigé, AB = force aéromotrice de V_f = pertes de charges R_tQ^2, et BC = force aéromotrice de V_s = pertes de charges des puits.

Pour une valeur quelconque h_n = IG de l'aérage naturel, on ajoutera h_n à $V_f + V_s$ pour former la caractéristique totale $(V_f + V_s + h_n)$ des forces aéromotrices. Le point de rencontre de cette courbe avec la courbe $(R_t + R_p)Q^2$ donnera le nouveau point de fonctionnement I du régime de ventilation. Le volume débité sera OD. La charge motrice de V_f sera DE. La perte de charge aux travaux sera DF, supérieure à DE. La pression au fond du puits de retour sera donc inférieure à la pression au même niveau du puits d'entrée. La différence sera FE. La charge motrice de $V_s + h_n$ = EG + GI = EI. La perte de charges dans les puits est égale à FI, inférieure à EI de EF. L'excès de charge motrice EF, de $V_s + h_n$ suppléera au déficit de charge motrice EF de V_f.

On est ainsi assuré d'avoir le puits d'entrée en surpression permanente, quel que soit l'aérage naturel.

En procédant ainsi, on augmente cependant les différences de pression entre puits, d'où élévation des fuites et on rétablit dans une certaine mesure les pertes par le sas. On se prive ainsi d'une partie des avantages apportés par la ventilation souterraine.

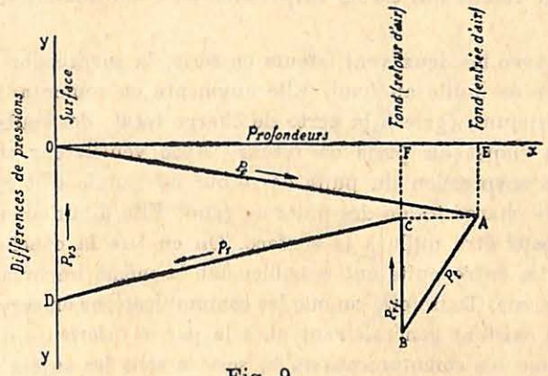


Fig. 9.

Les fig. 9 et 10 donnent les diagrammes des différences de pression entre puits respectivement dans les cas où l'aérage naturel étant nul, le débit est égal à OA et où l'aérage naturel étant égal à IG, le débit s'élève à OD.

Dans le cas de la fig. 9 (aérage naturel nul) le diagramme des pressions relatives dans le puits et travaux est donné par OABCDO. Les différences de pressions dans les puits se mesurent par les différences d'ordonnées entre OA (ligne des pressions dans le puits d'entrée) et ACD (ligne des pressions dans le puits de retour). On voit que le puits d'entrée est en surpression sur toute la profondeur. Au fond, les puits sont à même pression. La différence de pression augmente en remontant jusqu'à atteindre le total des pertes de charges des puits à la surface. La perte de charges aux travaux, CB est compensée par la force aéromotrice CB du ventilateur souterrain. Les pertes de charges des puits OD, sont compensées par la force aéromotrice OD du ventilateur de surface.

Si l'on compare ce diagramme avec celui de la fig. 2, correspondant à un ventilateur souterrain seul, avec aérage naturel nul, on voit que les différences de pressions entre puits ont mêmes valeurs absolues dans les deux cas. Le maximum est égal à la perte de charges totale des puits.

Cependant, il existe deux différences sensibles entre ces cas :

1°) Avec ventilateur superficiel et ventilateur souterrain le puits d'entrée est en surpression continue. C'est au contraire le

puits de retour qui est en surpression avec ventilateur souterrain seul.

2°) Avec les deux ventilateurs en série, la surpression du puits d'entrée est nulle au fond. Elle augmente en remontant jusqu'à un maximum, égale à la perte de charge totale des puits, atteint sous le clapet du puits de retour. Avec ventilateur souterrain seul, la surpression du puits de retour est maxima et égale à la perte de charge totale des puits au fond. Elle diminue en remontant, pour être nulle à la surface. On en tire la conclusion que les pertes entre puits ont sensiblement la même importance dans les deux cas. Toutefois, comme les communications en service entre puits n'existent généralement qu'à la partie inférieure de ceux-ci et comme ces communications en service sont les sujets de fuites les plus importants, les pertes seront souvent moins élevées avec deux ventilateurs en série, puisque, avec cet agencement, la différence de pression entre puits est faible ou nulle au voisinage des niveaux d'exploitation du fond. Tel ne sera pas le cas s'il existe des étages en l'air en exploitation, à profondeur faible ou moyenne. Les pertes seront alors sensiblement les mêmes pour les deux modes de ventilation envisagés. Quant aux pertes par le sas du puits de retour, elles apparaissent de nouveau avec deux ventilateurs en série. Leur importance est proportionnelle à la racine carrée de la perte de charge totale entre puits. Avec ventilateur souterrain seul, ces pertes sont nulles.

Si l'aérage naturel a une valeur AG déterminée (cas de la fig. 10) le diagramme des pressions relatives s'établira suivant OABCDO. La ligne des pressions dans le puits d'entrée est la courbe OA, déterminée comme il est dit ci-avant en portant, à partir de la droite OG comme abcisse les valeurs de l'aérage naturel aux différents niveaux. La ligne des pressions dans le puits de retour est ICD. Le puits d'entrée est en surpression continue. Cette surpression est minima et égale à AI ou FC au fond. Elle est maxima et égale à OD à la surface. La perte de charges aux travaux est FB. Elle est supérieure à la perte de charges CB correspondante de la fig. 9, car le volume Q circulant est augmenté (OD au lieu de OA : fig. 8). La force aéromotrice de V_f est BC (DE de la fig. 8). Elle est inférieure à FB de la valeur FC, qui donne l'importance de la surpression du puits d'entrée au fond. Le total des pertes de charges aux puits est

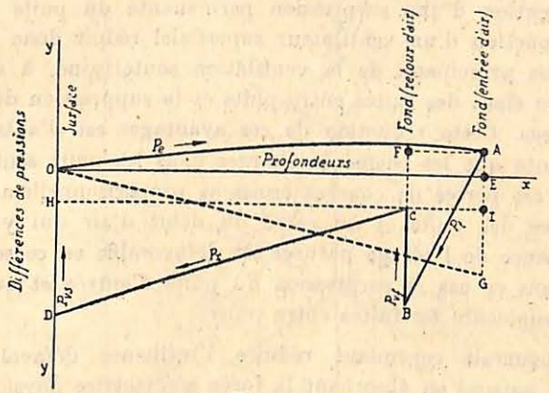


Fig. 10.

EG + DH (FI de la fig. 8). Cette perte de charge est compensée par les forces aéromotrices conjugées du ventilateur superficiel OD et de l'aérage naturel AG (EG + GI de la fig. 8). Il reste un excédent de charge motrice (EF de la fig. 8) qui supplée à l'insuffisance FC de charge motrice du ventilateur souterrain pour vaincre la perte de charge complète aux travaux. On voit que les différences de pression entre puits sont, en moyenne, un peu supérieures à celles du premier cas. Au fond, notamment, la surpression du puits d'entrée est FC dans le deuxième cas, alors qu'elle est nulle en l'absence d'aérage naturel. Les fuites seront donc plus grandes que dans le premier cas, surtout si l'exploitation est localisée aux niveaux inférieurs. Les pertes au sas sont très légèrement inférieures à celles du premier cas, avec aérage naturel nul. Cela résulte du léger abaissement de force aéromotrice du ventilateur superficiel, par suite de l'élévation du débit d'air.

Si l'on compare le diagramme des différences de pression entre puits dans le cas de deux ventilateurs en série (fig. 10) et dans le cas d'un ventilateur souterrain unique (fig. 5) compte tenu de l'aérage naturel, on constate que les différences de pressions sont plus élevées avec deux ventilateurs. Les pertes par les puits sont donc plus importantes. De plus il faut compter de nouveau avec des pertes au sas du puits de retour. Avec ventilation exclusivement souterraine, ces pertes sont nulles.

L'obtention d'une surpression permanente du puits d'entrée par adjonction d'un ventilateur superficiel réduit donc l'un des avantages principaux de la ventilation souterraine, à savoir le taux peu élevé des fuites entre puits et la suppression des pertes par le sas. Cette réduction de ces avantages est d'autant plus importante que les pertes de charges dans les puits sont importantes; ces pertes de charges croissent proportionnellement à la résistance des puits et au carré du débit d'air qui y circule. L'influcence de l'aérage naturel est défavorable en ce sens qu'il élève dans ce cas la surpression du puits d'entrée et que de ce fait il augmente les fuites entre puits.

On pourrait cependant réduire l'influence défavorable de l'aérage naturel en absorbant la force aéromotrice physique qu'il développe par l'introduction d'une résistance supplémentaire dans le circuit général, à proximité immédiate du ventilateur de surface. Cette résistance pourrait être constituée par un registre réglable, placé dans la galerie du ventilateur. La manœuvre du registre permettrait de faire varier la résistance totale du circuit d'air, de façon à maintenir constant le débit, quelle que soit l'importance de l'aérage naturel. Les ventilateurs, établis lorsque l'aérage naturel est nul pour compenser respectivement les pertes de charges entre puits en ce qui concerne le ventilateur superficiel et les pertes de charges aux travaux pour ce qui concerne le ventilateur du fond, auraient ainsi un point de fonctionnement fixe, quelle que soit la valeur de l'aérage naturel. Les différences de pression entre puits donc les fuites seraient réduites, de même que les pertes par le sas. Les fig. 11 et 12 indiquent pourquoi il en serait ainsi.

Grâce au diagramme de la fig. 11, on a établi les ventilateurs V_f et V_s de telle façon que, pour l'aérage naturel $h_n = 0$, on a $AB = V_f = R_tQ^2$ et $BC = V_s = R_pQ^2$. Le diagramme des différences de pression entre puits est alors donné par la fig. 9. Pour une valeur $h_n = CD$ de l'aérage naturel, on abaissera le registre dans la galerie du ventilateur superficiel, de telle façon que la perte de charges supplémentaire créée, $R_g = CD$.

La courbe des pertes de charges totales du circuit en fonction de Q sera $(R_t + R_p + R_g)Q^2$; elle rencontre la verticale de A en D. Le ventilateur du fond conserve sa tension motrice

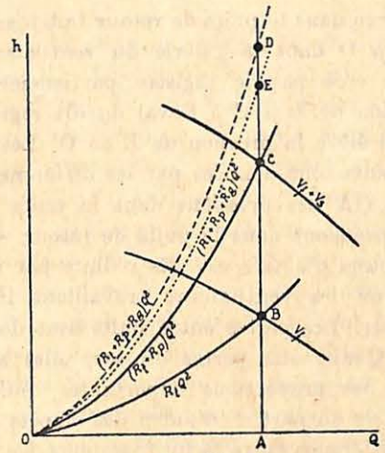


Fig. 11.

AB égale à la perte de charges des travaux R_tQ^2 pour $Q = OA$.

Le ventilateur superficiel conserve également sa charge motrice BC, égale à la perte de charges des puits R_pQ^2 pour $Q = OA$. La pression motrice CD due à l'aérage naturel est utilisée pour vaincre la perte de charges supplémentaire R_gQ^2 pour $Q = OA$.

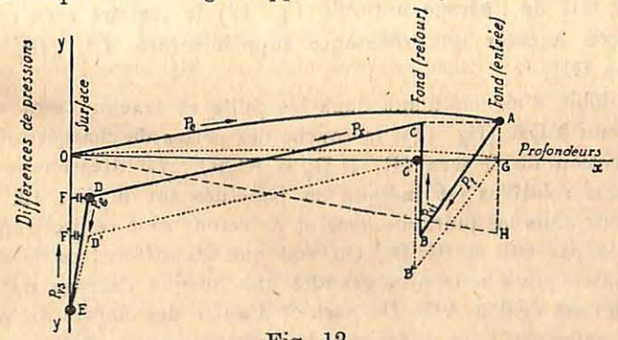


Fig. 12.

La fig. 12 nous donne le diagramme des pressions relatives, dans le circuit. La pression du puits d'entrée, qui varierait suivant OH sans aérage naturel, évolue, à cause de ce dernier, suivant OA (AH de la fig. 12 = CD de la fig. 11). La pression tombe de A en B dans les travaux. Le ventilateur du fond la ramène en C, au niveau de A, au fond du puits de retour d'air.

La perte de charge dans le puits de retour fait tomber la pression de C au fond à D dans la galerie du ventilateur de surface. L'orifice réduit créé par le registre partiellement fermé fait tomber la pression de D à E à l'aval du dit registre. Le ventilateur superficiel élève la pression de E en O. Les différences de pression entre puits sont données par les différences d'ordonnées entre la courbe OA des pressions dans le puits d'entrée et la ligne ACD des pressions dans le puits de retour. On voit que la surpression du puits d'entrée est très réduite par rapport à celle de la fig. 10 où les ventilateurs travaillent librement, sans registre régulateur. Les pertes entre puits sont donc conséquemment réduites. Quant aux pertes du sas, elles sont également diminuées dans des proportions importantes, puisque la différence des pressions de part et d'autre des clapets n'est plus que de OF, soit la différence entre la force aéromotrice du ventilateur superficiel OE et l'aérage naturel au fond FE = AH. Sans registre, dans le cas de la fig. 10, la différence de pression de part et d'autre des clapets était OD, c'est-à-dire la force aéromotrice complète du ventilateur superficiel. Les différences de pression entre puits et de part et d'autre du sas augmenteront à mesure que l'aérage naturel diminuera. Par exemple, pour une valeur GH de l'aérage naturel (fig. 12) le registre sera relevé de façon à créer une résistance supplémentaire CE (fig. 11) égale à GH.

Le débit d'air circulant dans les puits et travaux sera ainsi maintenu à OA (fig. 11), la courbe des pertes de charges totales en fonction de Q sera $(R_t + R_p + R'_g)Q^2$. Le diagramme des pressions relatives est indiqué en ponctués sur la fig. 12. Les pressions dans les puits d'entrée et de retour sont respectivement données par OG et GC'D'. On voit que les différences de pression entre puits sont plus grandes que lorsque l'aérage naturel au fond est égal à AH. De part et d'autre des clapets du puits d'air, notamment, la différence des pressions est de OF', au lieu de OF dans le cas précédent. Les différences de pression entre puits et de part et d'autre du sas seront maxima pour l'aérage naturel nul (cas de la fig. 9). Les pressions seront égales de part et d'autre du sas lorsque l'aérage naturel atteindra au fond, une valeur égale à la perte de charges totale des puits. Le registre sera alors fermé au maximum. La perte de charges supplémentaire R_gQ^2 qu'il créera compensera la pression motrice

naturelle égale à la perte de charges totale des puits. Elle sera donc égale aussi à la force aéromotrice du ventilateur de surface.

L'introduction dans le circuit d'un registre compensateur de l'aérage naturel permet donc d'obtenir dans le puits d'entrée une surpression permanente normalement peu élevée, qui ne donne lieu qu'à des fuites d'air peu importantes.

Cette solution présente toutefois un inconvénient : il faut modifier la position du registre à chaque variation de l'aérage naturel, de façon à conserver toujours constant le débit d'air circulant dans le circuit. Ces variations étant fréquentes, il faut exercer une surveillance constante du débit au ventilateur de surface et opérer fréquemment la manœuvre du registre. On dépend donc de la surveillance. On pourrait pailler dans une certaine mesure cet inconvénient en rendant automatique la manœuvre du registre. Les déplacements du dit registre seraient commandés mécaniquement sous l'action d'une variation de débit ou d'une variation de température extérieure. Le problème pourrait sans doute être résolu assez aisément par les électromécaniciens.

Un autre inconvénient de l'emploi du registre réside dans le fait qu'on n'emploie pas la pression motrice due à l'aérage naturel à des fins utiles. Sans le recours au registre cette pression motrice travaille en série avec les ventilateurs et améliore le débit d'air. Cet inconvénient est cependant peu important car, normalement, on ne tient pas compte de l'appoint apporté par l'aérage naturel pour obtenir le cube d'air minimum nécessaire à l'assainissement des travaux. Cet appoint est en effet trop variable et à certains moments, il peut être nul. Il contribue simplement à améliorer le débit minimum, mais il n'apporte aucun soulagement aux dépenses effectives engagées pour la ventilation. Il n'en résulte donc aucun inconvénient pécuniaire si on annihile son action par une résistance supplémentaire. D'autre part, le débit nécessaire étant obtenu sans son intervention, il n'est pas dommageable pour la sécurité de se priver de l'amélioration de ventilation qu'il pourrait apporter.

Une solution plus rationnelle pourrait être envisagée en rendant réglable la vitesse du ventilateur superficiel, d'après l'importance de l'aérage naturel. On pourrait ainsi n'apporter à ce dernier que le complément de force aéromotrice strictement

nécessaire, à tout moment, pour vaincre les pertes de charges du circuit collecteur des puits. De cette façon, la différence de pression entre puits pourrait rester très faible, de même que la dépression aux clapets du puits de retour, quelle que soit la valeur de l'aérage naturel.

Des variations de vitesse fréquentes et dans d'assez larges limites sont difficilement réalisables sans frais excessifs avec les moteurs triphasés généralement employés pour actionner les ventilateurs. De plus, le réglage de la vitesse d'après l'aérage naturel paraît poser un problème assez délicat. Nous n'évoquons cette solution que pour mémoire, avec l'espoir toutefois que des spécialistes électromécaniciens pourraient s'y intéresser.

Si plusieurs ventilateurs souterrains travaillent en parallèle sur divers circuits du fond, on pourra, d'une façon analogue à celle exposée précédemment, obtenir une surpression permanente du puits d'entrée en conjugant l'action d'un ventilateur superficiel à celles des ventilateurs souterrains. La caractéristique du ventilateur superficiel devra être telle que, pour un aérage naturel nul, la force aéromotrice qu'il développe compense exactement les pertes de charges provoquées dans les tronçons collecteurs des puits par le passage du volume d'air total nécessaire à l'assainissement de la mine. Quant aux forces aéromotrices des ventilateurs souterrains, elles devront compenser exactement les pertes de charges provoquées dans leurs circuits respectifs, par le passage des volumes d'air déterminés par les conditions d'exploitation, et ce, lorsque l'aérage naturel est nul.

La fig. 13 concrétise la réalisation de ces conditions pour le cas de deux ventilateurs souterrains et un ventilateur superficiel. Les courbes 1, 2, 3 sont les courbes des pertes de charges des circuits du fond 1 et 2 et du circuit collecteur des puits 3, en fonction du débit Q. Les courbes V_1 et V_2 sont les caractéristiques des ventilateurs souterrains travaillant respectivement sur les circuits 1 et 2. Les points de fonctionnement de ces ventilateurs seront donc A et B. Ils débiteront des volumes OC et OD, avec aux bornes de leurs circuits respectifs des différences de pression AC et BD. Pour des volumes plus faibles, les forces aéromotrices V_1 et V_2 sont plus grandes que les pertes de charges correspondantes. Pour des volumes plus grands, c'est le contraire qui se produit. Il y aura ainsi un excédent ou un

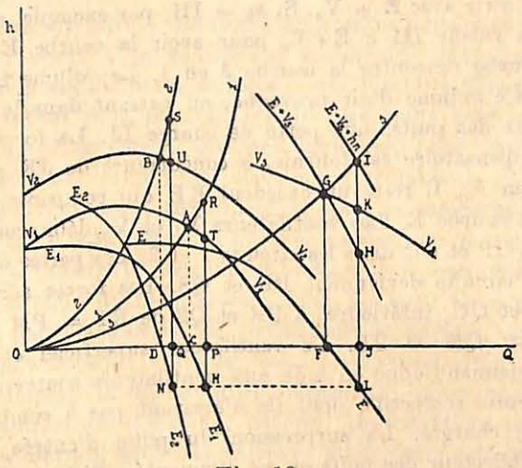


Fig. 13.

déficit de force aéromotrice pour les chantiers selon que les volumes débités sont plus petits ou plus grands que OC et OD.

Les courbes E_1 et E_2 représentent ces excédents ou ces déficits, $E_1 = V_1 - 1$ et $E_2 = V_2 - 2$. La conjugaison en parallèle de E_1 et E_2 donne la courbe totale E d'excédent ou de déficit des forces aéromotrices V_1 et V_2 par rapport aux pertes de charges de leurs chantiers respectifs. V_s est la caractéristique du ventilateur de surface. V_s doit couper la courbe des pertes de charges 3 en un point G tel que la verticale GF rencontre la courbe E en son point d'ordonnée nulle. Ainsi, le ventilateur superficiel compense exactement les pertes de charges provoquées dans le circuit 3, collecteur des puits, par le passage d'un volume d'air OF = OC + OD. Comme V_s et E sont en série, nous traçerons la courbe V_s + E. Lorsque l'aérage naturel est nul, le puits d'entrée sera donc en surpression, sauf entre les niveaux des orifices de refoulement des deux ventilateurs. Dans ce tronçon, en effet, il est impossible d'avoir le puits d'entrée en surpression, puisque les puits font partie du circuit du ventilateur souterrain placé au niveau le plus bas et que la force aéromotrice de ce dernier compense exactement la perte de charge de son circuit. Toute valeur positive de l'aérage naturel h_n accentuera la surpression du puits d'entrée. En effet, h_n tra-

vaille en série avec $E + V_s$. Si h_n = IH, par exemple, nous ajouterons la valeur IH à $E+V_s$ pour avoir la courbe $E+V_s+h_n$. Cette courbe rencontre la courbe 3 en I. Le volume total d'air est OJ. Ce volume d'air provoque, en passant dans le circuit 3 collecteurs des puits, une perte de charge IJ. La force aéromotrice compensatoire est fournie, à concurrence de JK par V_s et de IH par h_n. Il reste un excédent KH qui compense le déficit JL de la courbe E. Les ventilateurs V_1 et V_2 débiteront respectivement OP et OQ dans les circuits 1 et 2. Les pertes de charges dans ces circuits deviennent PR et QS. Les forces aéromotrices sont PT et QU, inférieures à PR et QS de RT = PM = JL et de US = QN = JL. Le ventilateur superficiel et l'aérage naturel viennent donc en aide aux ventilateurs souterrains dans leurs circuits respectifs, dont ils n'arrivent pas à compenser les pertes de charges. La surpression du puits d'entrée, dans le tronçon collecteur des puits en est augmentée. Si l'aérage naturel est suffisamment fort, il y aura même surpression du puits d'entrée dans le tronçon des puits faisant partie du circuit du ventilateur souterrain placé au niveau le plus bas. En tout cas, il y aura, grâce à l'aérage naturel diminution de la surpression du puits de retour, déjà faible par elle-même, dans ce tronçon.

Le cas des ventilateurs souterrains multiples se ramène donc à celui du ventilateur souterrain unique. Il suffit de substituer, à la caractéristique de ce dernier, la courbe composée des forces aéromotrices disponibles pour le circuit collecteur.

En conclusion des considérations développées dans ce chapitre, on peut dire que le rétablissement d'une surpression stable du puits d'entrée est possible, grâce au recours à un ventilateur superficiel, travaillant en série avec le ou les ventilateurs souterrains. Pour obtenir la permanence de la surpression continue du puits d'entrée pour toute valeur quelconque de l'aérage naturel, les caractéristiques des ventilateurs doivent, pour un aérage naturel nul, et un débit déterminé par les conditions d'exploitation, réaliser les conditions ci-après : les forces aéromotrices des ventilateurs souterrains seront égales à la perte de charge de leurs circuits individuels respectifs. La force aéromotrice du ventilateur de surface sera égale à la perte de charge du tronçon collecteur des puits.

Avec cette disposition, les fuites d'air entre puits sont augmentées par rapport à la ventilation souterraine exclusive et les pertes par le sas du puits de retour sont rétablies. Ces dernières seront d'autant plus importantes que les puits sont résistants et les débits d'air élevés. On peut envisager, pour diminuer les fuites aux puits et au sas, de rendre réglable la vitesse de rotation du ventilateur superficiel, d'après la température extérieure, de façon à ne fournir à l'aérage naturel que le complément de force aéromotrice strictement nécessaire pour vaincre les pertes de charges du tronçon collecteur. On peut aussi envisager d'insérer, dans la galerie du ventilateur de surface, une résistance supplémentaire variable, sous les espèces d'un registre, réglable d'après la température extérieure, pour absorber la pression motrice due à l'aérage naturel. Les variations fréquentes de l'aérage naturel sont des entraves au fonctionnement impeccable des correctifs envisagés.

Comme on le voit, le fonctionnement en série d'un ventilateur superficiel avec les ventilateurs souterrains, s'il permet de supprimer les inconvénients possibles d'une surpression du puits de retour, entraîne en même temps la diminution de l'un des avantages importants de la ventilation souterraine : à savoir la réduction des fuites entre puits et la suppression des pertes par les clapets du puits de retour d'air.

Dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées, nous avons vu que la surpression du puits de retour n'énerve pas la sécurité. La suppression de quelques difficultés éventuelles temporaires, pour la prise d'aérage de certains travaux préparatoires, ne justifie pas que l'on se prive d'une partie des avantages apportés par la ventilation souterraine en ce qui concerne la réduction des fuites d'air, en ayant recours à la ventilation mixte, souterraine et superficielle. On ne procédera de la sorte que dans les puits très peu résistants où les débits d'air nécessaires sont peu importants. Dans ce cas, en effet, la force aéromotrice superficielle d'appoint sera faible et l'on pourra conserver presqu'intact l'avantage de la réduction des fuites d'air. Encore, dans ce même cas, l'aérage naturel sera la plupart du temps, assez intense pour vaincre les faibles pertes de charges des puits et la ventilation superficielle complé-

mentaire ne devra être mise en service que pendant la saison chaude, où l'aérage naturel est nul ou insignifiant.

Par contre, dans les mines où les courants d'air sont susceptibles d'être fortement chargés en grisou et notamment dans les mines à dégagement instantané, il nous paraît s'imposer de rétablir une surpression permanente du puits d'entrée en conjugant la ventilation superficielle et souterraine. On y perdra une partie des avantages apportés par cette dernière dans la réduction des fuites au minimum mais on conservera néanmoins intact l'autre avantage pricipal de la ventilation souterraine, à savoir : la souplesse de répartition des débits d'air entre les différents chantiers ou quartiers.

D'ailleurs, nous ne prétendons pas trancher ici ex cathedra. Comme dans tous les problèmes d'exploitation, chaque cas est un cas d'espèces, qui doit être traité séparément, d'après les contingences et les circonstances locales, en s'appuyant sur des principes généraux. Ce sont ces principes généraux que nous avons simplement voulu dégager dans la présente note, espérant apporter ainsi une modeste contribution à la construction de l'édifice commun de nos connaissances minières.

R. LEFEVRE.

Sélection professionnelle. - Examen psychotechnique

PAR

M. Fernand MERCX,
Ingénieur des Constructions Civiles, A.I.Br.,
Directeur Technique de l'Association des Industriels de Belgique,
à Bruxelles.

I. — *Avant-propos*

L'Arrêté du 30 décembre 1940, réglementant les salaires salaires et autres conditions de travail dans l'industrie de la construction et les industries diverses, vient mettre une fois de plus en lumière l'importance de la sélection professionnelle.

Il établit trois catégories d'ouvriers :

1° les ouvriers qualifiés,

2° les ouvriers spécialisés,

3° les ouvriers non qualifiés,

et prévoit, pour chaque classe, un barème minimum de salaires.

D'autre part, le même document fixe les rémunérations, — supérieures aux précédentes, — des contremaîtres, des chefs d'équipe, des ouvriers surqualifiés.

Comme dit ci-dessus, l'arrêté souligne l'intérêt de la sélection professionnelle du fait que celle-ci peut révéler à chaque individu les aptitudes qui le caractérisent, la spécialisation qui lui convient et les correctifs qu'il faut apporter pour prétendre au grade supérieur. Dès lors, l'amélioration du salaire peut être obtenue dans un délai beaucoup plus court que si l'intéressé s'était borné à suivre les voies de la routine.

Indirectement, il en résulte une satisfaction due à la récompense de l'effort accompli, ce qui, au point de vue social,

constitue encore un gain. Voilà donc mise en lumière l'importance de la sélection psychotechnique.

L'idée d'émettre des considérations sur l'organisation de laboratoires appropriés, — dont la création, en ce qui concerne les pontiers, tout au moins, est envisagée depuis longtemps par l'Association des Industriels de Belgique (1), — est née de la lecture de l'arrêté ministériel du 30 décembre 1940 et semble ainsi venir à son heure.

La sélection professionnelle (2), pour constituer une science complète par elle-même, doit comporter trois parties principles :

1° L'examen médical,

2° L'examen mental ou psychologique,

3° La sélection psychotechnique.

Ces trois catégories d'épreuves sont des parties intégrantes d'un tout. Ce dernier perdrait toute utilité, si l'on négligeait l'une d'elles.

II. — *Avantages de la sélection professionnelle.*

Les avantages de la sélection professionnelle ainsi comprise sont multiples. Ils peuvent être groupés de plusieurs façons d'après les points de vue auxquels chacun se place.

Pour ce qui nous concerne, nous les rangeons dans les quatre catégories qui retiennent plus particulièrement notre attention :

1. L'intérêt des entreprises;
2. Le travail et la condition sociale des travailleurs;
3. L'hygiène du travail;
4. La prévention des accidents du travail.

1. *L'intérêt des entreprises.*

L'ensemble des tests choisis pour la sélection professionnelle ont pour effet de fournir à l'industrie des ouvriers sains, intelligents, possédant les aptitudes correspondant aux tâches qu'ils devront accomplir.

Dès lors, les causes d'absentéisme se trouvent fortement réduites, les fautes d'exécution sont beaucoup moins nombreuses et les fausses manœuvres, plus rares.

En bref, il en résulte une économie de matière, une diminution du prix de revient, une amélioration du rendement général de l'entreprise.

Nous terminerons ce paragraphe en rappelant que le colonel Bingen, Président du Comité d'Etudes de la Société Belge des Ingénieurs et Industriels, présentant la conférence du 16 mai 1939, donnée par M. Pommerenke, Sous-Directeur de la Fabrique Nationale d'Armes de Guerre, à Herstal, sur l'orientation psychotechnique du personnel ouvrier des usines, a fait ressortir toute l'importance de cette question en déclarant qu'elle était une condition *sine qua non* du redressement de notre économie industrielle.

2. *Le travail et la condition sociale des travailleurs.*

L'ouvrier se rend compte par lui-même des travaux qu'il peut accomplir d'après les aptitudes qu'il possède. En d'autres termes, la sélection professionnelle offre le moyen d'adapter méthodiquement l'homme à la tâche à laquelle il convient. Dès lors, il acquiert plus rapidement l'habileté et la spécialisation qui, jointes aux qualités requises, le conduisent vers les grades. Comme dit précédemment, il en résulte finalement un standing de vie plus élevé.

La sélection professionnelle n'a pas seulement pour résultat d'éliminer purement et simplement les ouvriers qui ne conviennent pas, sans se soucier de l'avenir (l'expression étant donc prise dans un sens péjoratif), mais de leur donner des indications précises sur leurs capacités, de les conseiller, en dernier ressort, quant à la voie dans laquelle ils doivent s'engager avec chances de succès. Ceci constitue un gain social non négligeable.

3. *L'hygiène du travail.*

Tous les travaux n'exigent pas, des opérateurs, les mêmes efforts musculaires et cérébraux. D'autre part, certaines tâches

(1) En résumé, A.I.B., Association sans but lucratif pour l'étude et la propagation des engins et mesures propres à préserver les ouvriers des accidents du travail, 38, rue de l'Automne, Ixelles.

(2) Voir : La Prévention des Accidents par les méthodes psychologiques F. MERCX, édition A.I.B. — p. 39.

doivent être accomplies dans des conditions de salubrité très dures et variables.

L'arrêté ministériel du 30 décembre 1940 considère comme insalubres les travaux suivants :

1° Les travaux pour l'exécution desquels l'ouvrier est sérieusement exposé à l'influence du feu, de l'eau, des marais, de la boue, de gaz, d'acides, de matières corrosives ou présentant d'autres dangers;

2° Le nettoyage et la réparation d'anciennes fosses d'aisance, citernes, etc., le nettoyage et la réparation de fours industriels pouvant dégager des émanations nocives ainsi que les travaux aux parois extérieures des cheminées.

L'on comprend aisément, à cette lecture, que les ouvriers accomplissant de tels travaux doivent jouir d'une santé particulièrement robuste et être exempts de toute prédisposition à certains malaises ou maladies.

A cette nomenclature, il faut encore ajouter les travaux tels que les terrassements, les tâches accomplies dans l'air comprimé, la peinture au pistolet pneumatique, les travaux exécutés dans les endroits et dans les ateliers où il y a ou peut y avoir des émanations de gaz, la coulée de certains métaux tels que le cuivre, le laiton, le bronze le zinc, etc., les travaux qui produisent des poussières contenant de la silice, du plomb, etc., etc.

La tâche du médecin, consistant dans l'examen du sujet au point de vue de son adaptation physique et de ses prédispositions à certaines maladies, éliminera les individus pour qui les conditions hygiéniques ne conviennent pas.

Il en résulte donc une amélioration des standards d'hygiène du travail.

4. *La prévention des accidents du travail.*

La sélection professionnelle a une influence favorable sur la prévention des accidents du travail, dans le sens qu'elle élimine la majorité des sujets prédisposés aux accidents.

Pour nous borner à quelques cas principaux, nous ne citerons que les daltoniens, les aveugles pour des couleurs déterminées (qui paraissent noires), les épileptiques, les personnes atteintes de vertige, les distraits, les sourds, les peureux.

Comme les gens prédisposés aux accidents et les imprudents

se mettent en danger, ainsi que leurs semblables, leur élimination contribue à réduire les risques d'accident dans une proportion notable.

III. — *Examen médical.*

L'examen médical doit porter sur les points ci-après :

1. *Le corps.*

Feront l'objet d'un examen particulièrement minutieux :

a) l'appareil digestif,
b) l'appareil circulatoire,
c) l'appareil respiratoire,
d) le système nerveux.

Les troubles des appareils respiratoire, digestif et circulatoire, — plus spécialement les anomalies des reins et du cœur, — provoquent des perturbations qui se traduisent par des distractions, des préoccupations, des dépressions momentanées plus ou moins graves, des douleurs inattendues.

Quant aux affections des organes des sens, du système nerveux et du cerveau, leur influence est immédiate. Le cas typique est celui du vertige qui peut résulter, soit d'une lésion de l'oreille ou de l'œil, soit d'un état épileptique insoupçonné.

Pour l'appareil digestif, l'on fera la radioscopie et même la radiographie du sujet. Eventuellement, on effectuera l'analyse de l'urine.

Pour l'appareil circulatoire, on pratiquera également la radioscopie, éventuellement la radiographie et l'analyse du sang. De plus, on examinera de près le fonctionnement du cœur et l'on étudiera les modifications de la pression artérielle, du pouls, de la vitesse de retour à la pression artérielle normale et du pouls après le test, et les réactions vaso-motrices.

Pour l'appareil respiratoire, on procédera comme pour l'appareil digestif. En plus, l'on étudiera les modifications des mouvements et de la force respiratoire, de la ventilation pulmonaire (pneumographie, tests de suspension respiratoire, spirométrie).

Quant au système nerveux, l'attention se portera sur les signes de dégénérescence et les tares.

2. *La force musculaire.*

L'effort qu'un individu peut développer sera mesuré au dynamomètre. Deux genres d'épreuves doivent être exécutées : mesure de l'effort maximum momentané et mesure de la variation de l'effort pendant une minute.

3. *La résistance à la fatigue.*

Le travail continu demande, en effet, une musculature possédant un grand indice d'inertie.

Quant au point de vue mental, il faut chercher et étudier les phénomènes caractéristiques provoqués par la fatigue : phénomènes respiratoires (régularité, rythme, débit, pression de l'air inspiré et expiré), circulatoires (variations de la pression artérielle, modifications dans le pouls artériel, veineux et capillaire, phénomènes vaso-moteurs, répartition du sang dans les divers organes, changements de volume du cœur) et nerveux (réflexes physiologiques, état local des muscles intéressés).

4. *La vue et les yeux.*

L'examen porte sur :

a) la mobilité des yeux;
b) l'estimation du champ visuel;
c) la perception des couleurs ou sens chromatique normal;
d) l'acuité de la vue.

Nous pensons qu'il est inutile de nous étendre longuement sur l'importance de cette tâche de l'examen médical. Il suffit de signaler que, pour les électriciens, les conducteurs de locomotives, les automobilistes, la distinction entre les feux rouges, verts, orangés, violets, est d'importance capitale.

D'autre part, des troubles des organes visuels peuvent donner naissance à des malaises subits et au vertige.

5. *L'appareil auditif.*

Il est important au point de vue de la réception, de la transmission et de l'exécution des ordres, ainsi que de la perception nette des bruits et des sons, que l'appareil auditif soit exempt de tares.

Les tests peuvent être de quatre genres :

1° Perception des légers bruissements (causerie à voix basse);

2° Perception de la voix normale;

3° Perception de sons graves et aigus;

4° Décèlement de la direction dans laquelle se produisent les sons ou bruits.

6. *La voix.*

Dans certains cas, la voix doit être également examinée, soit dans des circonstances normales, soit dans des conditions déterminées d'occupation (résistance à la fatigue). Il importe en effet, que l'articulation et le timbre soient irréprochables pour que les ordres, créés ou donnés, soient compréhensibles sans ambiguité.

IV. — *L'examen mental ou psychologique.*

L'examen mental ou psychologique ne fait pas, jusqu'à présent, partie du programme établi par les laboratoires de sélection psychotechnique. A notre avis, c'est une lacune, car il ne suffit pas de dépister les ouvriers aptes, mais aussi et surtout de rechercher des hommes capables d'être des gradés dans toute l'acception du terme.

Nous reproduisons ci-après, ce que nous en disions dans notre travail intitulé *La prévention des accidents par les méthodes psychologique*, page 47. Le passage en question, bien que paru il y a huit ans déjà, a conservé tout son caractère d'actualité.

« *L'examen mental a pour but de dévouvrir les idées des futurs chefs ou ouvriers sur des points intéressant de près la prévention des accidents. Ces idées sont excessivement importantes, car elles exercent une influence prépondérante sur l'efficacité des mesures préventives. En effet, il ne suffit pas d'édicter ces dernières, il faut que le personnel les applique convenablement et cette application dépend en tout premier lieu de l'angle sous lequel l'individu les considère.*

Les points principaux sur lesquels l'attention des examinateurs doit se porter sont :

1° L'opinion à l'égard de la discipline;
2° La conscience des responsabilités;
3° La recherche des responsabilités;
4° L'énergie;
5° Le degré d'initiative;
6° Le sang-froid.

Cet examen mental doit être d'autant plus sévère que l'on s'élève dans la hiérarchie industrielle.

1° L'opinion à l'égard de la discipline.

La discipline est absolument nécessaire non seulement au point de vue de l'ordre, mais également au point de vue de la prévention des accidents. Si l'industriel met à la disposition des ouvriers des engins de protection, des vêtements de travail, des lunettes, etc., ce n'est pas pour les laisser traîner dans les ateliers ou pour les ranger soigneusement dans les armoires : ils doivent être employés, et ce, judicieusement. Il faut donc que l'examiné comprenne l'importance de la discipline et s'y plie de bonne grâce car, dans le domaine de la sécurité, il faut des hommes respectueux des règles imposées afin de réagir contre ce que l'on pourrait appeler la « somnolence » vis-à-vis du danger et qui résulte de l'absence persistante de l'accident. Le travailleur discipliné a beaucoup plus de chances d'échapper à ce risque.

2° La conscience des responsabilités.

Les responsabilités des gradés sont de deux genres, quelle que soit l'importance du grade. Il y a tout d'abord la responsabilité au point de vue du rendement de l'entreprise qui résulte du fait qu'un individu accepte un poste de commandement. Il en découle, en effet, l'obligation de distribuer les hommes et de les surveiller de façon à diminuer les pertes de temps, assurer la discipline, produire au maximum. Il existe un autre genre de responsabilité qui consiste à veiller sur la sécurité des subordonnés. Que faut-il penser du chef qui permet au personnel d'utiliser des méthodes de travail dangereuses, de ne pas employer les accessoires de sécurité mis à sa disposition par la direction? Il faut donc que tout individu destiné à devenir un conducteur d'hommes soit bien pénétré de ces deux genres de responsabilités et sache qu'il s'en charge lorsqu'il accepte le grade.

Mais il y a plus, les ouvriers eux-mêmes ont des responsabilités les uns vis-à-vis des autres. Ils ont pour devoir de se signaler mutuellement les risques auxquels ils peuvent s'exposer sans les remarquer : c'est, somme toute, de la saine collaboration, de la solidarité bien comprise. Cet état d'esprit peut naître de l'éducation, mais il sera d'autant plus facilement créé que les individus s'y trouvent prédisposés.

3° La recherche des responsabilités.

Ce point intéresse plus spécialement les futurs gradés.

Parmi les hommes, les uns se contentent d'exécuter leur travail quotidien et jamais l'idée ne leur vient qu'ils pourraient accomplir des tâches plus importantes, plus intéressantes, moyennant d'accepter certaines responsabilités. D'autres, au contraire, désirent accroître leur utilité en s'élevant dans la hiérarchie industrielle et sont tout prêts à porter sur leurs épaules le poids d'obligations morales de plus en plus lourdes au fur et à mesure qu'ils poursuivent leur marche ascensionnelle.

Il faut déceler les individus de cette espèce, car ils sont appelés à rendre de grands services à la campagne préventive, et leur confier des postes en rapport avec leurs aptitudes. Ce sont, en général, des gens très courageux qui sauront se faire obéir.

4° L'énergie.

L'énergie n'est pas nécessaire aux chefs seuls, mais également à leurs subordonnés. Pour les chefs, elle doit se manifester de deux façons : activement et passivement.

L'énergie sera dite active lorsque le gradé fera respecter les règles édictées par l'usine, soit en vue de la bonne ordonnance du travail, soit en vue de la prévention des accidents, malgré les résistances et les murmures.

L'énergie sera dite passive lorsque le gradé et les ouvriers obéiront d'eux-mêmes, et de bonne grâce, aux ordres donnés par les chefs, ce qui, dans bien des cas, n'est pas chose facile pour certains caractères plus ou moins personnels, plus ou

moins indépendants, qui ne saisissent pas de suite l'opportunité des mesures prises.

L'énergie est d'autant plus nécessaire que l'application stricte de règles de sécurité peut faire naître des soupçons de couardise, dans les cerveaux primaires, et provoquer des quolibets. L'autorité du chef et la prudence des ouvriers intelligents courent le risque de sombrer sous le flot des plaisanteries.

Il y a beaucoup de chances que les individus qui recherchent les responsabilités possèdent la dose d'énergie nécessaire pour remplir efficacement leur rôle dans la prévention des accidents.

5° Le degré d'initiative.

Il arrive parfois que des circonstances imprévues obligent des subordonnés à prendre des mesures urgentes pendant l'absence du chef responsable. En matière d'accident, la vie d'un homme dépend parfois de quelques secondes nécessaires à la réflexion, à la décision et à l'exécution. Si le sauveteur hésite quelque peu par crainte d'une réprobation, l'irréparable s'accomplit. Les gradés doivent toujours être des gens sachant user d'initiative en un moment critique et il est désirable que les ouvriers soient choisis parmi les hommes de cette espèce. Cette condition est absolument indispensable lorsqu'il s'agit de travaux particulièrement dangereux tels que : tâches accomplies dans des endroits où peuvent exister des gaz nuisibles à la santé, montages de charpentes, réparation de toitures, etc.

6° Le sang-froid.

Beaucoup d'individus se trouvent à même de faire preuve d'initiative dans des circonstances normales habituelles qui ne peuvent plus mettre à profit cette ressource lorsque des cas extraordinaires se produisent brusquement : ils manquent de sang-froid. En règle générale, on n'acquiert pas le sang-froid, mais on le possède comme un don naturel : il dépend de la physiologie. Toutefois, il existe des hommes qui se laissent influencer par les facteurs psychologiques et qui, tout en étant de sang-froid en temps normal, s'affolent lorsqu'ils sont déprimés soit par une peine, soit par l'inquiétude.

2) Tests.

Comment peut-on opérer une sélection basée sur les considérations qui précèdent? La question est excessivement complexe et il serait difficile d'établir des tests applicables à tous les métiers, car chacun de ceux-ci constitue un cas particulier et les circonstances peuvent suggérer des moyens imprévus. Il est toujours possible d'interroger ou d'examiner les hommes de façon à surprendre, sinon immédiatement, du moins indirectement, le fond de leurs pensées.

L'examinateur quelque peu averti trouvera certainement des occasions favorables pour exercer discrètement son talent d'observateur. »

V. — *L'examen psychotechnique.*

Les laboratoires de psychotechnique ont imaginé des tests répondant aux vues particulières pour lesquelles les épreuves ont été imposées.

Pour fixer les idées, nous donnerons ci-dessous, en résumé, les travaux effectués par quelques laboratoires importants.

A) Laboratoire de la Société des Transports en Commun de la Région Parisienne.

Les tests utilisés sont les suivants :

1° Test des temps de réaction permettant de mesurer : la rapidité, la régularité et la fatigue motrice d'un sujet soumis à une série d'excitations auditives. On fait usage, à cet effet, du chronoscope de d'Arsonval;

2° *Test de fatigabilité musculaire,* permettant de mesurer, à l'aide du dynamographe, la force et l'endurance musculaire localisées et, à l'aide du volant-dynamographe, l'intensité des efforts à caractère professionnel;

3° *Test d'appréciation des vitesses et des distances,* indiquant l'aptitude du sujet à déterminer, par avance, le point de rencontre de deux mobiles se déplaçant à des vitesses différentes sur une même piste. On utilise un appareil appelé tachodomètre;

4° *Test d'attention diffusée,* montrant dans quelle mesure d'exactitude et de rapidité le sujet soumis à des excitations

variables en nature et intensité, est capable d'y répondre par des réactions déterminées;

5° *Test d'émotivité,* qui, comme son nom l'indique, décèle le degré d'émotivité. C'est un des tests les plus importants, l'émotivité étant un très grave défaut pour un agent du mouvement.

L'émotivité se mesure de deux façons :

a) d'après la variation de la résistance électrique du sujet soumis à un choc émotif : cette résistance varie en fonction de l'émotivité;

b) d'après les variations de la pression artérielle. Ces variations de pression sont électriquement enregistrées à l'oscillographe, au moyen du quartz piézoélectrique dont la propriété est de transformer une différence de pression en une différence de potentiel.

La comparaison des courbes enregistrées chez le sujet à l'état de repos, puis soumis à un choc émotif donne des indications particulièrement nettes sur son degré d'émotivité;

6° *Test de nocturnéité et d'éblouissement,* fixant l'intensité de lumière à partir de laquelle le sujet commence à percevoir les objets, et le temps qu'il met à se réadapter après avoir été ébloui par un projecteur. Ce test donne des indications sur l'aptitude à conduire dans une demi-obscurité (en particulier à la chute du jour) coupée d'éclairages intensifs;

7° *Test du champ visuel pratique,* montrant dans quelles limites le sujet, ayant son attention fixée sur des objets placés en face de lui, aperçoit des objets ou des feux se présentant latéralement;

8° *Test de dissociation des mouvements des mains,* qui permet de déterminer la précision des coordinations visuo-motrices du sujet;

9° *Test de rapidité d'apprentissage,* qui met en relief la facilité d'adaptation du sujet;

10° *Test d'intelligence et test de mémoire,* permettant d'éliminer les candidats incapables de comprendre ou de retenir les instructions données aux Ecoles de formation du personnel de l'Exploitation.

Les résultats obtenus sont remarquables. Les méthodes de sélection, d'instruction et de surveillance dont nous venons d'indiquer la rigueur n'ont été complètement mises au point qu'en 1923. Leur application n'ayant pu se faire que graduellement, c'est seulement en 1927 qu'elles ont été appliquées à l'ensemble des machinistes des T. C. R. P. Elles ont progressivement transformé cette catégorie d'agents en un corps d'élite dont l'habileté professionnelle ne craint aucune comparaison. Les graphiques et tableaux dressés montrent que le nombre des accidents par machiniste a diminué de près des deux tiers.

B. — *Laboratoire de l'Association des Industriels du Nord de la France.*

Le laboratoire de l'Association des Industriels du Nord de la France a adopté les épreuves suivantes :

1° Appréciation des vitesses et des distances.

L'appareil utilisé est le tachodomètre.

Le sujet doit apprécier, tout ensemble, la distance et les vitesses et déterminer aussi exactement que possible, en quelques secondes (maximum 3 1/2 secondes), l'endroit où les chariots se croiseront ou se rattrapperont : immédiatement après la mise en marche, le sujet doit crier le chiffre qui correspond, sur la grande règle graduée, à l'endroit supposé de la rencontre.

Pour accroître la difficulté, les chiffres des graduations ne se suivent pas. Il convient donc de faire preuve non seulement de jugement, mais aussi d'un certain coup d'œil;

2° L'étude des temps de réaction.

Il s'agit d'un chronomètre électrique d'Arsonval. Le sujet tient en main une presselle sur laquelle il appuie chaque fois qu'il entend un coup de timbre. Le chronomètre enregistre en centième de seconde l'écart de temps s'écoulant entre le coup de timbre et la pression de la main. L'épreuve comprend l'émission de 96 sons, à un rythme qui n'est pas constant. Elle permet d'apprécier la vitesse de réaction, la régularité et la fatigabilité du sujet;

3° Le test d'attention diffusée.

Le sujet est assis devant une table, les pieds sur deux pédales et un contact électrique en main. A 3 mètres en avant, se trouvent de petits disques vitrés derrière lesquels vont s'allumer à une cadence plus ou moins rapide et variable des feux rouges, verts et blancs.

Au feu rouge, le sujet doit appuyer sur la pédale de gauche. Au feu vert, il doit lâcher la pédale de droite. Au feu blanc, il doit faire les deux mouvements simultanés. Les pédales sont reliées électriquement à la table de l'opérateur qui note, au passage, toutes les fautes.

Pour distraire le candidat, un petit écran central fait apparaître des chiffres : c'est un élément de dispersion de son attention. L'épreuve est encore compliquée par l'apparition de sonneries différentes. Si c'est un timbre de métal, le sujet doit appuyer sur le contact électrique qu'il tient à la main; si c'est un timbre de bois, il ne doit pas bouger. Enfin, un coup de klaxon intempestif ne doit pas surprendre le futur conducteur.

L'obligation de ne pas pousser sur la pédale de gauche, — qui est très sensible, — est une cause de fatigue pour le sujet.

La fatigabilité de l'examiné est mesurée par la rapidité des réactions et la régularité (nombre de fautes).

Remarque. — Avant l'épreuve définitive, le sujet est exercé jusqu'à l'obtention d'une série de douze épreuves sans faute. A ce moment, on juge que l'intéressé est assez instruit et peut subir l'essai.

C. — *Laboratoire de l'Ecole d'Ergologie de Bruxelles.*

Le laboratoire de l'Ecole d'Ergologie de Bruxelles a pour mission de former des psychotechniciens.

Les appareils utilisés sont les suivants :

1. L'automatographe, qui a pour but d'explorer la capacité d'automatisation en faisant mouvoir des manivelles, soit dans le même sens, soit en sens inverse;

2. L'euchirigraphe employé pour étudier l'automatisation des mouvements de précision et d'adresse, en obligeant l'examiné à décrire des figures découpées dans une plaque métallique, sans en toucher les bords;

3. Le métakinésigraphe sert à étudier les mouvements de translation avec charge;

4. Le chromatomètre lumineux, pour la mesure de l'éblouissement;

5. Le tachodographe, qui permet d'explorer la perception des distances en fonction des vitesses, par le déplacement de mobiles contrôlés par l'intéressé;

6. Le tachystoscope lumineux, qui donne une idée de la rapidité et du champ de la perception visuelle;

7. Le synarmon, qui est un ensemble de pièces à assembler dans le minimum de temps, en vue d'apprécier le jugement idéo-moteur (aptitude technique);

8. L'elpidographe, qui explore la capacité d'attention expectante;

9. Le térésigraphe, qui permet de mesurer le degré d'attention vigilante;

10. Le taraxigraphe, qui recherche l'émotivité du sujet examiné.

Nous pouvons dire que ce laboratoire, grâce à un ensemble d'appareils relativement simples, peut donner, dans les grandes lignes, une idée des aptitudes psychotechniques des sujets examinés. Pour les diverses missions rencontrées dans l'industrie, il n'y a plus qu'à imaginer des tests appropriés.

D. — *Laboratoire des Tramways Bruxellois.*

La description de ce laboratoire ayant été publiée dans le Bulletin de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels, n° 2 de 1936 (1) nous en rappellerons simplement les principes :

Les épreuves imposées aux candidats portent sur :

a) La force physique et la résistance à la fatigue.

(1) La formation des wattmen aux Tramways Bruxellois, par M. BRISON, Ingénieur, Chef de Service aux Tramways Bruxellois.

Il est utilisé un appareil dynamométrique. L'intéressé doit produire un effort déterminé pendant un temps fixé.

b) L'appréciation des distances.

L'appareil utilisé est le tachodographe Sollier-Drabs, construit par J. Bettendorf en 1934.

L'intéressé doit ralentir ou arrêter un véhicule miniature en des endroits déterminés par l'examinateur et voir si ledit véhicule peut passer dans un espace limité.

Le sujet doit se conformer exactement aux consignes données. Cette épreuve exige donc de pouvoir apprécier les distances en profondeur et en largeur.

c) L'attention.

Les appareils utilisés sont : un chronographe électrique au moyen duquel l'examinateur peut lire le 1/100e de seconde et un prosexigraphe.

Au point de vue de l'estimation du degré d'attention, on mesure :

1°) L'attention motrice.

Cette épreuve consiste à déterminer le temps nécessaire au sujet pour exécuter une succession de mouvements simples mais exigeant une certaine concentration.

2°) L'attention sensori-motrice.

Le temps mis par le sujet pour percevoir un objet isolé, le définir, et, à la suite de l'excitation visuelle ainsi produite, à exécuter une manœuvre simple (couper le courant, à l'aide du manipulateur, et décrire l'objet aperçu).

3°) L'attention vigilante.

Cette fois, l'objet est disséminé parmi d'autres semblables. L'épreuve consiste à le déceler, à le décrire et, à la suite de l'excitation visuelle ainsi produite, à exécuter une manœuvre simple.

On obtient ainsi une mesure de la sûreté et de la rapidité, du coup d'œil et de la réaction, donc de la vigilance de l'intéressé.

4°) L'attention idéo-motrice.

Un film, représentant des incidents de rue (passages de piétons et de véhicules, croisements de rues, etc.) est projeté. L'examiné est sensé se trouver au controller d'un tram et doit exécuter les manœuvres appropriées aux circonstances : sonner, couper le courant, freiner.

L'appareil utilisé est l'automatographe Sollier-Drabs. Il permet de mesurer l'automatisation d'une manœuvre simple, d'une manœuvre double, symétrique, puis dissociée, l'automatisation d'une manœuvre triple, différente et avec dissociation de l'ordre imposé d'abord.

Un graphique est automatiquement établi. On peut ainsi se rendre compte de la régularité et de l'ajustement des mouvements, de l'aptitude à l'automatisation du sujet.

d) L'émotivité.

L'exploration de l'émotivité est adaptée aux buts visés par les Tramways Bruxellois.

Voici ce qu'en dit, entre autres, M. Brison :

« D'après le Prof. José Drabs, ce n'est pas l'émotivité en général, ni les réactions circulatoires ou respiratoires dues à l'émotion que l'on doit chercher, comme dans les recherches classiques, à dépister chez un conducteur ; c'est le trouble qu'il peut éprouver en face des circonstances survenant inopinément sur sa route, et le mode de réaction motrice qui en résulte, et dont les conséquences peuvent fausser la manœuvre qui doit être faite. »

La mesure se fait au moyen d'un appareil appelé « taraxigraphe ». Il est basé sur le fait que, sous l'influence d'une émotion, il peut se produire chez le sujet du relâchement ou du renforcement de l'effort produit, du tremblement ou de l'incoordination musculaire, défauts qu'il s'agit de dépister.

Différents appareils d'excitations sensorielles, capables de provoquer l'émotion-choc, tels que : phare éblouissant, klaxon, détonateur, sifflet, etc, sont à la disposition de l'examinateur. Ces appareils sont connectés à des dispositifs électromagnétiques qui marquent sur le papier le moment où l'excitation se produit.

E. — *Laboratoire de la Fabrique Nationale d'Armes de Guerre, à Herstal.*

Sous l'impulsion de M. le Sous-Directeur Pommerenke, la Fabrique Nationale d'Armes de Guerre, à Herstal, a établi un laboratoire psychotechnique en rapport avec ses travaux.

Avant l'examen médical et les épreuves psychotechniques, le candidat est d'abord soumis à un examen administratif portant sur l'âge, les antécédents judiciaires, le curriculum vitæ et toutes autres particularités analogues.

Vient ensuite l'examen médical des intéressés, non éliminés précédemment; les sujets admis après ces deux premières épreuves passent alors au laboratoire psychotechnique.

Les tests ont pour but de fixer les points suivants :

1° Rapidité des mouvements ou rapidité motrice.

Les épreuves sont :

a) Test d'emboutissage,
b) Test de pointage;
c) Test de dissociation du mouvement des mains;
d) Test de traçage.

2° Exactitude dans les mouvements, ou précision motrice, et dans le fonctionnement des sens, — ou précision sensorielle.

Les épreuves sont :

a) Test de dissociation du mouvement des mains;
b) Test de traçage;
c) Test de précision dans l'effort.
d) Test de concentricité ou précision du coup d'œil;
e) Test de division de la ligne ou précision du coup d'œil également.

3° Equilibre psychomoteur.

Les épreuves portent sur :

a) la rapidité du temps de réaction;
b) la valeur moyenne du temps de réaction.

Les appareils utilisés sont simples et comprennent, autant que faire se peut, des éléments de machines-outils ou d'engins dont l'ouvrier devra assurer, par la suite, la manipulation ou la conduite.

Les mouvements et erreurs sont enregistrés électriquement.

F. — *Laboratoire de l'Office central d'Orientation professionnelle de la J. O. C.*

Bien que prévu pour l'orientation professionnelle, ce laboratoire mérite d'être signalé dans le cours de cet exposé.

Les intéressés subissent d'abord un examen médical complet portant sur l'appareil digestif, l'appareil respiratoire, l'appareil circulatoire, le système nerveux, etc., accompagné des mesures anthropométriques.

Les tests pratiqués ont les buts suivants :

1. Déceler la mémoire des figures;
2. Rechercher l'aptitude à apprécier les distances par la coïncidence de plans verticaux (également la correction de la vision);
3. Dépister la mémoire musculaire et l'adaptation à l'automaticité;
4. Se rendre compte de la dextérité, du raisonnement et de l'intelligence du candidat.

Ce dernier s'exécute de deux façons :

a) L'examiné doit placer une pointe en acier au centre de trous percés dans une plaque, sans en toucher les bords, le diamètre de ces ronds allant en diminuant. Un métronome peut régler la cadence des gestes.

Les fautes sont enregistrées électriquement.

b) L'intéressé doit ouvrir puis refermer la boîte du Docteur Decroly.

G. — *Laboratoire de l'Union Minière du Haut-Katanga.*

Les tests mis en œuvre par l'Union Minière du Haut-Katanga ont pour but :

1° De rechercher le degré de développement des fonctions de l'intelligence des sujets examinés : fonctions d'acquisition (attention, association, mémoire) et fonctions d'élaboration (raisonnement, jugement, imagination, décision, maîtrise de soi).

2° De découvrir le mieux possible la personnalité de l'individu proposé à l'observation.

Les points examinés sont :

a) Intelligence verbale.
Ouvriers et intellectuels sont soumis à cette épreuve.

b) Représentation visuelle mentale.
Ce test permet de classer l'homme dans l'une des trois catégories : exécutant — chef — organisateur (groupe de Kant).

c) Intelligence pratique.
L'épreuve choisie varie selon le métier de l'intéressé.

d) Attention.

e) Personnalité.
Le test est différent selon qu'il s'agit d'un employé ou non.

Le dépistage de la personnalité se fait à l'aide d'une conversation familière sur un sujet que l'examinateur doit choisir judicieusement.

H. *Laboratoire psychotechnique à l'usage des conducteurs de ponts roulants ou de grues (pontiers ou grutiers).*

Nous avons laissé, pour être traité *in extenso*, un cas concret d'application de la sélection psychotechnique, car il intéresse la très grosse majorité des usines et ateliers : l'examen des pontiers et grutiers.

L'étude dont il est question ci-dessous, parue dans la revue *Stahl und Eisen*, n° 11 de 1925 est due au Dr. Ing. Adolf Friedrich, professeur à l'Ecole Technique de Karlsruhe.

L'auteur pose en principe :

Tout examen ou tout exercice doit se rapprocher le plus possible de la réalité et se conformer, sous tous les rapports, aux exigences des installations industrielles.

Toutes les épreuves décrites y sont conformes.

L'essai le plus important est l'essai de conduite.

Il consiste à faire circuler à travers une série de cadres de différentes hauteurs, une charge de dimensions extérieures

équivalentes à celle d'un électro-aimant porteur et suspendue à un pont-roulant ordinaire.

Il peut s'effectuer dans une usine abandonnée ou momentanement inactive, dans un dépôt ou une partie d'usine, voire même à l'air libre au moyen d'une grue de cour.

Les cadres, confectionnés en fers plats ou en tubes à gaz, peuvent être fixés dans le sol et montés sur pied.

La figure 1 représente une salle aménagée spécialement pour cette expérience; la figure 2 donne les détails du type d'obstacles, situés à des niveaux variables, entre lesquels le poids suspendu au crochet du pont doit passer, le plus rapidement et le plus sûrement possible, suivant un itinéraire bien défini.

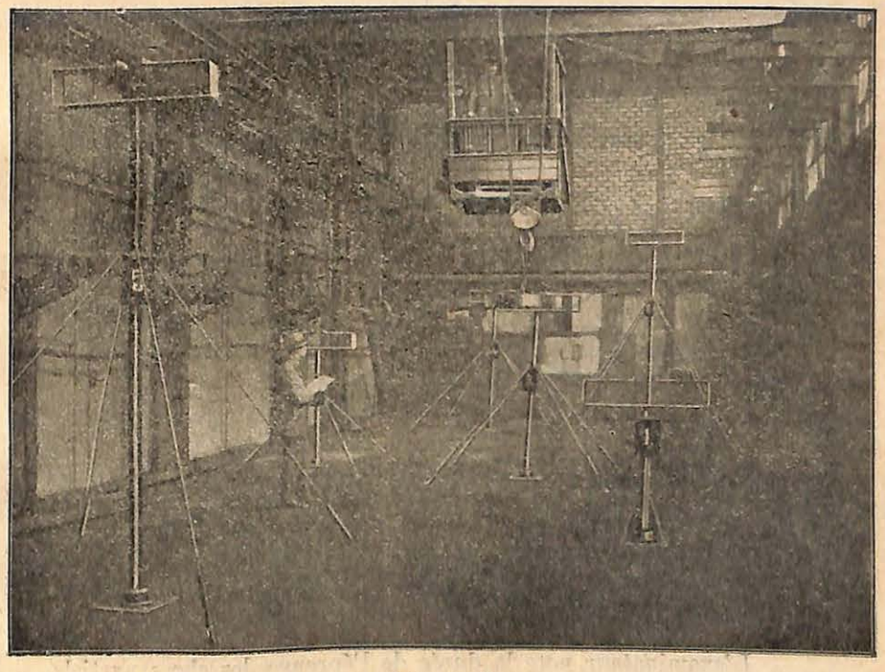


Figure 1.

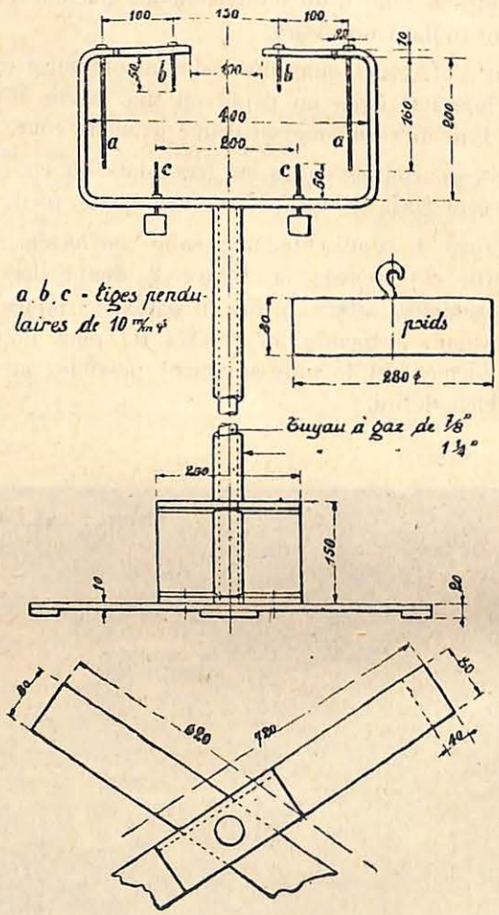


Figure 2.

Il convient de signaler que le candidat doit être au préalable familiarisé avec les manettes de commande et « mis en train » par quelques essais.

L'examinateur note la durée de l'épreuve, les chocs partiels et totaux, le courant consommé.

L'épreuve est renouvelée plusieurs fois, après arrêt de l'appareil.

La moyenne des résultats obtenus permet de déceler si le travail du pontier est :

Lent et sûr,
Rapide et sûr,
Lent et incertain,
Rapide et incertain,

et d'apprécier la facilité d'assimilation ainsi que l'aptitude à l'entraînement du conducteur.

Les expériences effectuées avec des pontiers en service depuis huit ans ont donné des durées variant entre treize et trente-cinq minutes. Sur place, la rapidité d'action peut seule être contrôlée, abstraction faite de la correction des mouvements. Ceci prouve donc l'utilité des épreuves dans une installation spéciale.

La disposition et la forme des obstacles permettent d'observer les conducteurs de tous les appareils de levage. Ces essais assurent donc une sélection précise et peuvent développer les aptitudes ou parfaire l'éducation de la grande masse des pontiers.

Ils sont utilement complétés par :

1° *L'estimation des distances à la vue.*

Cette épreuve est surtout importante pour les déplacements en diagonale et s'effectue en plein air ou dans un atelier. Le problème consiste à déterminer, de l'emplacement du pontier, le rapport entre le déplacement du chariot et le déplacement du pont roulant nécessaires pour atteindre un point déterminé.

2° *L'évaluation des hauteurs.*

Le candidat doit, ou estimer, en regardant à travers la fente d'un appareil spécial et de haut en bas, la hauteur de deux cylindres dressés sur leur base, ou placer, à même hauteur, deux index mobiles le long de deux barres verticales, toujours en regardant de haut en bas.

L'épreuve peut encore avoir lieu en plein air ou en atelier.

Des barres différentes sont disposées verticalement sous l'appareil et le pontier doit en estimer les hauteurs.

Exercice très important dont le but est d'éviter que le pontier ne heurte avec sa charge et ne détériore les machines et autres installations fixes du hall ou de la cour, cette expérience se trouve combinée, en fait, avec l'essai de conduite déjà signalé.

3° *Le déplacement en diagonale.*

Corollaire des deux épreuves précédentes.

4° *Le balancement des charges.*

Ce quatrième point intéresse principalement les fonderies, car les poches de coulée ne peuvent pas osciller. Il faut que l'on sache si l'examiné se rend bien compte de l'importance du balancement des charges correspondant à l'inclinaison des câbles.

Le problème consiste très souvent à déplacer un modèle réduit du fardeau, d'un point à un autre, au moyen d'une seule oscillation. L'appareil est un pont roulant en miniature se mouvant sur un chemin de roulement idoïne.

5° *La réalisation et l'estimation des vitesses.*

L'appareil utilisé à cet effet se compose de deux bandes de drap d'égale longueur placées l'une à côté de l'autre et se déplaçant de bas en haut. Chacune d'elles porte un trait de repère blanc que l'on suit des yeux pour déterminer la vitesse. La bande de gauche se meut à une vitesse constante qui lui est imprimée par l'examinateur. L'exercice consiste à faire se mouvoir la bande de droite de manière que les deux traits de repère se placent et se maintiennent à même hauteur. La difficulté réside dans ce qu'un changement opportun de vitesse doit pouvoir être exécuté même lorsque les traits de repère ne sont pas visibles.

Le pontier se basant sur les vitesses relatives observées doit estimer le temps que mettent les deux repères à se rejoindre — en l'occurrence au revers de l'appareil — et effectuer alors immédiatement le changement de vitesse nécessaire. Les temps obtenus varient de 2 minutes à plus de 25 minutes.

6° *La distinction des sons.*

Un appareil spécial permet de produire des sons divers et d'obtenir des modulations variables. Le pontier doit indiquer la note émise et la caractériser tout de suite. Il est ensuite entraîné à distinguer les sons, tout en effectuant son travail.

A côté de ces essais, indispensables, en rapport direct avec la conduite des grues et ponts roulants, les pontiers peuvent encore être soumis à d'autres examens : notion de l'équilibre des charges, estimation des poids, de la résistance des câbles et des chaînes, représentation des mouvements, rapidité de discernement, rapidité des réflexes.

1. *Notion de l'équilibre.*

L'intéressé, mis en présence de diverses combinaisons de solides, doit pouvoir discerner rapidement si elles sont en équilibre ou non.

Vient ensuite l'épreuve de l'équilibrage des charges suspendues. L'objet transporté présente la forme d'un tronc de sapin muni de ses branches. Il s'agit de l'accrocher à l'appareil, dans le moins de temps possible, de façon à obtenir l'équilibre.

Il faut évidemment donner, aux novices, les indications préalables nécessaires pour qu'ils connaissent la constitution et le fonctionnement d'un pont roulant. L'association de ces connaissances exige certaines qualités de mémoire et d'observation.

2. *L'estimation des poids et de la résistance des câbles et des chaînes.*

Est utilement enseignée par des exercices spéciaux.

3. *Représentation des mouvements.*

Au point de vue des manœuvres de ponts roulants, il est utile d'enseigner la représentation des mouvements et l'art des combinaisons.

La représentation des mouvements s'apprend comme les tracés d'engrenages où, connaissant le sens de rotation d'un élément, on recherche la translation d'autres parties.

4. *Rapidité de discernement.*

Il s'agit de déterminer rapidement combien de fois une figure se trouve dans un tableau comprenant 750 signes. La recherche peut porter sur plusieurs figures à la fois.

5. *Rapidité des réflexes.*

Se détermine par un appareil simple.

En résumé, les épreuves et exercices principaux exposés plus haut permettent d'estimer :

L'attention et la conscience;
L'esprit de combinaison;
La représentation des mouvements;
La représentation des états d'équilibre;

L'aptitude à apprécier les hauteurs, distances, vitesses, la distinction des sens, la rapidité d'action, l'habileté professionnelle au point de vue de la conduite du pont roulant, de la réalisation des vitesses et de l'équilibre.

Le tableau ci-après, relatif à l'essai de conduite, montre toute l'utilité de l'entraînement des pontiers.

Années de service du conducteur	Durée du trajet en minutes	Nombre de fautes
4	13	16
3 1/2	18	16
3/4	20	6
4	20	9
5	20	12
2	20	22
1 1/2	21	12
3/4	22	12
1/4	23	17
2	24	13
4	25	18
1/4	27	19
1	30	22
1/4	30	25
3	32	23
9	35	26

L'ensemble des résultats peut être porté sur un diagramme donnant, en abscisse, la valeur du pontier, en ordonnée, les temps. La sélection des candidats s'effectue à coup sûr.

Les avantages de la méthode sont :

1° Le chef de service et le contremaître connaissent mieux la valeur de leurs subordonnés;

2° L'usine possède une meilleure brigade de pontiers;

3° Elle supplée au manque d'école spéciale pour conducteurs de pont roulant et corrige rapidement de petits défauts, très longs ou très difficiles à faire disparaître par des manœuvres dans le hall de travail.

Le pontier entraîné y voyage lentement pour ne rien endommager ou bien il détériore les installations ou la charge soulevée; dans la salle à exercice, au contraire, il circule sans la moindre appréhension.

Nous avons pu voir, à l'Exposition « Schaffendes Volk », de Düsseldorf, une réduction d'un tel laboratoire. La perfection de ce dernier était à l'abri de toute critique et cependant, elle a renforcé, dans notre esprit, l'exactitude du principe énoncé par le Dr Ing. Adolf Friedrich et reproduit en tête du présent chapitre.

Conclusions

Nous avons exposé, dans son ensemble, un programme complet de sélection professionnelle. Pour la plupart des entreprises prises individuellement, étant donné la diversité des tâches accomplies, ce programme paraît trop complet. Il n'en est pas moins nécessaire que le laboratoire chargé de mener à bien les missions lui confiées soit à même de faire face à toutes les demandes. Il suffit d'élaguer, des tests, ceux qui sont superflus.

L'ampleur des problèmes posés met en évidence que l'organisation d'un laboratoire complet comporte des frais tels qu'elle requiert un groupement des efforts. Ce groupement des efforts est d'ailleurs imposé par la nécessité d'avoir une doctrine unique dans la sélection professionnelle.

En dehors des frais de premier établissement, l'objection principale surgit alors : immobilité forcée du laboratoire psychotechnique, avec obligation de déplacer un grand nombre d'ouvriers. Nous y répondrons en disant que si les intéressés ne savent pas aller au centre de sélection professionnelle, ce dernier doit pouvoir aller aux intéressés. En d'autres termes, les appareils de laboratoire doivent pouvoir être transportés dans les principales régions du pays, même dans les usines dont l'importance justifierait ce déplacement. Dans certains cas, ce dernier serait obligatoire afin que les épreuves puissent avoir lieu dans la réalité du cadre industriel.

L'A.I.B. étudie de près les besoins des usines, les tests les mieux appropriés, la solution du problème du déplacement du laboratoire psychotechnique.

La sélection professionnelle ne constitue pas, pour elle, un compartiment isolé, mais fait partie d'un ensemble d'études générales dont la base est un musée de la prévention des accidents, lequel comprendrait, entre autres, le laboratoire psychotechnique.

L'embryon de ce musée existe déjà du fait que des pièces ayant provoqué des accidents, des chaussures de sécurité, des lunettes, des bonnets pour femmes, etc., etc., ont été rassemblés, sont exposés dans les locaux de l'A.I.B., et mis à la disposition de tout qui organise une exposition de sécurité.

Poussant son effort plus loin, l'A.I.B. est passée dans la voie des réalisations par l'acquisition de machines à bois — (scie circulaire, toupie, dégauchisseuse) munies des protecteurs les plus modernes, sur lesquelles des démonstrations pratiques se faisaient régulièrement (1). Elles ont figuré à la Foire Internationale de Bruxelles en 1940 et ont eu un grand succès.

(1) Cf. « L'installation d'un atelier de démonstration pour la protection des machines à bois », réalisée par l'A.I.B., par G. PAQUES, Ingénieur principal au Corps des Mines, à Bruxelles. *Annales des Mines de Belgique*, 2e livraison de 1939, n. 535.

Un premier résultat fut obtenu. Nous avons eu le plaisir de constater qu'une grande société métallurgique belge, à la suite de ces démonstrations, adopta les protecteurs battus violemment en brèche par des critiques purement théoriques basées généralement sur la routine; nous pouvons ajouter qu'elle se félicite d'avoir suivi les conseils de l'A.I.B.

D'autres machines dangereuses devraient venir en complément, afin de permettre un entraînement d'ensemble des ouvriers, après la sélection professionnelle, et de renouveler constamment l'intérêt que les patrons et les travailleurs accordent à la prévention des accidents.

Toutes ces manifestations rentrent donc dans un cadre dont les éléments forment un ensemble harmonieux tendant vers un seul but : l'amélioration du standing de vie de notre population ouvrière, grâce à l'effort généreux des chefs d'entreprise.

Juillet 1941.

A propos de l'industrie belge du zinc au début du XIXe siècle

PAR

Arthur DONY

---

1. — *L'histoire des industries belges.*

Les origines et les développements initiaux de nos grandes industries sont restés longtemps dans l'oubli. Singulièrement, l'histoire de la métallurgie thermique du zinc a été très négligée jusqu'en ces dernières années, — pour ce qui concerne la période comprise entre la naissance de cette industrie en 1809, et la constitution en 1837, de la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille-Montagne. Or la métallurgie thermique du zinc a été créée sur notre propre sol par un inventeur liégeois, en même temps qu'elle s'ébauchait en Silésie par des voies indépendantes. La Société de la Vieille-Montagne a pris soin en plusieurs circonstances, dans les monographies où elle marquait les étapes de ses progrès, de rappeler, mais sommairement, ce qu'elle devait à Jean-Jacques Daniel Dony et à son continuateur François-Dominique Mosselman (1). Les divers traités des métaux non ferreux n'en faisaient qu'une brève mention.

Fort heureusement, depuis une vingtaine d'années, un bel et fructueux effort a été fourni en Belgique, pour compléter et enrichir l'histoire de nos mines et de nos industries nationales; divers ouvrages et des thèses universitaires lui furent consacrés; nous évoquerons ici, par exemple, les aperçus du regretté professeur de l'Université de Liége, Eugène Prost,

---

(1) La Vieille-Montagne à l'Exposition Nationale de Bruxelles (1880). — L'Industrie du Zinc. Société de la Vieille-Montagne. Exposition universelle de Liége (1905). — Centenaire de la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille-Montagne (1837-1937).

décédé récemment; les publications de M. Paul Harsin, professeur au même établissement, et de ses élèves Rob. Demoulin, etc.; de MM. Emile Fairon, Jean R. Maréchal, Hiernaux, Jos. de Dorlodot, L. de Jaer, Laurent Dechesne, Voortman, etc. (2).

Pour ce qui est de l'industrie du zinc, le peu que nous savons actuellement de l'invention liégeoise est dû presque entièrement, fait curieux, à des personnalités étrangères; leurs noms sont parfois restés dans l'ombre, et à ce titre, méritent une citation : A. M. Héron de Villefosse, inspecteur général des mines et usines en France et dans les pays conquis, publia de 1810 à 1819, un gros ouvrage intitulé « De la richesse minérale », en trois volumes avec atlas; Amédée Burat : Etude sur les gîtes calaminaires et sur l'industrie du zinc en Belgique, Paris 1856; A. Lodin : Métallurgie du zinc, Paris, 1905; Hollunder : Tagebuch einer metallurgisch-technologischen Reise, Nürnberg, 1824; J. Bernhard Karsten : System der Metallurgie, Band IV, 1839; R. G. Max Liebig : Zink und Cadmium, Leipzig, 1913; Fr. Peters dans Muspratt's Encyklopädisches Handbuch der technischen Chemie, 4te Auflage, IXter Band, Braunschweig, 1921, etc.

Octave Dony-Hénault, un des frères aînés du soussigné, après avoir, avec ses élèves de l'Ecole des Mines de Mons, puis de l'Université de Bruxelles, consacré plusieurs années à des recherches chimiques sur la métallurgie du zinc, — s'est intéressé à l'histoire de cette industrie belge. Par deux

(2) Eugène Prost : Aperçu historique de la métallurgie belge (1926). — Idem, de l'industrie des houillères belges (1927). — Emile Fairon : les industries du pays de Verviers (1922). — Jean R. Maréchal, en collaboration avec Em. Fairon : Monographie sur la métallurgie (et sur la Compagnie des conduites d'eau des Vennes) à l'Exposition internationale de Liége en 1930 (*Revue universelle des Mines*, 1931-32). — Hiernaux : La métallurgie du fer, Mons. — Baron Jos. de Dorlodot : Les débuts de la glacerie en Belgique (dans le périodique *Verre et silicates industriels*, 1937-1938). — L. de Jaer : Notice sur l'exploitation de la houille dans l'ancien pays de Liége (1923). — Laurent Dechesne : L'industrie drapière de la Vesdre avant 1800 (1926). — Les établissements textiles De Vos et Voortman à Gand (1790-1940), par un descendant des Voortman. — Etc.

notes lues en 1938 à la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique (3), par un Mémoire à la Classe des Lettres de la même institution, en octobre 1939 (4), puis par une conférence à Liége sous les auspices de la Société Royale d'Emulation, en juin 1940, — il a voulu raviver, sur pièces nouvelles, le souvenir de l'infortuné inventeur liégeois. Il a retrouvé la maison où cet inventeur vécut, rue de la Rose, depuis son mariage, et il a reconstitué à l'aide de documents authentiques, le dossier de la faillite commerciale qui suivit de près la réussite technique. Enfin, M. Dony-Hénault a fait entendre l'émouvant appel de détresse de l'ex-chanoine liégeois, adressé au Souverain des Pays-Bas dans des lettres autographes inédites (4).

Vers la même époque, l'auteur de la présente étude, ayant terminé depuis peu sa carrière comme colonel d'artillerie breveté d'état-major, accepta volontiers l'offre de son frère, de collaborer à l'extension et à l'approfondissement de ces recherches. Il a actuellement prospecté tout ce que paraissent contenir d'intéressant pour le sujet, la précieuse mine des archives de l'Etat à Liége et les sources livresques en Belgique, seules accessibles aujourd'hui. Cette collaboration fraternelle donnera bientôt naissance à un ouvrage soigneusement documenté, qui retracera la vie de Jacques Dony, son œuvre et les conséquences de son invention. Quoique certains points n'aient pu encore être entièrement élucidés, ce livre, tribut de reconnaissance, réparera, autant que faire se peut, l'injustice du sort réservé à l'inventeur; en même temps, il comblera, — du moins nous l'espérons, — une lacune dans l'histoire industrielle de notre pays, et spécialement dans celle du zinc, qui a pris une place si importante dans l'industrie mondiale.

(3) Octave Dony-Henault : A propos de la découverte de la métallurgie thermique du zinc en Belgique au début du XIXe siècle; *Bulletins de la Classe des Sciences*, 5e série, XXIV, 1938, nos 2, 6 et 7.

(4) J. J. D. Dony, créateur de l'industrie du zinc en Belgique, Liége 1759-1819. Documents inédits et linéaments biographiques nouveaux, par Octave Dony-Hénault. Extrait des *Mémoires de la Classe des Lettres de l'Académie Royale de Belgique*. On trouvera dans ce Mémoire, les indications bibliographiques relatives au sujet.

2. — *But de la présente note.*

Dans le même ordre d'idées, l'auteur de ces lignes a rédigé une petite brochure, publiée en août 1939 sous les auspices de la Compagnie des Métaux d'Overpelt-Lommel et Corphalie, — et exposant l'origine et les débuts de la Société de Corphalie, d'après un dossier privé, obligeamment prêté par le Notaire H. Delloye (5). Cette Société, créée près de dix ans avant celle de la Vieille-Montagne, peut être considérée comme ayant été suscitée par l'exemple de la fabrique liégeoise : Hyacinthe Delloye, son premier directeur technique et un de ses principaux fondateurs, était en relations avec Jacques Dony, qu'il avait dû connaître par son père, l'industriel hutois Nicolas Delloye, membre de la Société d'Emulation de Liége, et par son oncle Henri, le Troubadour Liégeois, publiciste et protagoniste de l'inventeur; Hyacinthe Delloye conclut, notamment, avec Mosselman en 1820, un contrat pour le laminage d'une grande quantité de zinc brut sortant de Saint-Léonard (Liége) (6).

La fabrique-mère a rayonné aussi dans la vallée de la Vesdre; J. J. Guilmain et L. E. Renard, deux des trois fondateurs de l'usine à zinc à Prayon, — nous allons le voir, — étaient d'anciens employés de la fabrique Saint-Léonard.

Mais cette double extension ne put arriver à ses fins qu'après l'expiration du brevet accordé à Dony pour quinze ans en 1810. Jusqu'en 1825 les demandes des divers particuliers en vue d'obtenir l'autorisation d'exploiter d'autres mines zincifères à Eupen, Membach et Goé (7), et surtout à Verviers-Stembert, furent toutes rejetées systématiquement par les gouvernements successifs. Après ce délai, la lutte devint plus serrée, et les demandes aboutirent enfin à partir de 1829, tant en ce qui concerne la Société de Corphalie que celles de Prayon et de la Nouvelle-Montagne.

(5) Corphalie : un des berceaux de l'industrie du zinc, par Arthur Dony. Publié sous les auspices de la Compagnie des Métaux d'Overpelt-Lommel et de Corphalie (1939). Imprimerie Guyot, à Bruxelles.

(6) Archives de la Société de la Vieille-Montagne.

(7) *Journal de Liége*, numéro du 10 septembre 1814; avis et annonces.

La présente note a précisément pour but d'indiquer comment se sont développées les premières initiatives de ces groupes; à cette occasion, nous mettrons au point, en les complétant, grâce à des sources nouvelles, certains détails de notre fascicule sur la fabrique de Corphalie.

3. — *La redécouverte des mines de Corphalie.*

A la première page de la susdite brochure, nous avions reproduit un renseignement émanant de deux sources distinctes, et selon lequel les mines de Corphalie avaient été « découvertes » en 1825 par deux habitants de Statte, les sieurs Pascal Boveroux et Nicolas Deffet. Des recherches que nous avons faites dans les *Annales du Cercle Hutois des Sciences et des Beaux-Arts* nous mettent en mesure d'apporter une rectification complétive.

En réalité, Pascal Boveroux, serrurier, et Nicolas Deffet, chef mineur, ont plus exactement « redécouvert » la mine : le gisement de plomb, calamine et fer avait déjà, en 1752, changé de propriétaire ou d'exploitant, comme le prouve la mention suivante, extraite des documents de la Cour de Justice de Wanze :

« 16 août 1752 : Herman Deprez rend par devant P. J. A. Spineux, Notaire, à Jean Grandjean et à ses fils Mathieu et Jean, les mines de plomb, calamine et fer au lieu dit Kakillerie (appelé plus tard Kakirie). — Ce rendage fut réalisé le lendemain par devant la Cour de Wanze (8). »

La mine était même connue, comme gisement de plomb, dès 1130 : en effet, l'acte de dotation délivré le 21 septembre 1130 par l'évêque de Liége, Alexandre, au profit de l'église de Neufmoustier fondée par Pierre l'Ermite (en 1101-1108), s'exprime en ces termes : « ... quatre manses (demeures rurales avec douze arpents de terre) dans la campagne de Tihange, du cours d'eau de la Meuse depuis la première partie de l'île d'amont vis-à-vis de l'Eglise Saint-Georges (devenue la pro-

(8) Abrégé chronologique de l'histoire de Huy et environs, par Emile Wigny, *Annales du Cercle Hutois des Sciences et des Beaux-Arts*, tome 5 (1883), p. 189.

priété Fabri), jusqu'à la dernière partie de l'île d'aval (l'île Soiron) qui est en face de la montagne des plombs » (9).

En 1825, le 4 mai, Boveroux et Deffet obtinrent l'autorisation d'effectuer des travaux de recherches pour le minerai de plomb dans la propriété du sieur de Soiron au bois de Huy, commune d'Antheit (10). L'année suivante, le 26 août, ils reçurent l'autorisation de « pratiquer des travaux de recherches pour les minerais de fer et de calamine, dans les propriétés des sieurs J. L. J. de Soiron et Gérard Géradin, situées au Bois de Huy, ainsi que dans celles du sieur François-Joseph Mahy sur le territoire de Huy ».

Une première société fut constituée le 30 août; mais dès le 17 septembre, Boveroux et Deffet cédèrent leurs droits aux autres associés : « Joseph Francotte, avocat à Huy pour une moitié; Nicolas-Joseph Mahy à Antheit, François-Joseph Mahy (son fils) à Huy et Marie-Jeanne Namur (son épouse) pour l'autre moitié, — moyennant la somme de 300 florins, et avec faculté pour les cédants, d'entrer pour un tiers dans la société qui se formera après l'obtention de la concession » (11).

C'est ainsi que la demande de concession déposée trois jours plus tard (20 septembre 1826) fut présentée seulement par Francotte et les deux Mahy, comme il est mentionné dans la brochure.

Pour l'histoire de Corphalie à partir de ce moment, nous nous permettons de renvoyer le lecteur au texte même.

4. — *La première Société de la Nouvelle-Montagne.*

Par ailleurs, nous avons pu éclaircir presque entièrement les dates respectives de mise en activité, quasi simultanée, des exploitations à Corphalie et Prayon. Nous le devons à deux

(9) *Annales du Cercle Hutois des Sciences et Beaux-Arts*, tome 21 (1re livraison (1927), p. 63.

(10) *Annales du Cercle Hutois des Sciences et Beaux-Arts*, tome 5, abrégé chronologique par Wigny, p. 252.

(11) *Annales du Cercle Hutois des Sciences et Beaux-Arts*, tome 5, abrégé chronologique par Wigny, p. 253.

Ce dernier renseignement nous a été fourni aussi par la Compagnie d'Overpelt-Lommel-Corphalie.

ordres de documents : un dossier inédit que M. Raven, directeur général de l'Administration des Mines, nous a permis de consulter sur place (nous avons eu la bonne fortune d'y découvrir aussi une lettre autographe de J. J. D. Dony); ensuite un fascicule in-12° trouvé à la Bibliothèque Royale de Bruxelles.

L'avant-propos de notre brochure sur Corphalie contenait le passage suivant (page 5) : « Il a pu s'écouler, comme à Corphalie, un délai de quelques années entre la date à laquelle la Société de la Nouvelle-Montagne s'est constituée (1827) et la date de mise en activité de son usine à Prayon ». Cette hypothèse est vérifiée par le document de la Bibliothèque Royale, intitulé « Société Anonyme de la Nouvelle-Montagne, Statuts 1845 ». Ces statuts font, indirectement, mais clairement, connaître l'origine de la première société de la Nouvelle-Montagne et sa transformation ultérieure.

On y verra, d'une part, que la fonderie de zinc de Prayon (lez-Chaudfontaine), qui était en construction en mai 1829, n'a été acquise par la Nouvelle-Montagne qu'en février 1831. Cette fonderie était vraisemblablement destinée, à l'origine, à traiter le seul minerai du gisement de La Rochette, lez-Prayon, dont la concession avait été demandée en décembre 1828.

D'autre part, la constitution de la première Société de la Nouvelle-Montagne remonte à 1829, et non à 1827, comme nous l'avait fait dire un renseignement erroné tiré du *Mémoire sur la Fabrication du Zinc en Belgique* (12).

Quant à l'octroi de la concession de calamine et plomb à Verviers-Stembert, en 1829, il a été précédé d'une série de demandes auxquelles nous faisions allusion ci-avant : ces rétroactes nous ont été révélés par le dossier de l'Administration des Mines (13), d'où il ressort :

que dès 1789 le sieur Hubert-Joseph Arnoldy, de Verviers, découvrit du minerai calaminaire dans un terrain qui lui

(12) Publié en 1844 dans les *Annales des Mines de France*, 4e série, tome 5, par MM. Piot et Muraille.

(13) Actes de concession, Dossier H, n° 57. Concession de la Nouvelle-Montagne.

appartenait, à Verviers; il introduisit une demande en concession, publiée et affichée par arrêté du 4 fructidor an VII (21 août 1799) et procéda à des travaux d'extraction assez considérables, jusqu'à interdiction par l'autorité;

que le sieur Lambert-Philippe Poswick, greffier en chef de la Cour de Justice de Liége, trouva également, après cet affichage public, de la calamine affleurant son terrain à Stembert, y fit quelques travaux et présenta une demande en concession en janvier 1807 (32 hectares); qu'Arnoldy ayant renouvelé sa requête le 12 janvier 1813, Poswick reproduisit la sienne le 22 juillet 1814 (la publication se trouve dans le *Journal de Liége* du 14 septembre 1814);

que Jacques Dony, après avoir obtenu en 1806, la concession pour cinquante ans, de l'important gisement de la Vieille-Montagne à Moresnet, fit opposition, notamment le 15 août 1814, aux demandes des particuliers qui voulaient obtenir d'autres concessions de calamine dans la province de Liége;

que F. D. Mosselman, ex-associé et successeur de Dony en 1819, renouvela son opposition en 1820 et 1821, tout en demandant pour lui les concessions sollicitées par les autres; que le gouvernement, en 1825, rejeta à la fois la requête de Mosselman, qui déclarait ne pas posséder encore de plan d'extraction de la mine sollicitée, et les requêtes, réitérées en 1820, d'Arnoldy et de Poswick, qui semblaient, pris séparément, n'être pas assez puissants pour entreprendre une exploitation rationnelle;

qu'Arnoldy forma un groupe avec des membres de sa famille et avec les sieurs J. Hodson (14) et Genin, tandis que Poswick en constituait un autre avec les membres de la famille Simonis; que ces deux groupes revendiquèrent l'un et l'autre, des concessions plus étendues à Verviers et à Stembert, se faisant mutuellement opposition et refusant de s'unir;

(14) « J. Hodson, mécanicien propriétaire ». William Cockerill (le père de John) avait été appelé de Hambourg à Verviers en 1800 par la Maison Simonis et Biolley, pour y construire des machines à carder et à filer la laine. Il fit venir en 1802 pour l'aider, un jeune mécanicien, de Londres, James Hodson (*Bulletin de l'Institut archéologique liégeois*, tome 41, 1911). Selon toutes probabilités, c'est de lui qu'il s'agit ici; il épousa la fille de son patron, W. Cockerill.

que le gouvernement les ayant derechef déboutés en 1827, ils comprirent enfin la nécessité de fusionner en un seul groupe, à qui échut la concession globale le 7 mai 1829, sur 641 bonniers environ (558 hectares); c'est ce groupe qui forma, un mois plus tard, la première Société de la Nouvelle-Montagne en vue d'exploiter la dite concession.

5. — *Constitution de la Société anonyme de la Nouvelle-Montagne.*

Voici à présent les extraits des statuts de la deuxième Société. L'article 7 (description des apports) nous fournit les indications officielles sur les organismes originels et sur la première Société :

1° ENGIS : « La concession de calamine et de plomb d'Engis (401 hectares, 973 centiares)... a été octroyée par arrêté royal du 19 mai 1830 à la Société de Métallurgie d'Engis, constituée par acte sous seing privé, daté de Liége, le 30 juillet 1828... »

Cette Société existait encore au 31 mai 1844, mais ses 90 actions constitutives, dont le prince Paul d'Arenberg possédait le tiers au début, étaient progressivement passées aux mains de MM. Armand et Adolphe Simonis et Victor Simon, en vertu de nombreuses cessions directes ou successives.

2° VERVIERS (Stembert). « La concession de calamine et plomb de la Nouvelle-Montagne à Verviers... a été octroyée par arrêté royal du 7 mai 1829. Les concessionnaires ont, par acte daté de Verviers le 8 juin 1829, — ... formé entre eux une société de dix actions pour la mise en valeur de la concession... ».

La Maison Iwan Simonis (15), composée de M. Léon Simonis, décédé le 24 décembre 1836, et de MM. Armand et Adolphe Simonis ne possédait, au début, que deux des dix actions; les huit autres furent progressivement acquises par eux au moyen de diverses cessions.

(15) Iwan Simonis était bourgmestre de Verviers en 1818 (*Journal de Liége*, numéro du 19 juin 1818).

3° PRAYON : « L'établissement des fonderies de zinc et plomb et le laminoir existant à Prayon, commune de Forêt... anciennement connus sous le nom d'Usine de la Blanche-Plomberie et les dix hectares de terrain qui en dépendent, font partie de l'actif de l'ancienne Société de la Nouvelle-Montagne, comme ayant été vendus à cette Société par MM. Charles Dubois, Jean-Joseph Guilmain et Laurent-Eugène Renard, suivant acte passé à Verviers le 23 février 1831... »

A cet actif viennent s'ajouter : (a) « les droits tels que les possède l'ancienne Société de la Nouvelle-Montagne, à la demande en concession de zinc et de plomb, formée à Prayon par les anciens propriétaires, sur une étendue de 275 hectares (mine de La Rochette) »; (b) « la demande en concession de houille, formée récemment à Engis ».

4° Extrait de l'article premier : transformation en Société anonyme et absorption d'Engis : « Il est formé, sous la dénomination de La Nouvelle-Montagne, une société anonyme des exploitations et concessions des mines de zinc et de plomb d'Engis, de Prayon et de la Nouvelle-Montagne, à Verviers. »

MM. Armand et Adolphe Simonis et Victor Simon, par contrat du 21 octobre 1844, firent apport à la Société, de ce qui est décrit à l'article 7 ci-avant. L'exploitation nouvelle commença à la date du 1er juin 1844. Les statuts, après approbation ministérielle, furent actés à la date du 12 février 1845.

La Société anonyme de la Nouvelle-Montagne, fut — curieux retour — absorbée elle-même il y a quelques années, par l'actuelle Société Métallurgique de Prayon, sortie de son sein en 1882 (16) et qui s'était complètement modernisée peu de temps avant la guerre 1914-1918.

6. — *Conclusions.*

On peut résumer les étapes de constitution et d'exploitation de ces diverses sociétés, par le tableau ci-après, qui montre :

1° que la Société d'exploitation des Mines de Corphalie a

(16) Eugène Prost : La métallurgie en Belgique et au Congo Belge. Historique — Situation actuelle (1936), p. 139.

Gisements et usines :	DATES de constitution de la Sté exploitante	de l'octroi de la concession	de construction de l'usine	du début de l'exploitation.
Mines de calamine, plomb et fer de Corphalie (Sté d'exploitation des Mines de Corphalie).	30 août 1826 (régularisée le 15 octobre 1831.)	7 juin 1829.	—	9 mai 1828 après l'enquête administrative.
Fabrique de zinc de Corphalie (Sté de la fabrique de Corphalie).	30 août 1826 (modifiée les 17-9-1826, 4 mars et 4 octobre 1831).	—	octobre 1831 (1)	clôture des premiers comptes en oct. 1832. Dossier H. Delloye.
Mines de calamine et plomb de Verviers et Stembert (1re Sté de la Nouvelle-Montagne)	8 juin 1829.	7 mai 1829	—	juin 1929?
Mines de calamine et plomb d'Engis (Sté de Métallurgie d'Engis).	30 juillet 1828.	19 mai 1830	—	mai 1830?
Mines de zinc et plomb de La Rochette (Prayon).	—	demandée le 2-12-1828, accordée après le 23-2-1831	—	?
Fonderie de zinc et plomb de Prayon (usine de la Blanche-Plomberie).	?	—	en construction en mai 1829 (2)	vendue à la Nouvelle-Montagne le 23-2-1831
Sté An. de la Nouvelle-Montagne (2e Sté englobant Verviers, Prayon et Engis).	12 février 1845.	—	Construction d'une usine sur place à Engis, décidée en 1844 (3)	1er juin 1844.

(1) Joseph Guilmain, libéré de ses engagements à Prayon le 23 février 1831, accepta le 4 mars suivant, de construire la fabrique de Corphalie. En se reportant à notre brochure sur Corphalie (p. 9-10), on y voit que Guilmain ne remplit

été constituée (en 1826), avant celles d'Engis (1828) et de la Nouvelle-Montagne (1829).

2° que le gisement de Corphalie a été exploité le premier, avant que l'autorisation ne soit officielle;

3° que la fonderie de zinc de Prayon peut avoir été mise en activité quelques mois avant celle de Corphalie, en se procurant le minerai à Stembert après l'absorption de la fonderie par la Nouvelle-Montagne (23 février 1831). Il est possible aussi, l'autorisation de concession de La Rochette tardant à venir, que l'usine de Prayon ait travaillé quelque temps avant février 1831, en achetant son minerai à Stembert; et c'est peut-être ce fait qui aurait donné l'idée de la fusion des deux organismes.

Quant aux productions respectives des deux sociétés originelles, il y avait au début à Corphalie, dix fours de réduction contre quatre à Prayon, et le rendement proportionnel était meilleur à Corphalie, s'il faut en croire Piot et Muraille (p. 205 du Mémoire déjà cité).

* * *

En terminant, nous faisons encore appel aux lecteurs : Si certains d'entre eux possédaient d'autres renseignements relatifs aux prémices de l'industrie du zinc, nous serions heureux d'en être avisés.

Juin 1941.

---

pas les obligations qu'il avait assumées et fut remplacé par Hy. Delloye; on serait tenté d'en déduire que tout se passa comme si Guilmain avait voulu retarder le plus possible à Corphalie, la mise en exploitation par la Société hutoise.

(2) D'après le rapport manuscrit de l'Ingénieur des Mines Willekens, en date du 20 mai 1829, joint aux documents n° 67 du dossier transmis par l'Administration des Mines (9e arrondissement) aux archives de l'Etat à Liége.

(3) Eugène Prost : La Métallurgie en Belgique et au Congo Belge (1936), p. 139.

Un indicateur de position pour balances hydrauliques

par F. CORIN,

Ingénieur principal des Mines.

La manœuvre des balances hydrauliques a causé certains accidents généralement suivis de la mutilation de la main d'un ouvrier. Chaque fois, les circonstances se répètent, identiques : l'encageur, occupé à des besognes accessoires, n'a pas manœuvré la commande qui ramène la balance dans sa position initiale; le décageur, qui n'a pas remarqué cet oubli et qui est trompé par la précision avec laquelle la cage s'arrête au niveau de la recette, veut en extraire un wagonnet; à cet instant, le machiniste donne du mou au cable, la cage retombe et coince la main de l'ouvrier contre le wagonnet.

Des circonstances qui se répètent suggèrent des causes systématiques. On ne peut malheureusement pas éliminer ces causes mais on peut concevoir un dispositif de sécurité ou d'avertissement qui soit très simple et parfaitement efficace. On en trouvera un exemple dans cette note.

Pour la clarté de l'exposé, nous décrirons d'abord les manœuvres d'envoyage, puis le fonctionnement de la balance; nous donnerons ensuite une relation type de l'accident; nous terminerons par la description de l'appareil de signalisation, tel qu'il a été réalisé au siège n° 8 des Charbonnages de Monceau-Fontaine.

Le croquis (fig. 1) représente, en plan, un contour d'envoyage. Les wagonnets pleins y viennent de l'Ouest pour être encagés; les wagonnets vides sont évacués par le côté opposé, repris par un refouleur ou par une chaine-releveuse et dirigés vers un évitement. Les rames de vides sont formées à cet évitement et conduites ensuite vers les travaux.

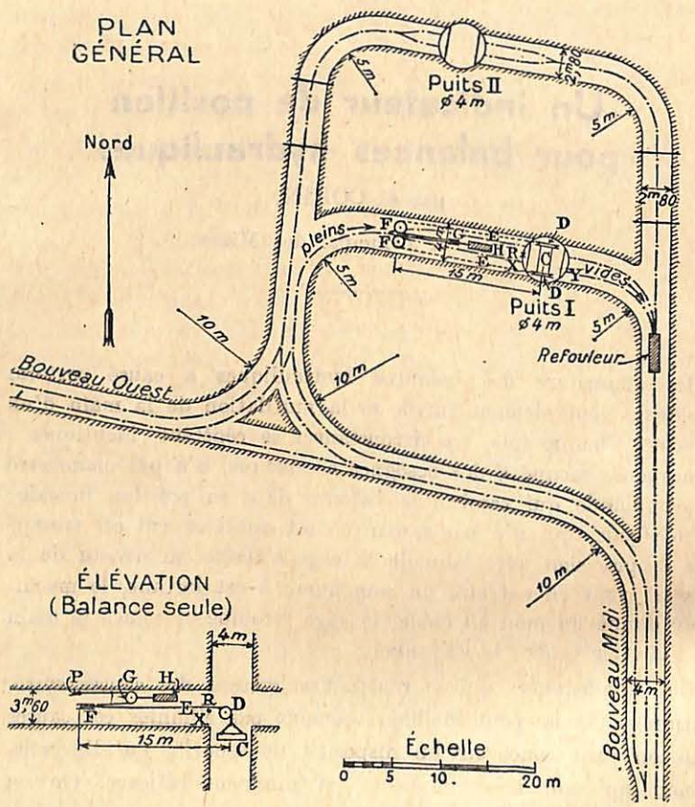


Fig. 1.

A la recette, se tiennent deux ouvriers : l'un en X, encage les pleins; l'autre, en Y, décage les vides. Les deux manœuvres sont simultanées et impliquent, de la part des deux hommes, la succession rapide des mouvements suivants :

1°) Dès qu'un palier de la cage se présente au niveau de la recette, le décageur déverrouille d'une main un wagonnet, que de l'autre main, il tire hors de la cage. La fig. 2 montre le wagonnet maintenu dans la cage par un « fusil » B et par un « corbeau » B'.

Pour gagner du temps, l'ouvrier efface le fusil avant l'arrêt

de la cage, puis, se baissant, rabat le corbeau de la main droite; sa main gauche saisit déjà le haut de la caisse en A, et la tire aussitôt vers lui.

2°) Pendant ce temps, l'encageur pousse dans la cage un wagonnet plein et chasse, du même coup, le wagonnet vide, aidant ainsi le décageur.

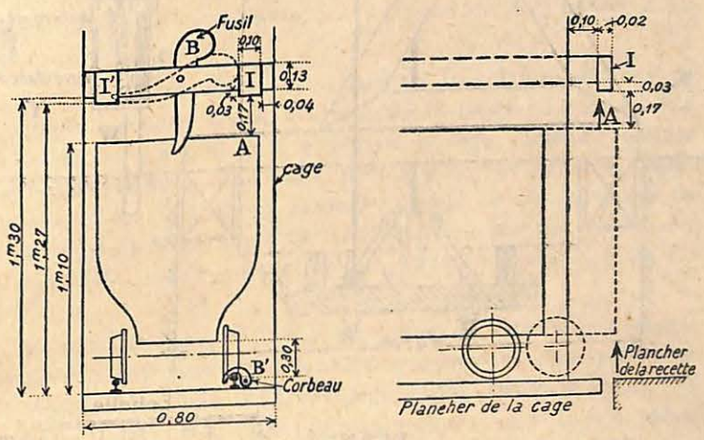
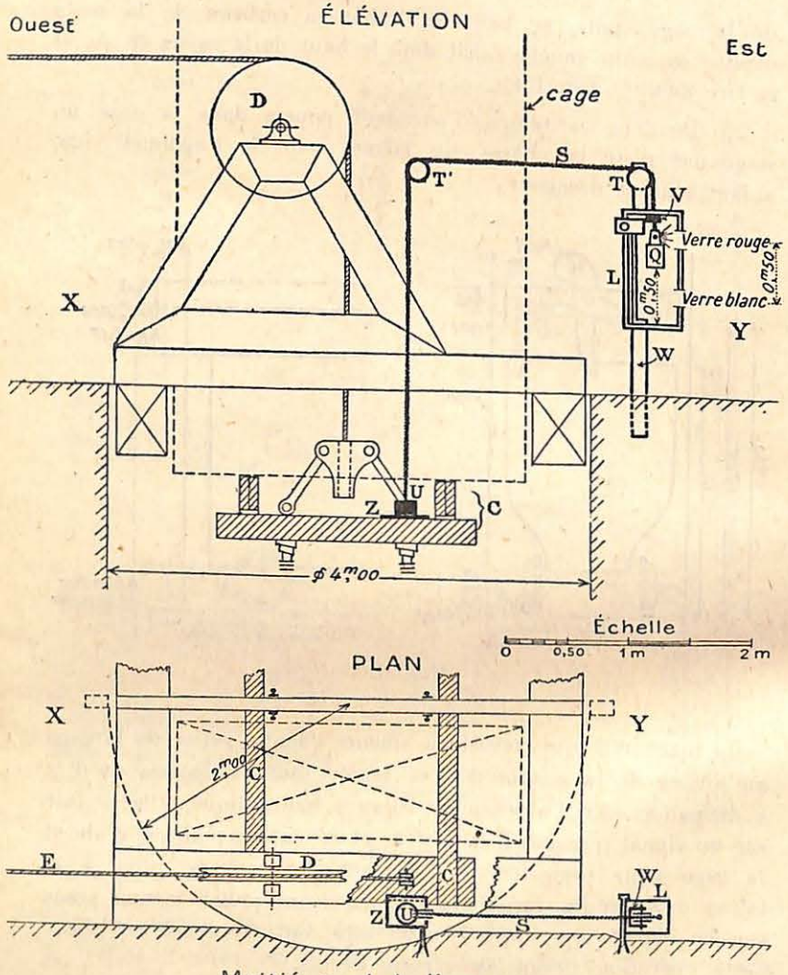


Fig. 2.

La manœuvre qui consiste à amener chaque palier de la cage au niveau de la recette doit se répéter autant de fois qu'il y a de paliers. En l'absence de balance hydraulique, elle se fait sur un signal transmis à la surface et consiste à soulever d'abord la cage pour permettre l'effacement des taquets, puis, à la laisser redescendre jusqu'à ce qu'un autre palier vienne poser sur les taquets qui, dans l'entretemps, ont été remis en place. Cette opération prend un certain temps.

Des manœuvres correspondantes se font à la surface pour l'autre cage; mais, pour qu'elles soient simultanées avec celles du fond, il importe que les câbles soient réglés avec beaucoup de précision, de manière qu'un palier d'une des cages se trouve au au niveau de la recette du fond au moment précis où un palier de l'autre cage affleure la recette de la surface; les signaux du fond commandent les deux manœuvres.



Moitié sud de l'envoyage

Fig. 3.

Les choses se passent beaucoup plus simplement lorsque la recette du fond est équipée d'une balance hydraulique.

La balance se compose (fig. 1 et 3) d'un chassis C, suspendus par 2 câbles E. Les câbles passent sur les poulies D et F, puis

autour d'une double poulie G; ils s'attachent finalement en un point fixe P. La double poulie G est solidaire d'un piston qui se meut dans un cylindre H rempli d'eau sous pression. Le piston est ainsi naturellement refoulé à fond de course (vers l'Est), tire la poulie G, et remonte le chassis de la balance; mais le poids de la cage dépasse l'effort de la pression hydraulique et fait descendre la balance. Un robinet R permet de régler la vitesse de descente, de la freiner ou de l'arrêter à un niveau quelconque.

Au haut de sa course, le chassis de la balance se trouve à quelques centimètres sous le niveau de la recette. Le machiniste d'extraction n'a plus qu'à y déposer la cage; il donne ensuite suffisamment de mou au cable, pour que la cage puisse se déplacer librement de toute sa hauteur; puis il ne s'occupe plus de cette cage et concentre toute son attention sur les manœuvres à la surface. Celles-ci sont, dès lors, indépendantes de celles du fond.

Au fond, le palier inférieur de la cage est « fourni » (décagement suivi d'encagement) aussitôt que la cage s'est posée sur le châssis de la balance. L'encageur ouvre ensuite le robinet R et laisse descendre la cage jusqu'au moment où le second palier affleure la recette. Il ferme alors le robinet et, aidé de son compagnon, « fournit » ce second palier. Il répète la manœuvre autant de fois qu'il y a de paliers, puis donne le signal de départ. La cage remonte alors au jour, immédiatement, si les manœuvres sont terminées à la surface, plus tardivement, si elles ne le sont pas.

Aussitôt que la cage a quitté le châssis, l'ouvrier placé en X manœuvre le robinet R, et le dit châssis remonte sous l'action de la pression d'eau. Cette remonte est plus ou moins rapide et peut durer 40 secondes.

L'accident typique se produit dans les circonstances suivantes : lorsque les cordées ne se suivent pas régulièrement et que du retard se produit à la surface, par exemple au cours de l'après-midi, le machiniste ne répond que tardivement au signal donné par l'encaisseur du fond; la cage chargée reste donc assez longtemps sur la balance à fond de course, et les deux ouvriers préposés à la recette restent, pendant ce temps, inactifs.

Comme, pendant ces périodes, le personnel est généralement réduit, chaque ouvrier se déplace quelque peu pour aider un de ses compagnons; c'est ainsi, par exemple, que l'encageur s'écartera du puits pour aider à remettre sur rails un wagonnet déraillé dans le contour, tandis que le décageur pourra donner un coup de main au préposé au refouleur. Pendant l'absence des deux ouvriers, la cage peut remonter au jour, et une autre cage être amenée au fond. Mais, comme le robinet R n'a pas été ouvert dans l'entretemps, le châssis de la balance est resté à son point le plus bas, et la cage descend à fond de course.

D'ordinaire, toutefois, les préposés à la recette ont entendu venir la cage et se hâtent de revenir à leur poste. L'encageur manœuvre aussitôt le robinet R. Toutefois, la remonte de la balance est lente, et n'est généralement pas terminée au moment où la cage arrive au niveau de la recette.

Or, le machiniste dispose d'un repère qui lui permet de freiner la cage plus ou moins exactement au niveau de la recette, afin d'éviter un choc trop violent sur la balance. Le décageur, qui ne s'inquiète pas de la manœuvre de la balance et se fie à son compagnon, ne se préoccupe que de déverrouiller le plus rapidement possible le wagonnet vide, et même, de le tirer à lui avant qu'un wagonnet plein ne vienne le heurter. Le court temps d'arrêt marqué par l'arrivée de la cage au niveau de la recette a suffi pour que l'avant du wagonnet déborde déjà sur le plancher de la recette et soit soulevé lorsque la cage descend dans le puits. La main de l'ouvrier se trouve alors coincée entre la caisse du wagonnet et une des plaques I (fig.2).

Cet accident est dû à l'indépendance que crée la balance entre le machiniste et la recette du fond. Pour l'éviter, il ne peut guère être question d'obliger les ouvriers à rester au puits pendant les périodes d'inactivité, ni de leur défendre de s'écarter du puits lorsqu'ils sont appelés à prêter main forte à un de leurs compagnons; d'autre part, on conçoit très bien que le préposé au décagement se fie à l'encaisseur et songe surtout à faire très rapidement sa manœuvre, évitant ainsi de gêner l'encagement des wagonnets pleins.

Le seul remède pratique consiste en un dispositif automatique commandé par la balance.

Pressentie à ce sujet, la Direction de la division de Forchies du charbonnage de Monceau-Fontaine s'est empressée de réaliser et d'expérimenter un tel dispositif.

Trois solutions avaient été envisagées : l'une consistait à peindre le châssis de la balance en blanc; mais cette peinture n'aurait eu qu'une courte durée et, au mieux, n'aurait constitué qu'un signal négatif, n'attirant nullement l'attention. D'autre part, il était possible de concevoir un verrou calant normalement les barrières et libéré par la balance à son point le plus haut; mais ce système est compliqué, sujet à dérangement, et à fonctionnement intempestif. En outre, s'il devient une entrave, les ouvriers peuvent le mettre hors service. Le troisième dispositif envisagé consistait en un signal commandé par la balance et faisant apparaître, à l'ouvrier décageur, un voyant rouge lorsque la balance n'est pas en place . L'encaisseur préposé à la commande du robinet n'a pas besoin d'être averti.

M. Alexis, Ingénieur au siège n° 8 du charbonnage de Monceau-Fontaine, a étudié et réalisé le dispositif très élégant reproduit fig. 3.

Une lampe électrique portative ordinaire de mine Q est suspendue à un câble en acier S qui passe sur 2 poulies T et T'. Ce câble, d'un diamètre de 8 mm., porte, à l'extrémité opposée à la lampe, un poids U de 10 kilogrammes et, immédiatement au-dessus de la lampe, un contrepoids V, de 2 kilogrammes. Le poids de 10 kilogrammes tend donc à relever la lampe; mais une plaque de tôle Z est fixée au chassis de la balance et vient se placer exactement sous ce poids. Lorsque la balance est en place, à son point le plus haut, la lampe se trouve à son point le plus bas; lorsque la balance descend, le poids U fait remonter la lampe.

L'appareil est complété par une cornière W, qui soutient la poulie T et guide la lampe verticalement; une caisse en bois L enveloppe entièrement cette dernière et porte deux fenêtres distantes de 0 m 50. La fenêtre supérieure est garnie d'un verre rouge, et la fenêtre inférieure d'un verre blanc. Le sommet de la caisse limite la course du contrepoids V à 0 m 50.

On conçoit aisément que, lorsque la balance se trouve en haut de sa course, la lampe se pose sur le fond de la caisse et que l'ampoule arrive exactement en face de la fenêtre inférieure;

une lumière blanche apparait alors. Lorsque la balance descend, le poids U entraine le câble, la lampe remonte et s'arrête en face de la fenêtre supérieure. Une vive lumière rouge apparait alors, et reste tant que la balance n'est pas remontée à son point le plus haut.

L'appareil fonctionne depuis près de trois mois; le signal est très apparent, et son action est très rapide. Il n'a donné lieu à aucun accroc.

Il y a tout lieu de croire que cet appareil simple et peu coûteux peut éviter des accidents; il est à la portée de chacun d'en réaliser un semblable.

CHRONIQUE

L'Administration des Mines
Sa place dans les industries extractives (*)

par Georges DESENFANS,

Ingénieur en Chef Directeur au Corps des Mines,

(Extrait de la *Revue Universelle des Mines*, août-septembre 1940; 8e série, tome XVI, nos 8-9.)

Résumé. — *Institution de l'Administration des Mines.*

Recrutement des ingénieurs du Corps des Mines :

Jusqu'en 1896, parmi les ingénieurs sortis de l'Ecole des Mines de Liége, par ordre de classement à la sortie de l'Ecole.

Après 1896, par voie de concours très sévère entre les ingénieurs des Universités de Liége, de Louvain, de Bruxelles, de Gand et de la Faculté Polytechnique de Mons.

Rôle de l'Administration des Mines :

Au début de son institution, lorsque les industries extractives possédaient peu ou pas d'ingénieurs.

Comment elle s'est adaptée, par la suite, aux circonstances nouvelles, lorsque les industries ont disposé d'ingénieurs de plus en plus nombreux.

Les industries extractives, et notamment l'industrie charbonnière, lui doivent de nombreux progrès acquis dans l'art des mines.

(*) Conférence faite à la Section de Liége de l'A.I.Lg., le 17 mars 1940.

Le Corps des Mines a fourni à l'enseignement industriel et à l'enseignement universitaire de nombreux professeurs, chargés de cours, assistants et répétiteurs.

Il s'honore d'avoir compté dans ses rangs des personnalités de premier plan.

Les Officiers des Mines se distinguent par le sens aigu du devoir et la notion exacte de la discipline.

Ceux qui, pour servir leur idéal, sont morts en service commandé ont accompli leur devoir jusqu'au bout.

Leur souvenir nous aide à faire le nôtre.

La loi de 1810 sur les mines, minières et carrières, promulguée par Napoléon, modifiée en quelques détails seulement par la loi de 1837 et la loi de 1911, classe les substances minérales ou fossiles se trouvant dans le sein de la terre ou existant à la surface, pour ce qui concerne les règles à appliquer à chacune d'elles, sous les trois qualifications de mines, minières et carrières.

Sont considérées comme mines celles connues pour contenir en filons, couches ou amas des substances minérales assez nombreuses parmi lesquelles nous trouvons le charbon de terre ou de pierre.

Ces substances minérales sont concessibles, et l'acte de concession en fait une propriété perpétuelle, distincte de la propriété de la surface.

Arrêtons-nous aux mines de houille, laissant de côté, non seulement les autres mines mais aussi les minières mises en valeur en vertu d'un permis d'exploitation, et les carrières, qui, appartenant toujours au propriétaire du sol, ne peuvent être exploitées que par celui-ci ou ses ayants droits.

Dans cet exposé, placé dans le cycle de communications se rapportant à l'exploitation des mines et tout spécialement à l'exploitation des mines de houille dans le pays, j'essaierai de définir la place occupée par l'Administration des Mines, le rôle tenu par ses ingénieurs dans le passé et actuellement et de dire enfin ce qu'on attend d'elle dans l'avenir.

Pour aider à comprendre pourquoi l'Administration des Mines a été instituée, il faut connaître les raisons qui ont

incité le législateur de 1810 à s'occuper des mines, des minières et carrières.

A quelle préoccupation répondait-il en créant la mine et en la rendant, par l'acte de concession, la propriété perpétuelle du concessionnaire?

Il voulait permettre aux inventeurs, c'est-à-dire à ceux qui par leurs recherches avaient reconnu l'existence d'un gisement exploitable, de mettre ce gisement en valeur, de susciter des exploitants audacieux et décidés, en un mot, il voulait développer, intensifier la production, et ne pas laisser, comme sous l'ancien régime, le privilège d'exploiter le sous-sol aux propriétaires de la surface ou à ceux-là qui avaient obtenu des propriétaires du sol des permis d'exploitation.

Cette préoccupation est tellement éclatante que le législateur de 1911 a voulu corriger le législateur de 1837.

La loi de 1837 sur les mines, qui a modifié en certains détails la loi de 1810, a notamment accordé au Conseil des Mines les attributions conférées au Conseil d'Etat par la loi française (en 1810, la Belgique était sous la domination française après la victoire de Jourdan à Fleurus sur les Autrichiens) mais la loi de 1837 avait excepté les demandes de concessions de mines de fer et avait conséquemment rendu ces dernières inconcessibles.

Les 26 concessions de mines de fer accordées par le régime hollandais restaient les seules exploitables; toutefois des exploitations libres avaient été ouvertes avec l'agrément de l'Administration des Mines.

Mais comme ces exploitations étaient subordonnées à l'autorisation du propriétaire du sol, le morcellement de la propriété faisait dépendre l'exploitation d'un grand nombre de personnes; d'autre part le dérentage ou droit de toquage, c'est-à-dire la redevance imposée et due aux propriétaires de la surface, rendait l'exploitation onéreuse, parfois impossible.

La loi du 15 juin 1911 a rendu les mines de fer concessibles.

On retrouve donc chez le législateur de 1911 le même souci que chez le législateur de 1810.

Il répare l'erreur, commise à son sens, par la loi de 1837, en concédant à nouveau les mines de fer, et ce, dans le des-

sein de susciter la renaissance de cette industrie, en encourageant les chercheurs entreprenants et hardis et en leur offrant de se substituer, dès qu'ils deviendraient concessionaires, au propriétaire du sol, inactif, hésitant ou incapable d'exploiter.

Le gisement houiller belge est une richesse nationale, comme tous les produits du sous-sol; les événements récents ont prouvé combien cette richesse était précieuse et ont mis en lumière le rôle important joué par les produits miniers dans les échanges internationaux de valeurs.

L'acte de concession est accordé par des Arrêtés Royaux qui confèrent au concessionnaire la propriété perpétuelle de la mine mais avec l'obligation de l'exploiter dans un délai déterminé, de la mettre à fruit rationnellement, de payer les redevances et d'observer les conditions du cahier des charges.

Le concessionnaire n'est pas un propriétaire ordinaire, car cette propriété est soumise à des restrictions.

Le propriétaire d'un champ est maître de son bien. Il le laboure, l'ensemence, ou le laisse en friche. Il peut vendre, morceler, louer, hypothéquer. S'il exécute dans ce champ, à la surface ou en profondeur, des travaux capables de préjudicier des tiers, il en doit réparation si sa faute est reconnue.

Rien de semblable n'existe à l'égard du propriétaire de la mine. J'ai déjà dit qu'il devait la mettre en valeur, dans un délai déterminé et sous certaines modalités, mais il y a plus : il doit la conserver dans son intégrité, il ne peut ni vendre, ni céder sa concession en tout ou partie, ni la louer, ni l'amodier même partiellement, sans autorisation demandée ou obtenue dans les mêmes formes que l'acte de concession.

On lui impose d'exploiter, mais il doit répondre de tout dommage causé par ses exploitations, et la réparation du préjudice doit se faire sans que le préjudicié ait à apporter la preuve d'une faute commise par l'exploitant.

Ces prescriptions constituent la sauvegarde de l'intérêt public à des points de vue généraux, telle la fourniture du combustible à tout moment et au meilleur compte possible tant à la population qu'à l'industrie.

Elles constituent aussi la sauvegarde des propriétés superficielles, bâtiments, eaux utiles, etc.

L'ensemble de ces conditions constitue les sévères garanties auxquelles le législateur a jugé indispensable de subordonner l'octroi des concessions.

C'est pour faire respecter ces garanties qu'il a créé le Corps des Officiers des Mines, en lui donnant des pouvoirs très étendus allant, dans le cas de danger imminent pour la mine ou le personnel y occupé, jusqu'à la réquisition d'hommes et de matériel.

Voilà le rôle essentiel de l'Administration des Mines, voilà pourquoi elle a été instituée et tient dans l'industrie extractive une place importante.

C'est à ce rôle primordial que ses membres consacrent la plus grande partie de leur activité : visites régulières des travaux souterrains et des installations connexes, vérification des espontes, études continuelles du gisement, permettant les exploitations actuelles sans gaspillage et dans les meilleurs conditions possibles tant du point de vue de la sécurité de la mine et de ses travailleurs que du point de vue économique. Les ingénieurs des Mines préparent, en outre, les futures mises à fruit par la détermination de la nature, de l'étendue, et de l'exploitabilité de nouveaux gisements, ainsi que par l'examen des droits des demandeurs en concession, en extension ou en fusion, et par l'examen des demandes en instance de vente ou d'achat de concessions.

Application des lois sociales, enquêtes de toute nature, instruction des demandes d'autorisation d'installations et de transformations, étude des conditions de sécurité et de salubrité du travail, ainsi que des causes de dommages pour le voisinage, élaboration de règlements nouveaux, en ce qui concerne les dits établissements, ne constituent pour l'Administration des Mines qu'un domaine d'activité secondaire et connexe au rôle principal et tout à fait particulier à l'industrie des mines, qui a été exposé dans ce qui précède.

Pour les ingénieurs des Mines, la pratique de ces fonctions comporte incontestablement de grandes difficultés et de lourdes responsabilités.

Grandes difficultés, car outre les dangers et les fatigues forcément inhérents aux visites des travaux souterrains, l'ingé-

nieur des mines est amené à exercer ses attributions dans maintes occasions anormales, critiques et même périlleuses.

Lourdes responsabilités, car la réglementation minière amène les ingénieurs des Mines à des interventions du genre de celles-ci :

Imposer des méthodes particulières d'exploitation comme les tirs d'ébranlement dans les mines à dégagements instantanés.

Décider l'octroi de dérogations aux prescriptions normales, en cas de complexité locale du gîte exploité.

Faire arrêter des chantiers, parfois avec évacuation immédiate du personnel, préventivement à un danger possible, avec prescription de mesures urgentes de sécurité allant, en cas d'imminence, jusqu'au droit de réquisition.

De plus, les ingénieurs des Mines instruisent techniquement tout accident, fût-il simplement matériel intéressant soit l'intégrité de la mine, soit la sécurité du personnel, soit même un organe essentiel d'exploitation. En cas d'accident de personne, ils sont les auxiliaires du Parquet, en fait sinon en droit, pour l'instruction répressive, s'agit-il même d'imprévoyance sans infraction à une disposition réglementaire. En cas de sinistre, ils se substituent à la direction ordinaire du concessionnaire, pour conduire les sauvetages, rétablir l'intégrité de la mine menacée et réassurer son activité normale.

Citons encore, l'établissement des redevances dues à l'Etat et aux particuliers, avec, comme corollaire, le droit de regard et de contrôle sur toute la comptabilité d'extraction; ainsi que les renseignements aux particuliers, concernant l'origine des dommages miniers subis par ceux-ci.

Ajoutons enfin, que l'Administration des Mines assume encore, et ce, depuis toujours, le contrôle des appareils à vapeur dans tous les établissements des provinces minières.

En résumé, les ingénieurs des Mines exercent leurs fonctions dans un double domaine : l'un, essentiel, difficile et lourd de responsabilités, résultant de l'application des lois coordonnées sur les mines, minières et carrières et dans lequel ils doivent être et rester spécialisés; l'autre, accessoire, consistant en la police des appareils à vapeur et d'un certain

nombre d'établissements classés, ainsi qu'en l'application des lois sociales.

Au début de l'institution du Corps des Mines, il y avait peu ou pas d'ingénieurs dans l'industrie charbonnière et les ingénieurs du Corps des Mines Belge avaient la charge de suppléer, par une activité propre et incessante, à l'absence de connaissances techniques chez les dirigeants de charbonnages et le personnel de maîtrise.

Ils avaient la mission d'éclairer, de conseiller, de corriger les erreurs, de supprimer les abus inévitables découlant d'exploitations conduites par des hommes sans connaissance technique approfondie et qui n'avaient à leur disposition que l'expérience rudimentaire du métier de mineur.

Le besoin d'ingénieurs des Mines se faisait impérieusement sentir et c'est pour y répondre que fut créée à l'Université de Liége, l'Ecole des Mines de Liége, bien connue sous ce nom, en Belgique, et au delà de nos frontières.

L'Ecole des Mines avait pour mission de préparer les ingénieurs destinés à remplir les cadres du Corps des Mines; ce fut le but de son institution et si plus tard elle prépara des ingénieurs pour l'industrie, elle continue à préparer les ingénieurs pour le Corps des Mines qui furent dans l'avenir recrutés uniquement parmi les ingénieurs diplômés par cette université.

Ce monopole exista jusqu'en 1896, époque où les Universités de Bruxelles et de Louvain furent appelées à présenter, concurremment avec l'Université de Liége, et par voie de concours entre ces trois grandes Ecoles, les ingénieurs destinés à l'Administration des Mines.

Beaucoup plus tard, en 1929, les ingénieurs de l'Ecole des Mines de Mons furent admis à ce concours et, tout récemment, les ingénieurs de l'Université de Gand.

Pour être admis à ce concours, il faut être porteur du diplôme légal d'ingénieur civil des Mines.

Jusqu'en 1896, les ingénieurs des Mines sortaient donc tous de l'Ecole des Mines de Liége où ils se préparaient à leurs fonctions dans l'Administration, pendant le cours de leurs études.

La sélection se faisait pendant les études et c'est aux premiers de cours et aux suivants dans l'ordre de classement de fin d'études que les places étaient réservées dans l'Administration des Mines.

Ceux qui préféraient entrer dans l'industrie portaient le titre d'ingénieur honoraire des Mines. Il en existe quelques-uns encore aujourd'hui.

Au début de son institution, l'Administration des Mines s'est substituée à la Cour des Voir-Jurés de charbonnages qui furent les prédécesseurs des ingénieurs des Mines, comme le droit minier actuel découlant des lois de 1810, de 1837 et de 1911 succéda à la jurisprudence antérieure concernant l'ensemble des coutumes de houillerie.

Le Corps des Mines avait, à cette époque, une mission étroite de surveillance sur les exploitations, et les ingénieurs qui en faisaient partie s'appliquaient, par leur connaissance scientifique et technique de l'art des Mines, à parer à la carence des dirigeants des charbonnages ou maîtres de fosse, comme on les appelait dans le Centre et le Borinage, des parchonniers (possesseurs de parts) dans le pays de Charleroi.

Ils s'occupaient aussi de problèmes divers étrangers aux mines. Rappelons à ce propos que le barrage de la Gileppe destiné à alimenter en eau les industries textiles du pays de Verviers, a été conçu par un ingénieur en chef du Corps des Mines et réalisé par un ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dont les noms sont inscrits sur la pierre de soubassement du Lion campé sur le mur de ce barrage.

Sait-on qu'en 1825, l'ingénieur des Mines du district de Charleroi — ses fonctions, par l'étendue du territoire soumis à sa juridiction, correspondait certes à celle d'un directeur actuel d'arrondissement — a préconisé la création d'une Association Charbonnière?

J'ai retrouvé le rapport qu'il adressait à cette époque au Conseiller d'Etat, Administrateur de l'Industrie nationale à La Haye. Ce rapport était intitulé : « *Moyen d'augmenter le prix de la houille* ».

La situation des charbonnages du Bassin de Charleroi y est dépeinte avec autant d'exactitude que d'autorité; l'auteur du rapport déplore l'absence de coordination dans les efforts réalisés par les exploitants de Charleroi, qui s'ignorent, se combattent sur le marché charbonnier et ne jouissent pas des effets bienfaisants de l'Association en honneur dans les autres bassins.

Il termine son rapport en disant : « L'Administration ne doit pas considérer l'exploitation dans ses rapports avec la consommation et avec l'industrie dans sa durée d'aujourd'hui ou de demain seulement, mais aussi dans les siècles à venir où l'on sentira peut-être durement ce que nous aurions dû faire pour ménager la part de nos descendants tout en jouissant de la nôtre ».

On voit dans ces conclusions le reflet encore vivace du souci du législateur de 1810 dont avaient conscience les Ingénieurs des Mines de cette époque : promouvoir l'exploitation, la développer, en ménageant le gisement, richesse nationale, et en donnant aux produits du sol leur plus grande valeur.

Plus tard et au fur et à mesure que nous nous rapprochons de la fin du siècle dernier, les sociétés charbonnières ont fait appel pour organiser leurs exploitations, au concours des ingénieurs sortis de nos quatre grandes Ecoles.

Le rôle dévolu à l'Administration et les fonctions exercées par les Officiers des Mines ont changé d'aspect; elles n'auraient d'ailleurs pu se maintenir, du fait de la présence dans l'industrie extractive d'ingénieurs de plus en plus nombreux, de mieux en mieux instruits.

L'Administration a su, au cours de plus d'un siècle d'existence, s'adapter admirablement aux situations nouvelles, et je puis affirmer sans crainte de démenti, qu'elle a toujours été attentive à suivre l'évolution des progrès réalisés dans l'art des mines, à les encourager, à les suggérer parfois et à subordonner la réglementation aux nécessités de l'heure.

Je ne m'étendrai pas à administrer cette preuve pour toute la période évolutive de l'industrie charbonnière, mais je prendrai quelques exemples parmi les plus récents. J'examinerai quelques nouvelles méthodes mises sur pied dans le début de ce siècle et surtout après 1920, car c'est après la guerre mondiale que nous assistons à une véritable révolution dans l'art

d'exploiter le charbon et de le valoriser, par l'introduction du machinisme dans les travaux souterrains et dans les installations superficielles.

J'entends par là *l'introduction des longues tailles, la ventilation souterraine, le minage en veine, les explosifs de sécurité, les nouvelles lampes de mine, l'emploi des détonateurs à temps dans le creusement des bouveaux, puits et galeries en veine, la mise à découvert des couches à dégagements instantanés de grisou, le tir d'ébranlement du charbon dans ces couches, etc.*

Les longues tailles

L'adoption des longues tailles a apporté dans la constitution de la mine un changement radical, car elle a permis la concentration des ateliers d'abatage, l'introduction du machinisme tant pour l'abatage du charbon que pour son évacuation et pour le creusement des voies.

Elles constituent un progrès indiscutable. Mais un accident de gisement, une avarie aux engins mécaniques paralyse tout un quartier de la mine et la prive immédiatement d'un fort tonnage.

Elle place sur un même courant d'air une population très dense; la division du courant d'air n'existe plus et partant un accident quelconque, une explosion de grisou, un incendie, atteint un personnel nombreux.

C'est la rançon du progrès.

On a paré aux conséquences d'explosion de grisou ou de poussières, par la schistification des voies et galeries parcourues par le courant d'air.

Cette mesure de précaution, due à l'initiative de l'Administration des Mines, a été adoptée par les Sociétés charbonnières dès qu'elle fut préconisée, tant elle paraissait opportune et capable de localiser les accidents.

J'ai connu le début des longues tailles vers 1905; on appelait alors longues tailles les tailles mesurant 40 ou 50 mètres. On a progressé depuis lors! Ces tailles de 50 mètres ont été violemment attaquées : leurs détracteurs y voyaient une source certaine d'inconvénients et de dangers pour le personnel.

Les Officiers des Mines se sont faits alors leurs défenseurs et si les longues tailles n'ont pas été condamnées dès leur apparition et se sont maintenues et développées comme on sait, (actuellement les tailles de 300, 400, ou 500 mètres ne sont pas des cas d'exception) les sociétés exploitantes le doivent aux efforts persévérants de leur personnel technique et à l'encouragement leur apporté par les ingénieurs des Mines.

Les détonateurs à retardement

Leur emploi a vu le jour dans un arrondissement minier du Bassin de Charleroi; il est dû à l'initiative de l'Administration des Mines.

Leur emploi a permis de mettre sur pied une nouvelle organisation du travail dans les galeries au rocher. Cette organisation du travail a fait l'objet d'un mémoire que j'ai présenté au *Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée,* qui s'est tenu à Paris en 1935; se travail fut publié dans les comptes rendus des séances de ce Congrès.

Une communication sur le même sujet fut publiée dans le bulletin de la Société Anonyme d'Arendonck : *La technique des explosifs,* bulletin n° 2 du 31 juillet 1937.

Plus tard, le détonateur à retard fut utilisé dans le creusement des puits d'abord, dans le creusement des galeries en veine ensuite, et enfin fut imposé pour la mise à découvert et la recoupe des couches à dégagements instanés de grisou.

Je renvoie à la lecture de ces deux publications et je me bornerai dans cet exposé à en dire quelques mots.

Le creusement des galeries au rocher à l'aide d'explosifs amorcés par des détonateurs électriques ordinaires oblige, pour progresser par avancée de 1 m. à 1,50 m., à tirer successivement plusieurs volées de mines. Cette façon de procéder entraîne des pertes de temps importantes qui résultent cependant d'opérations indispensables avant ou après le tir.

Ces pertes de temps sont réduites à un minimum en chargeant simultanément toutes les mines occupant la section de la galerie à creuser et en les tirant en une seule volée.

Les départs doivent toutefois être successifs si l'on veut

réaliser le travail rationnel de l'explosif et éviter un ébranlement excessif entraînant la dislocation des terrains encaissants.

Ces départs successifs peuvent être obtenus en amorçant les mines à l'aide de détonateurs à retard.

Ces amorces permettent de tirer simultanément, en une seule volée, des mines, dont le départ a lieu successivement.

Les amorces à retard renferment, entre la poudre d'inflammation et la poudre détonante, une composition retardatrice de transmission, dont la longueur conditionne la durée du retard.

Lorsque la poudre retardatrice est de la poudre ordinaire, émettant des gaz lors de sa combustion, il peut arriver ,lorsqu'on ne prend pas les précautions nécessaires, que l'explosif de la cartouche amorce brûle au lieu d'exploser. Il peut se produire également des irrégularités dans les retards. Si la poudre retardatrice n'émet pas de gaz lors de sa combustion, l'amorce est de grande sécurité et les retards réguliers.

Dans les mines à grisou, la pratique a démontré qu'un intervalle de 5 secondes entre le départ des mines extrêmes de la volée est insuffisant pour permettre la formation d'un mélange gazeux inflammable, lorsque l'atmosphère est préalablement saine. Les nécessités techniques commandant d'avoir le plus grand nombre de retards possible, il est nécessaire de diviser l'intervalle minimum de cinq secondes en le plus grand nombre d'étages possible, compatibles avec la sécurité du tir et un bon effet de l'explosif. Les amorces à relais « sans gaz » permettent des retards de 1/2 seconde qui remplissent ces conditions. Les départs successifs rapprochés produisent en outre une schistification de la galerie qui contrarie la formation des mélanges grisouteux inflammables.

L'emploi du tir à retard ne demande pas, en ordre principal, d'autres précautions que celles à respecter pour le tir d'une forte volée d'amorces ordinaires instantanées. L'exploseur doit avoir un grand excès de puissance et lancer son courant dans le circuit seulement au moment où il est à peu près maximum. La ligne doit être bien isolée et de résistance minimum, à vérifier fréquemment. Le circuit d'amorces reliées en série, doit avoir ses ligatures nues bien isolées.

Il est recommandé, quand on ne dispose que d'une source de courant ou d'une ligne douteuse de ne pas intercaler d'amorces instantanées dans un circuit comprenant des amorces à retard. Cela ne peut se faire que si l'on est sûr des engins de tir et, dans ce cas il ne faut utiliser dans un circuit, que des amorces d'une même fabrication.

Pour éviter tout raté partiel, il faut écarter suffisamment les fourneaux de mines et pratiquer un bourrage intérieur bien serré.

Le travail sera placé, à chaque poste, sous la surveillance d'un chef d'équipe qualifié, intelligent, ayant de l'ordre.

Le tir à retard permet par lui-même de grandes économies du temps de minage, se traduisant par une amélioration du rendement du personnel et partant de l'avancement, de l'ordre de 15 %, en galeries de sections ordinaires.

Il augmente la salubrité et la sécurité du travail notamment dans les mines à dégagements instanés de grisou.

Il permet une standardisation du travail qui occasionne une diminution sensible du prix de revient en main-d'œuvre. Nous avons pour notre part, constaté des cas où cette diminution était de l'ordre de 50 %.

Il rend économiquement possible le chargement mécanique des terres abattues.

La méthode n'entraîne d'autres frais supplémentaires qu'une infime élévation de la consommation d'explosifs.

L'emploi des amorces à retard a donc le sens d'un progrès, à tous les points de vue. Il est souhaitable de voir cet emploi se développer dans nos pays.

Après 1935, les détonateurs à temps furent utilisés dans le creusement des puits.

Nous ne possédons pas encore de points de comparaison suffisamment nombreux avec le tir ordinaire, mais si l'on tient compte des conditions particulières du travail dans les avaleresses, et notamment de la durée et des difficultés de déplacement du personnel à chaque minage, il est hors de

doute que le tir à temps apportera des améliorations plus importantes encore dans le creusement des puits.

Cet emploi s'est étendu par la suite à l'ouverture des galeries en veine (coupage des voies, ou bosseyements) où il donne des résultats très encourageants.

On peut dire qu'à l'heure actuelle les détonateurs à retard semblent reconnus presque indispensables pour satisfaire aux besoins de l'exploitation moderne.

Ventilateurs souterrains

La ventilation des mines par ventilateurs souterrains à hélice a été étudiée en 1932 par L. Canivet, alors directeur gérant des Charbonnages Réunis de Charleroi actuellement Directeur Gérant des Charbonnages de Monceau-Fontaine. Cette étude a paru dans les *Publications de l'Association des Ingénieurs de l'Ecole des Mines de Mons* et elle a fait l'objet d'un mémoire qui a été présenté au *Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée* qui s'est tenu à Paris en 1935.

M. Canivet fut amené à entreprendre cette étude pour obvier aux inconvénients présentés par les ventilateurs placés à la surface, dont les principaux sont : les pertes d'énergie considérables dues aux portes régulatrices, les fuites importantes par les clapets de fermeture des puits d'air et les portes obturatrices entre puits aux envoyages, et les difficultés d'extraction occasionnées par la fermeture du puits d'air. Les ventilateurs souterrains de grande puissance n'obviaient que partiellement à ces inconvénients et en présentaient d'autres.

Les progrès réalisés, tant dans la construction des ventilateurs à hélice que dans celle des moteurs électriques pouvant fonctionner dans les endroits où un afflux de grisou est à craindre, lui permirent de mettre au point le groupe moteur-ventilateur appelé dans la suite groupe Aerex.

Le type en usage aux Charbonnages Réunis, qui furent les premiers à utiliser ces ventilateurs, se compose d'un moteur électrique asynchrone à rotor en court circuit de 30 CV. attaquant directement une hélice en bronze au manganèse de 1 m. 05 de diamètre dont le nombre de pales varie de 2 à 18 suivant les caractéristiques demandées.

Des carénages et un diffuseur complètent le ventilateur.

Ces groupes présentent les avantages suivants : possibilité d'être placés dans la section de la galerie de retour d'air, rendement élevé, facilité de transport et de montage, faculté de s'adapter aux exigences du circuit à ventiler en changeant l'hélice, attaque directe, simplicité mécanique permettant l'absence de surveillance et sécurité vis-à-vis du grisou.

Dix ventilateurs de ce type furent placés dans les bouveaux de retour d'air collecteurs pour remplacer tous les ventilateurs de surface. L'Administration des Mines avait encouragé l'installation de ces groupes et dans les arrêtés d'autorisation imposa notamment :

1° le maitien en ordre de marche, à titre de réserve, du ventilateur de surface ;

2° la remise en marche des groupes par simple rétablissement du courant en cas d'interruption de celui-ci à la source ;

3° le placement d'un verrouillage électrique entraînant l'arrêt des autres groupes en cas d'arrêt inopiné d'un groupe ;

4° la ventilation des salles de pompes par des moyens empêchant tout renversement du courant d'air.

Ces conditions furent observées sans difficulté.

Il y aura bientôt sept ans que ces ventilateurs sont en service. Ils ont subi plusieurs déplacements et n'ont jamais présenté le moindre défaut de fonctionnement.

Au placement, on constata que le volume d'air utile total aux chantiers n'était pratiquement pas modifié, mais qu'il était mieux réparti. Par contre, le volume d'air total aspiré aux ventilateurs diminua de 45 % en moyenne, ce qui entraîna une économie de force motrice telle que l'installation fut amortie en 23 mois.

L'expérience permit de constater que la puissance de 30 CV. était un peu faible, aussi les groupes qui ont été installés dans la suite dans d'autres charbonnages sont d'un type plus puissant, allant jusqu'à 100 CV.

Les ventilateurs souterrains Aerex ont donc apporté une amélioration importante à l'aérage des travaux souterrains et, comme il fallait s'y attendre, leur emploi s'est largement développé.

L'étude des ventilateurs souterrains a été reprise par M. Jean Laurent, Ingénieur au Corps des Mines; elle a fait l'objet d'une note publiée dans les *Annales des Mines de Belgique*, tome XXXVI, 2e livraison, 1935, sous le titre : *Etude graphique du fonctionnement de plusieurs ventilateurs souterrains en parallèle.*

Ventilation secondaire

Plusieurs ingénieurs du Corps des Mines ont étudié le problème de la ventilation secondaire qui, jusqu'ici, avait toujours été réalisée de façon empirique.

Afin de montrer que de sérieuses économies pouvaient être obtenues sur les frais de cette ventilation, des essais extrêmement précis ont été exécutés au Laboratoire de Mécanique et de Physique appliquées de l'Université de Liége sur des ventilateurs auxiliaires, afin de déterminer le rendement de ces ventilateurs, le rendement du moteur, à air comprimé ou électrique, qui les entraîne.

Ces essais ont montré que les ventilateurs à air comprimé ont un rendement faible et que certains d'entre eux, fort mal conçus, avaient même un rendement dérisoire. Les petits ventilateurs électriques, par contre, ont un rendement beaucoup plus satisfaisant. On a pu mettre en lumière que la différence est due au fait que la turbine motrice des ventilateurs à air comprimé ne donne un rendement satisfaisant qu'à des vitesses beaucoup supérieures à celles que peut supporter l'hélice du ventilateur tandis qu'on a pu réaliser aisément un moteur électrique de rendement élevé pour attaquer directement cette hélice à la vitesse qui lui donne le rendement optimum.

D'autre part, des essais et des calculs précis effectués par les mêmes ingénieurs, ont permis de montrer qu'à l'aide d'un abaque, on pouvait déterminer aisément la pression et le débit que doit engendrer un ventilateur auxiliaire placé à l'origine d'une ligne de canars soufflants de longueur donnée, pour obtenir à front un volume d'air imposé. Il suffit pour cela de connaître deux coefficients qui peuvent être déterminés facilement.

Cette étude a fait l'objet d'un mémoire présenté au Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée, qui s'est tenu à Paris en 1935 (1). Ce mémoire porte la signature de MM. Bidlot, Danze et Martelée, ingénieurs au Corps des Mines, les deux premiers répétiteurs, et le troisième assistant à l'Université de Liége.

Enfin, un autre ingénieur des Mines a effectué de son côté, mais d'une autre façon, des essais et des calculs qui ont permis de trouver une méthode capable de résoudre le même problème, mais en employant plusieurs ventilateurs en série. Il détermine notamment l'emplacement que doit occuper chacun des ventilateurs pour que la ligne de canars soit toujours en pression par rapport à l'atmosphère extérieure. Cette méthode a été mise sur pied par M. Roger Lefèvre, Ingénieur Principal des Mines en service de district, et depuis Professeur d'exploitation des mines à l'Université Libre de Bruxelles.

Minage en veine

Des essais de minage en veine ont été effectués dans plusieurs charbonnages du Bassin de Charleroi par les ingénieurs du Corps des Mines en service de district. Dans certains cas, ces essais donnèrent des résultats encourageants, mais jusqu'ici, il faut le déplorer, les exploitants ne se sont guère montrés enthousiastes de cette méthode d'abatage.

Dans ce domaine, nous devons citer une étude très fouillée de M. Roger Lefèvre, Ingénieur Principal des Mines et Professeur à l'Université Libre de Bruxelles, qui a paru dans le *Bulletin Technique de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole Polytechnique de Bruxelles* (2), sous le titre : « Les possibilités de l'abatage du charbon à l'explosif dans les mines belges ».

Explosifs de sécurité

Le rôle de l'Administration des Mines dans la mise au point des explosifs de sécurité a été prépondérant.

---

(1) Voir Comptes rendus de ce Congrès ou *Revue Universelle des Mines*, 8e Série, tome X, nos 5, 6 et 7, tome XI, nos 5 et 11

(2) 34e année, no 4, 1938.

Ce sont les essais de Watteyne et de Stassart au siège d'expériences de Frameries qui permirent de prouver que l'explosif de sécurité perdait ce caractère dès qu'on en introduisait dans un fourneau de mine, une quantité dépassant un poids maximum auquel ils donnèrent le nom de charge limite. Ils montrèrent également que la diminution de la section de la galerie à l'endroit où se trouve le fourneau réduisait fortement la sécurité de l'explosif.

Enfin, Emmanuel Lemaire, directeur de l'Institut National des Mines, inventa la gaine extinctrice qui porte son nom. Cette gaine accrut considérablement la sécurité de l'explosif S. G. P. et supplanta définitivement le bourrage extérieur imaginé pour jouer le même rôle, mais dont l'efficacité était souvent illusoire à cause de son placement difficile.

Institut National des Mines

L'Institut National des Mines poursuit sous la direction éclairée de son successeur, l'Ingénieur en Chef Directeur-Professeur Breyre, et de son collaborateur l'Ingénieur Principal Fripiat, des travaux particulièrement intéressants qui apportent à l'exploitation des mines et à la sécurité des travaux souterrains une large et bienfaisante contribution.

Ces travaux paraissent chaque année dans les publications sous le titre : « Travaux de l'Institut National des Mines ».

Lampes de mine

L'Administration des Mines a apporté une contribution très importante à l'étude et à la construction des lampes de sécurité.

Nous citerons d'abord l'invention de la lampe Mueseler, due à l'ingénieur du Corps des Mines qui lui donna son nom. A cette époque, en 1838, cette lampe apporta une amélioration sérieuse à la sécurité de l'éclairage des travaux souterrains. La lampe Mueseler est, je pense, la première lampe de sûreté, de conception et de fabrication belges.

Plus tard, Watteyne et Stassart réalisèrent à l'Institut National des Mines un appareil destiné à examiner le comportement des lampes à flamme dans des courants d'air chargés de grisou et de directions diverses.

Cet appareil qui existe toujours et qui a été copié par d'autres stations d'essai, permit à ses inventeurs de dégager l'influence néfaste des courants d'air grisouteux ascensionnels et de montrer que les lampes de sécurité munies de simples toiles étaient mises en défaut lorsqu'elles se trouvaient dans des courants d'air à vitesses élevées. Ils imaginièrent alors la cuirasse qui apporta une sécurité, peut-on dire, complète dans l'emploi des lampes à flamme.

La recoupe des couches à dégagements instantanés de grisou

Jusqu'en ces derniers temps, la recoupe des couches à dégagements instantanés de grisou se faisait par la méthode dite défensive, où le travail s'effectuait uniquement à l'outil. Cette méthode présentait le grand inconvénient d'obliger le personnel à travailler longtemps à proximité d'un massif dont l'équilibre menaçait à chaque instant de se rompre. Elle donna lieu à de nombreux accidents, par production d'un dégagement instantané de grisou au cours du travail.

Le dernier en date, qui fut très meurtrier, décida l'Administration des Mines à interdire cette méthode et l'Arrêté Royal du 18 septembre 1939 imposa la méthode dite offensive, en ces termes : « *On procédera par volées de mines (tirs d'ébranlement) à l'enlèvement, si possible simultané, de la couverture et de la houille elle-même, en faisant usage de détonateurs à retard admis par l'Administration des Mines* ».

Cette méthode offensive avait déjà été essayée dès 1931 dans un arrondissement minier du Bassin de Charleroi, à la suite d'un accident très grave provoqué par un dégagement instantané dans un charbonnage de cet arrondissement. Ce dégagement s'était produit à la recoupe d'une couche par un bouveau de reconnaissance pénétrant dans un gisement inconnu.

Les premiers tirs furent pratiqués à l'aide de détonateurs

instantanés, car à ce moment on ne connaissait pas encore en Belgique les détonateurs à retardement. Ils exigeaient une très forte charge d'explosifs. Ces essais furent couronnés d'un plein succès. Presque toutes les recoupes déclenchèrent la production d'un dégagement instantané. Aucun de ces dégagements ne fut accompagné d'accident de personne ni d'inflammation de grisou et il n'y eut pratiquement pas de dégât matériel. La méthode avait donc fait ses preuves et fut appliquée avec le même succès à tous les bouveaux des sièges de troisième catégorie de cet arrondissement minier.

Dans la suite, les détonateurs à retardement remplacèrent les détonateurs instantanés et permirent de réduire fortement la consommation d'explosifs sans nuire à la sécurité du procédé.

Le tir à l'ébranlement

Nestor Evrard, Directeur gérant des Charbonnages de Marcinelle-Nord, songea le premier à appliquer la méthode du tir à l'ébranlement dans l'exploitation des couches à dégagements instantanés de grisou. Son attention fut attirée sur cette méthode par un mémoire publié en septembre 1913 dans le *Bulletin de l'Industrie Minérale* de Saint-Etienne sous la signature de Georges Laligant, ingénieur à la Compagnie des Mines de Bessèges, où l'on exploite des couches donnant de violents dégagements instantanés de grisou et d'anhydride carbonique. Il retint spécialement les phrases suivantes : « *La bonne tactique doit être plutôt offensive que défensive. Aux mines de Bessèges, on provoque le dégagement instantané par un ébranlement très énergique du massif, mais dans des conditions de sécurité déterminées à l'avance. Cette méthode doit être, en toute logique, la seule méthode de défense contre les dégagements instantanés* ».

Une délégation d'ingénieurs de la Société Générale fit à cette époque un voyage d'études dans le Bassin du Gard où se trouvent les mines de Bessèges.

Au cours de l'année 1921, on eut à déplorer au siège n° 4 Fiestaux de la Société des Charbonnages de Marcinelle-Nord, deux dégagements instantanés de grisou qui occasionnèrent chacun la mort de deux ouvriers. Ces événements douloureux mirent en éveil l'attention de la direction du Charbonnage précisément au moment où la gaine Lemaire enveloppant la cartouche d'explosif faisait son apparition. Cette gaine augmentait considérablement la sécurité du minage dans les mines grisouteuses.

Pour ces motifs la Direction de la mine demanda à la Députation Permanente du Conseil Provincial du Hainaut, l'autorisation de pratiquer des essais de tir à l'ébranlement dans les couches à dégagements instantanés de grisou de son siège n° 4.

Afin de donner son avis sur cette requête en toute connaissance de cause, M. H. Ghysen, Ingénieur en Chef Directeur du 4e Arrondissement des Mines, demanda à M. le Ministre de l'Industrie, du Travail et du Ravitaillement l'autorisation d'aller étudier la question sur place. Cette autorisation lui fut accordée au début de 1922 et il partit en mission dans le Bassin du Gard avec M. Lemaire, Ingénieur en Chef Directeur de l'Institut National des Mines, et M. Nestor Fontaine, Ingénieur en Chef des Charbonnages de Marcinelle-Nord. Ils visitèrent diverses mines du Bassin du Gard et recueillirent une ample moisson de renseignements auprès de l'Administration des Mines française et des ingénieurs de la Compagnie des Mines de Bessèges.

Les résultats de cette mission firent l'objet d'un rapport adressé à M. le Directeur Général des Mines en 1922 et d'un mémoire qui fut publié en 1923 dans les *Annales des Mines* (3). Nous en donnons ci-dessous les grandes lignes.

On trouve dans le Gard un gisement à dégagements instantanés de CO^2, de CH^4 ou de ces deux gaz réunis. Les dégagements de grisou se produisent dans les couches qui ne sont guère plus puissantes que les couches des bassins belges; ils sont plus abondants que dans notre pays mais généralement ils ne sont pas accompagnés d'effets mécaniques aussi puissants.

(3) *Annales des Mines de Belgique*, tome XXIV, 1re livraison.

Les dégagements de grisou peuvent être classés comme chez nous en trois catégories, au point de vue de leur intensité : les simples poussées, les bouffées de grisou et les dégagements instantanés proprement dits qui sont accompagnés de projections de charbon en quantité variable et d'effets mécaniques d'intensité proportionnelle.

Conformément aux « consignes » édictées par l'Ingénieur en Chef du Corps des Mines d'Allais, pour l'exploitation de ces couches, les tirs d'ébranlement se pratiquent de la façon suivante :

A) *Travaux préparatoires en veine.* — L'abatage du charbon se fait exclusivement à l'explosif, de même que l'abatage de la roche, sauf pour régulariser les parements et creuser les potelles. Il y a au moins quatre mines par volée dans un travail de section normale. Le toit ou le mur ne peut être enlevé qu'après le charbon sous-jacent ou sus-jacent. Dans les dérangements et étreintes, le minage doit êre accentué et étendu aux diverses catégories de terrains.

B) *Tailles.* — Les avancements des voies de niveau sont effectués par tirs d'ébranlement. Le tir d'ébranlement est obligatoire et l'abatage au pic est interdit à tous les coupements ainsi que dans les dérangements ou à l'approche de ceux-ci. Dans les couches particulièrement grisouteuses, l'abatage se fait uniquement par tir d'ébranlement. Dans toutes les tailles en défoncement, poussées en ferme pour le traçage, on doit tirer des mines d'ébranlement qui sont placées à environ 2 mètres d'intervalle. Dans tous les cas, les tirs d'ébranlement ont pour but de provoquer des dégagements; il est recommandé aux boutefeux *d'user largement de l'emploi des explosifs.*

Il n'y a pas d'inflammation de grisou à craindre lors d'un dégagement instantané provoqué par un tir d'ébranlement et il n'y en a jamais eu, malgré qu'on se borne à employer un explosif de sécurité assez puissant, sans gaine, bourrage extérieur ou schistificaton. Il suffit pour cela de ne jamais faire sauter une mine en présence du grisou.

M. Ghysen concluait en écrivant qu'il y a lieu d'appliquer cette méthode en Belgique et le 29 septembre 1922 la Députation Permanente du Conseil Provincial du Hainaut autorisait le tir d'ébranlement à un chantier du siège n° 4.

La méthode imposée était la suivante :

A chaque coupure de taille, on devait forer au moins quatre mines chargées chacune de 400 grammes au maximum d'explosif S. G. P. gainé. En taille, le tir à l'ébranlement n'était autorisé que dans les dérangements, les étreintes et aux endroits ou un dégagement instané était à craindre.

Après les tâtonnements du début, on mit au point rapidement une méthode qui s'avéra parfaitement efficace.

En 1926, M. Louis Hardy, ingénieur principal des Mines, qui avait suivi l'exploitation au siège n° 4, étudia à nouveau le tir d'ébranlement dans le Bassin du Gard et ses possibilités d'emploi en Belgique, et rédigea sur ce sujet une note qui a paru dans les *Annales des Mines* (4). Il conclut comme M. Ghysen qu'on obtenait une sécurité satisfaisante en pratiquant le tir d'ébranlement comme il avait été autorisé dans l'arrêté précité.

Dans la suite, l'Administration des Mines autorisa le tir d'ébranlement en taille et en 1931, après enquête dans les quatre premiers arrondissements des Mines, M. l'Inspecteur général Nibelle émit l'avis que l'on devait même laisser à l'exploitant la latitude de conduire le tir d'ébranlement avec ou sans abatage de la veine, suivant les circonstances qu'il avait à apprécier.

Actuellement, la méthode du tir à l'ébranlement est universellement employée pour exploiter les couches à dégagements instantanés de grisou et elle donne entière satisfaction. Si en certains cas, elle n'a pas empêché des dégagements instantanés de se produire au cours de l'abatage qui suivit le tir, il faut en voir la cause uniquement dans le fait que l'ébranlement n'avait pu être suffisamment énergique.

Il convient toutefois de signaler qu'il y a des cas où il n'est pas possible de tirer à l'ébranlement. Il faut alors recourir à l'ancienne méthode qui resta en honneur pendant très long-

(4) *Annales des Mines de Belgique*, tome XXVII, 1re livraison.

temps dans le Borinage et qui consistait dans la limitation des avancements. Cette méthode, tout en étant moins sûre que la nouvelle, permit cependant à nos prédécesseurs d'exploiter ces couches dangereuses avec le maximum de sécurité que l'on pouvait espérer à cette époque.

Enfin, en 1935, sur les conseils de M. l'Ingénieur principal Pieters, on étendit le tir d'ébranlement à un chantier de la couche Ahurie du siège n° 2 du Charbonnage de Boubier classé dans la deuxième catégorie des mines à grisou. Cette couche donnait lieu parfois à de petits dégagements de grisou appelés « bouffées » qui constituent la phase de transition entre le dégagement normal d'une couche grisouteuse et le dégagement instantané de grisou. De plus, le retour d'air était fréquemment infesté de grisou. L'ébranlement fit disparaître totalement les bouffées et réduisit la teneur du grisou du retour d'air à un point tel que la présence de ce gaz ne fut plus décelable à la flamme réduite de la lampe à benzine. A la suite de ce beau résultat l'ébranlement fut étendu avec le même succès à d'autres chantiers.

Nous nous proposons actuellement d'essayer cette méthode dans d'autres chantiers très grisouteux de deuxième catégorie où l'on ne remarque pas ces bouffées.

Service géologique

Le service géologique est spécialement chargé de l'étude des questions relatives au gisement des matières minérales et à l'hydrologie.

Il s'y applique en poursuivant constamment la revision des cartes géologiques et minières. Comme base de cette revision, il dispose en premier lieu des documents originaux des levés antérieurs; leur masse constitue, dans la plus large mesure, les archives publiques de la Carte géologique.

Mais il importe d'ajouter que le catalogue général de notes descriptives à canevas topographique s'accroît journellement par l'incorporation de toutes les données nouvellement acquises. Ainsi en est-il notamment de celles qui résultent de l'examen direct des fouilles en cours d'exécution. C'est principalement le cas en ce qui concerne la Basse et Moyenne Belgique

pour de nombreux puits et sondages profonds. Grâce à cette documentation, le Service est à même de collaborer à la mise au point des avant-projets de travaux publics : canaux, routes, chemins de fer, barrages de vallées et autres entreprises d'ordre divers; il intervient au besoin dans la solution des problèmes qui se posent en cours d'exécution.

Il peut en outre mettre à la disposition des particuliers, notamment des industriels, une documentation abondante sur toutes les questions qui se posent à propos de matières minérales ou d'hydrologie.

De façon plus générale, cette documentation s'appuie, tant en ce qui concerne la Belgique et le Congo, que l'étranger, sur une bibliothèque disposant d'un triple catalogue ordonné par auteurs, par matières et par régions. Cette bibliothèque, rangée parmi celles des grandes institutions scientifiques du pays, concourt à fournir aux institutions universitaires les ouvrages qui leur font défaut.

Le Service fournit même par correspondance de brèves données sur des questions précises.

Au total, le *Service géologique* constitue en son domaine un laboratoire d'études et de recherches qui pourra prendre dans les locaux construits à son intention et actuellement en voie de parachèvement, un développement adéquat à l'importance du pays.

Il apporte son concours à l'Administration des Mines dans l'examen des questions complexes qui peuvent se présenter à l'occasion de la mise en exploitation des gisements de matières minérales du pays.

Questions économiques et sociales

Après guerre, d'importants problèmes sont posés dans l'ordre économique.

L'Administration des Mines n'y reste pas étrangère, et lorsqu'on fit appel à ses lumières, notamment dans la question charbonnière, la connaissance qu'elle possède des questions minières lui permit d'apporter à ces études une large contribution.

Après guerre aussi, l'Administration des Mines eut l'occa-

sion de s'occuper plus activement que par le passé des questions d'ordre social, et prit part à l'activité des Commissions Paritaires; (La Commission Nationale Mixte des Mines en est une des plus importantes, présidée généralement par le Directeur Général des Mines, Chef de notre Corps des Mines).

Les Commissions Paritaires sont constituées de membres patrons et ouvriers en nombre égal; leur président et leur secrétaire sont choisis parmi les fonctionnaires de l'Administration des Mines lorsque l'activité de ces Commissions se rapporte à des questions qui relèvent de leur compétence.

Pour compléter l'exposé de la contribution apportée par les Ingénieurs du Corps des Mines à l'exploitation des mines de houille de Belgique, il me reste à mentionner que l'enseignement industriel et l'enseignement universitaire ont trouvé dans les Ingénieurs du Corps des Mines des collaborateurs nombreux et distingués.

Je ne pourrais pas, tant la liste en est longue, citer les noms de tous les professeurs de l'enseignement industriel et de tous les assistants ou répétiteurs de l'enseignement universitaire recrutés dans les cadres de l'Administration des Mines.

Je me bornerai, et ce sera suffisamment éloquent, à citer ceux qui illlustrèrent par leur enseignement, et ceux qui honorent encore les chaires de nos universités ou de nos grandes écoles.

Ce sont les professeurs Macquet, Stassart, Bolle, Jules Demaret, Halleux et Louis Dehasse, de l'Ecole des Mines de Mons.

A Louvain, la chaire d'exploitation des mines fut occupée par Emmanuel Lemaire auquel succéda Charles Demeure.

A Bruxelles, nous trouvons les professeurs Habets, Brien, Duprez et Lefèvre.

Enfin à Liége, et je ne cite que les derniers, les professeurs Habets, Fourmarier, Renier, Breyre et Denoël — celui-ci est je pense le doyen des professeurs d'exploitation des mines.

Le Corps des Mines s'honore d'avoir compté dans son sein et d'y compter encore des personnalités qui se distinguèrent par leurs travaux; se sont les Watteyne, les Smeysters, les Arnould, les Harzé, les Delbrouck, les Ledouble, les Firket.

Emile Harzé fut le premier directeur général des Mines, car avant lui l'Administration des Mines avait pour chef le Directeur général des Ponts et Chaussées; il légua à l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole des Mines à Liége, une somme très importante dont les revenus sont affectés tous les dix ans, en tout ou en partie, à former un ou plusieurs prix pour récompenser l'auteur ou les auteurs de la réalisation en Belgique de tout progrès, dans l'un des services de l'exploitation des mines, progrès dont l'une des conséquences, directes ou indirectes, est l'accroissement du bien être ou de la sécurité des ouvriers.

Ce prix fut plusieurs fois remporté par des ingénieurs de l'Administration des Mines.

Pour être complet, je dois donner les noms de ceux qui, ayant quitté l'Administration, ont occupé ou occupent encore dans l'industrie charbonnière et ailleurs des places éminentes et je cite de mémoire quelques noms de mes anciens collègues : Disery, Dessales, Derclaye, Henry, les deux frères Dehasse, Halleux, Ghaye, Gustave Lemaire.

A cette longue et prestigieuse énonciation, je suis presque tenté de dire comme ce grand seigneur qui, faisant à son hôte les honneurs de sa galerie d'ancêtres, et après en avoir cité les noms les plus illustres, s'écriait : J'en passe et des meilleurs.

Il en est cependant dont je ne puis taire les noms et qui poussèrent l'amour du métier et la conscience professionnelle jusqu'au sacrifice de leur vie.

Ce sont les ingénieurs Verniory, Sottiaux, et Van Molle, morts en service commandé.

Le Corps des Mines s'honore de les avoir comptés dans ses rangs et je suis fier, au pays d'Hubert Goffin, de saluer pieusement leur mémoire.

BIBLIOGRAPHIE

TABLEAUX ET ABAQUES POUR LE CALCUL RAPIDE DES CHARPENTES METALLIQUES, par H. SCHNADT, Ingénieur E. C. P. — Un ouvrage de 72 pages de 21×33,5 cm. dont 21 abaques. — Editeur, Centre Belgo-Luxembourgeois d'information de l'Acier, 38, boulevard Bischoffsheim, Bruxelles. C. C. P. 340.17. Prix en souscription 65 francs (avant le 20 novembre 1941).

La tâche des bureaux d'études spécialisés en constructions métalliques comporte l'étude essentielle des problèmes de stabilité et de sécurité et la recherche des solutions les plus économiques. En dehors de ces problèmes les techniciens des services d'études voient une partie importante de leur activité prise par l'exécution de calculs simples certes, mais longs et souvent fastidieux. Les études d'avant-projet notamment en sont considérablement alourdies.

C'est pour augmenter la sécurité, tout en facilitant et simplifiant cette partie du travail de bureaux d'études que M. H. SCHNADT a mis au point des abaques et tableaux. L'ouvrage qui les contient, conçu dans un but essentiellement pratique est destiné aux ingénieurs, techniciens et dessinateurs des bureaux d'études. Il permet de résoudre aisément, sans tâtonnement, les problèmes élémentaires qui alourdissent la tâche de ces bureaux, calcul des moments d'inertie, calcul des sections soumises à traction, flexion, compression, flexion composée, etc. Des abaques nouveaux sur le calcul des rivures permettent la solution rapide des problèmes classiques. A noter également un abaque très complet pour la détermination directe des sections des poutres composées rivées et soudées et un abaque pour le calcul des flèches.

Le caractère pratique de cet ouvrage a été sanctionné par une longue application dans un important atelier du pays.

Les tableaux et abaques de M. H. SCHNADT, qui sont préfacés par les Professeurs Eu. FRANÇOIS et G. MAGNEL, comblent une lacune de la littérature technique de langue fran-

çaise; ils permettront aux ingénieurs-conseils, ingénieurs, techniciens et dessinateurs de bureaux d'études d'exécuter rapidement leurs travaux et avec plus de sécurité.

MECANIQUE DE L'ECOULEMENT TURBULENT DES FLUIDES, par B. A. BAKHMETEFF, professeur à l'Université de Columbia (U.S.A.), membre de l'American Society of Civil Engineers, de l'American Society of Mechanical Engineers et de la Canadian Society of Civil Engineers. Traduit de l'anglais par A. JORISSEN, Ingénieur A. I. Lg. Master of Science, assistant à l'Université de Liége. Préface de A. SCHLAG, Professeur à l'Université de Liége.
XIX-114 pages 16 x 25, avec 62 figures, 1941 (Relié 89 frs.) Broché 65 frs. — Frais de port et d'assurance, France et Collonies, 8 %; Etranger, 14 %. — DUNOD, Editeur, rue Bonaparte, 92, Paris (6e), Chèques postaux Paris 75-45.

Cet ouvrage expose sous une forme claire et complète, nos connaissances actuelles sur l'écoulement turbulent, qui ont fait faire à la mécanique des fluides au cours des dernières années, de si grands progrès.

Sans avoir recours à l'appareil mathématique compliqué qui rend parfois si ardue l'étude de ces questions, l'auteur a su brosser un tableau remarquable des différentes théories qui ont été proposées. Il montre comment, des anciennes formules purement expérimentales, on est passé, grâce à l'introduction du nombre de Reynolds et de la notion de rugosité relative à un stade déjà moins empirique, puis comment l'étude rationnelle du mécanisme de la turbulence a conduit à de nouveaux développements et à de nouvelles découvertes.

La partie la plus importante du livre est consacrée aux théories de Prandtl et de von Karman et aux belles vérifications expérimentales qu'elles ont trouvées dans les expériences de Nikuradse. L'auteur indique comment les résultats obtenus ouvrent la voie aux recherches futures. Les matériaux réunis par lui étaient jusqu'ici épars dans un grand nombre de revues étrangères. C'est le grand mérite de M. Bakhméteff d'avoir su en tirer une synthèse qui sera lue et appréciée par tous ceux qui s'intéressent de près ou de loin aux problèmes de la mécanique des fluides.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

MINISTERE DU TRAVAIL ET DE LA PREVOYANCE SOCIALE ET MINISTERE DES FINANCES

Retraite des ouvriers mineurs.

Arrêté du 23 août 1941 abolissant l'interdiction, pour les orphelins des ouvriers houilleurs et ouvriers assimilés, de cumuler les allocations prévues par les lois coordonnées du 25 août 1937 sur les retraites des ouvriers mineurs avec les allocations familiales prévues par l'arrêté du 26 mai 1941.

Le Secrétaire général du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale,

Le Secrétaire général du Ministère des Finances,

Revu l'arrêté royal du 25 août 1937, portant coordination des diverses dispositions légales concernant le régime de retraite des ouvriers mineurs;

Vu l'arrêté du 26 mai 1941, relevant les taux d'allocation et de cotisation prévus par les textes coordonnés de la loi du 4 août 1930 portant généralisation des allocations familiales aux travailleurs salariés;

Vu la loi du 10 mai 1940, relative aux délégations de pouvoirs en temps de guerre, notamment l'article 5 de cette loi;

Considérant qu'il convient de remédier à la situation inférieure qui est faite, en matière d'allocations familiales, aux orphelins des ouvriers mineurs et ouvriers assimilés, depuis la mise en vigueur de l'arrêté prérappelé du 26 mai 1941 relevant le taux

des allocations familiales des appointés et salariés ayant charge d'enfants;

Considérant qu'il y a lieu, à cet égard, de supprimer l'interdiction de cumul des allocations pour enfants et des allocations familiales édictée par l'article 30*bis* des lois coordonnées par arrêté royal du 25 août 1937 sur les retraites des ouvriers mineurs, mesure déjà réalisée d'ailleurs en ce qui concerne les orphelins rattachés à la loi générale des pensions;

Vu l'urgence et l'impossibilité de recourir à l'autorité supérieure,

Arrêtent :

Article 1er. — Sont supprimés, les alinéas 2 et 3 de l'article 30*bis* des lois coordonnées par l'arrêté royal du 25 août 1937 concernant le régime de retraite des ouvriers mineurs.

Art. 2. — Sont supprimés, *in fine* de l'alinéa 1er de l'article 22*bis* des mêmes lois coordonnées, les mots « sans préjudice toutefois à l'application de l'article 30*bis* de la présente loi ».

Art. 3. — L'entrée en vigueur du présent arrêté est fixé rétroactivement au 1er avril 1941.

Bruxelles, le 23 août 1941.

Le Secrétaire général
du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale,
VERWILGHEN.

Le Secrétaire général
du Ministère des Finances,
O. PLISNIER.

MINISTERE DU TRAVAIL
ET DE LA PREVOYANCE SOCIALE,
MINISTERE DE L'INTERIEUR
ET DE LA SANTE PUBLIQUE
ET MINISTERE DES FINANCES

Retraite des ouvriers mineurs.

Arrêté du 25 août 1941 octroyant un supplément temporaire de pension aux mineurs pensionnés pour vieillesse ou pour invalidité, ainsi qu'aux veuves pensionnées des ouvriers mineurs.

Le Secrétaire général du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale,

Le Secrétaire général du Ministère de l'Intérieur et de la Santé publique,

Le Secrétaire général du Ministère des Finances,

Vu l'arrêté royal du 25 août 1937, portant coordination des diverses dispositions légales concernant le régime de retraite des ouvriers mineurs;

Vu les délibérations du conseil d'administration du Fonds national de retraite des ouvriers mineurs, et les propositions présentées par celui-ci en vue de l'octroi d'un secours temporaire à certains bénéficiaires des avantages prévus aux susdites lois coordonnées du 25 août 1937;

Vu la loi du 10 mai 1940, relative aux délégations de pouvoirs en temps de guerre et notamment l'article 5 de cette loi;

Considérant qu'il apparaît équitable d'améliorer, ainsi que cela a déjà été réalisé pour d'autres catégories de citoyens, la situation devenue pénible, par suite des circonstances, des mineurs

pensionnés pour vieillesse ou pour invalidité et des veuves pensionnées des ouvriers mineurs;

Vu l'urgence et l'impossibilité de recourir aux autorités supérieures;

Arrêtent :

Article 1er. — Sont augmentés temporairement de 10 p. c., les avantages à charge de l'Etat prévus par l'arrêté royal du 25 août 1937, portant coordination des dispositions légales concernant le régime de retraite des ouvriers mineurs.

Art. 2. — Les taux minima fixés par le dit arrêté royal du 25 août 1937, pour les diverses pensions et allocations, ainsi que le montant de 100 francs par année de service prévu à l'article 24, alinéa 8, de cet arrêté royal, sont augmentés temporairement, de 10 p. c., sans que cette augmentation puisse, toutefois, avoir pour effet de porter la pension à plus de 6,930 frans.

Art 3. — Par dérogation à l'article 53 de l'arrêté royal prémentionné du 25 août 1937, le Fonds national de retraite des ouvriers mineurs est autorisé à prélever sur son « fonds de réserve », les sommes nécessaires pour l'exécution de l'article 2 du présent arrêté, dans le cas où ses recettes normales deviendraient insuffisantes cet effet.

Art. 4. — Les dispositions du présent arrêté ne s'appliquent pas :

a) à l'intervention de l'Etat dans la constitution des rentes;

b) au charbon accordé gratuitement par ledit Fonds national;

c) aux pensions liquidées aux pensionnés travaillant encore;

d) aux allocations pour enfants (orphelins de père), et orphelins (orphelins de père et de mère).

Art. 5. — Le supplément de 10 p. c. prévu par le présent arrêté est immunisé pour l'application de l'arrêté du 29 juin 1940, relatif à l'allocation de secours aux personnes en état de besoin.

Art. 6. — La liquidation du supplément prévu par le présent arrêté sera effectuée trimestriellement par le Fonds national de retraite des ouvriers mineurs et par les caisses de prévoyance

régionales, au cours du deuxième mois de chaque trimestre de l'année civile.

Art. 7. — Le présent arrêté produira ses effets à partir du 1er juillet 1941.

Bruxelles, le 25 août 1941.

Le Secrétaire général
du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale,
VERWILGHEN

Le Secrétaire général
du Ministère de l'Intérieur et de la Santé publique,
G. ROMSEE.

Le Secrétaire général
du Ministère des Finances,
O. PLISNIER.

DIRECTION GENERALE DES MINES

Circulaires Ministérielles

Puits et circulation du personnel dans les puits.

N° 13F/5411.

Bruxelles, le 8 avril 1941.

Monsieur l'Ingénieur en Chef,

En vue de permettre de recueillir des éléments d'appréciation sur les qualités du métal employé dans la fabrication des câbles métalliques d'extraction, une instruction en date du 14 mai 1917 a suggéré que tout essai de câble sur éprouvette de section entière, pratiqué en vue de la mise en service de ce câble et prescrit par l'article 22 de l'arrêté royal du 10 décembre 1910 sur les voies d'accès, les puits et la circulation du personnel dans les puits, soit complété par des essais de traction, de flexion et de torsion effectués sur un certain nombre de fils prélevés dans la dite éprouvette.

Un des buts poursuivis était de documenter les visiteurs de câbles, plus spécialement les visiteurs agréés, sur la régularité, la résistance, l'élasticité et la ductilité du métal employé et de les amener à exercer, sur certains câbles, une surveillance particulièrement vigilante.

L'expérience a fait reconnaître l'utilité de la mesure préconisée, surtout pour ce qui concerne les câbles métalliques plats.

D'autre part, la susdite suggestion a conduit à une pratique, nettement recommandable, suivant laquelle les essais de câbles sur section entière, effectués en cours de service — notamment en application de l'article 43 du susdit arrêté royal du 10 décembre 1910 — sont, eux aussi, accompagnés d'essais complémentaires de traction, de flexion et de torsion pratiqués sur fils et visant à permettre la comparaison des résultats de ces essais avec ceux obtenus lors de la pose du câble.

Par ailleurs, s'est développée une autre pratique consistant essentiellement à prélever, dans le corps même du câble, en des endroits judicieusement choisis, un bout de toron dont les fils sont examinés d'une manière approfondie aux points de vue des facteurs de détérioration : usure, corrosion, indentation, etc. et font l'objet des mêmes essais mécaniques de traction, de flexion et de torsion.

Cette pratique, bien appliquée, est également hautement recommandable.

Elle permet, notamment, à l'agent visiteur de contrôler l'exactitude des déductions qu'il a pu faire à la suite de ses constatations par les procédés habituels d'investigations visuelles du câble.

Dans maints cas cette méthode de surveillance dite par prélèvement de torons a eu pour effet de déterminer avec une grande sûreté le moment de la mise hors service du câble par application des dispositions réglementaires sur le coëfficient de sécurité minimum.

Le Directeur Général des Mines,

Gustave RAVEN.

N° 13F/5420.

Bruxelles, le 13 mai 1941.

Monsieur l'Ingénieur en Chef,

Le nettoyage et le graissage des câbles métalliques d'extraction, ronds ou plats, sont réalisés dans certains charbonnages, au cours du service de ces câbles, à l'aide d'appareils ou de dispositifs fonctionnant à l'air comprimé (systèmes A.I.B, Boecher).

Cette pratique est, en principe, recommandable à divers points de vue : rapidité des opérations avec, comme conséquence, une

durée relativement faible d'immobilisation des puits; économie de lubrifiants; bonne pénétration de celui-ci dans les interstices du câble; uniformité du graissage, etc.

D'autre part, il y a lieu de craindre que l'humidité contenue dans l'air comprimé soit incorporée dans le lubrifiant et qu'elle reste maintenue, précisément par celui-ci, au contact des fils constitutifs du câble.

C'est pourquoi la réalisation d'un graissage convenable par air comprimé est subordonnée à la précaution d'utiliser de l'air qui soit, autant que possible, exempt d'humidité.

A cet effet, il y a lieu, notamment, d'établir la prise d'air comprimé plutôt sur un réservoir que sur une conduite et, au besoin, de faire usage, complémentairement, de dispositifs déshumidificateurs.

Je vous prie de vouloir bien attirer sur ces points la spéciale attention des exploitants de votre arrondissement utilisant l'air comprimé pour le nettoyage et le graissage de leurs câbles métalliques, d'extraction ou autres.

Vous voudrez bien veiller, à l'avenir, à ce que la susdite précaution soit suivie effectivement et réalisée dans les meilleures conditions possibles.

Je désire recevoir, dans un avenir rapproché, un court rapport sur la situation existant, au point de vue considéré ci-dessus, dans les divers charbonnages de votre arrondissement, ainsi que sur les améliorations qui auront, éventuellement, été apportées à votre intervention.

Le Directeur Général des Mines,
Gustave RAVEN.

Utilisation de « Ventubes ».

N° 13B/5446.

Bruxelles, le 30 juillet 1941.

Monsieur l'Ingénieur en Chef,

J'ai l'honneur de vous faire parvenir ci-après un résumé des principaux résultats de l'enquête générale à laquelle vous avez collaboré récemment au sujet de l'utilisation des « ventubes » pour l'aérage secondaire dans les travaux souterrains des mines.

Comparés aux canars métalliques, les ventubes ont comme avantages essentiels d'être particulièrement légers et de pouvoir être, facilement et rapidement, transportés, posés et enlevés. Ils sont aussi d'une grande flexibilité.

Par ailleurs le fait que les éléments constituant une conduite de ventubes peuvent être notablement plus longs que ceux en usage dans les lignes de canars métalliques, a comme corollaire immédiat un petit nombre de joints de liaison.

Ces avantages sont spécialement intéressants dans les cas de travaux de sauvetage devant, en principe, être poussés rapidement ou lorsqu'il s'agit d'assainir des endroits qui, de par leur nature même, sont difficilement accessibles, tels des montages en couches minces et fortement inclinées dans lesquels l'introduction et le placement convenable de canars métalliques sont normalement malaisés.

Au point de vue de l'étanchéité, la supériorité des ventubes est incontestable lorsqu'on les compare aux canars en tôle rivés, à joints emboîtés et obturés par un lutage exposé à se crevasser et à tomber. Cette supériorité est sans doute moins réelle vis-à-vis des canars métalliques à joints soudés et dont l'assemblage entre éléments est réalisé par collets avec interposition d'un joint.

Une infériorité intrinsèque des ventubes provient de leur résistance spécifique au passage de l'air, notablement plus élevée que celle des canars métalliques. C'est ainsi que, d'après certains auteurs, les canalisations de toile souple offrent une résistance en murgues presque double de celle d'un canar en tôle de même

diamètre et de même longueur, ce qui, pour une dépression donnée, réduit le débit dans un rapport voisin de $1/\sqrt{2}$, c'est-à-dire à environ 70 p. c. de la valeur fournie par le canar métallique.

Une autre infériorité provient du fait que les ventubes ne se prêtent qu'à l'aérage soufflant, évidemment seul capable de les maintenir convenablement gonflés.

A cet égard, il s'indique absolument de ne pas tolérer le placement de ventubes du côté aspiration des ventilateurs auxiliaires; en particulier il ne convient pas d'intercaler des ventubes entre deux ventilateurs posés en série.

Une troisième infériorité des ventubes, inhérente à leur fabrication même, réside dans leur fragilité relative.

Tenant compte de celle-ci, presque tous les participants à l'enquête ont marqué leur hostilité à l'emploi de ventubes à proximité des travaux où l'on mine. Les autres ont été d'avis d'admettre les ventubes dans ces travaux, à condition de les retirer au moment du minage.

Cette dernière pratique ne peut, en principe tout au moins, être tolérée : non seulement des dangers, au point de vue du grisou sont à craindre par le fait de pareille pratique, mais celle-ci doit être considérée comme contraire aux prescriptions réglementaires puisque, en supprimant localement l'aérage, on en interrompt certainement la continuité.

D'un autre côté, la fragilité des ventubes doit inciter à exercer une surveillance particulièrement vigilante des conduites devant rester en service pendant un temps quelque peu prolongé; la raison en est que les éléments de ces conduites peuvent être exposés à se détériorer, au bout d'un certain temps, par l'action par exemple, de l'air ou de l'humidité.

Je vous prie de vouloir bien porter ce qui précède à la connaissance de MM. les Ingénieurs et délégués sous vos ordres, ainsi qu'à celle des exploitants de votre arrondissement.

Le Directeur Général des Mines,

Gustave RAVEN.

Chantiers abandonnés.

N° 13B/5451.

Bruxelles, le 20 août 1941.

Monsieur l'Ingénieur en Chef,

Un accident grave est survenu récemment dans les travaux souterrains d'un siège classé parmi les mines à grisou de la deuxième catégorie, dans les principales circonstances suivantes :

Un chantier comportant une taille en plateure de 35 mètres de longueur était arrêté définitivement depuis environ 10 jours.

On y procédait, par intermittences, au démontage et au retrait du matériel (tuyauteries d'air comprimé, couloirs oscillants, moteurs, etc.)

Au poste de nuit du jour de l'accident, un manœuvre occupé dans un chantier voisin fut envoyé, par son surveilllant, dans le chantier inactif pour y démonter un élément de la conduite d'air comprimé et le rapporter dans son chantier.

Porteur d'une lampe électrique, le manœuvre partit, vers minuit, par les galeries de base et tomba, asphyxié par le grisou, au pied de la taille du chantier inactif.

Inquiets de son absence prolongée, ses compagnons se mirent à sa recherche et furent arrêtés par le grisou à quelque 30 mètres de l'endroit où il était tombé. Ce ne fut que plusieurs heures plus tard que des sauveteurs, munis d'appareils respiratoires, purent atteindre et emporter la victime.

Les voies de retour d'air du chantier inactif comportaient sur environ 20 mètres de hauteur, une communication descendante qui n'avait plus été parcourue depuis quatre jours. Après l'accident, le courant d'air dudit chantier était pratiquement nul.

Le Comité d'arrondissement a exprimé à propos de cet accident, les considérations ci-après, auxquelles je me rallie :

La pratique consistant à permettre aux surveillants de s'approvisionner librement en matériel dans un chantier arrêté définitivement est à proscrire complètement. Le « désarmement » d'un tel chantier doit être organisé systématiquement et réalisé aussitôt que possible d'une manière suivie, par une équipe spé-

ciale, sous la responsabilité d'un surveillant. Au surplus, les conditions de sécurité doivent être maintenues dans le chantier arrêté aussi longtemps qu'il est fréquenté.

Je vous prie de vouloir bien porter ce qui précède à la connaissance de MM. les Ingénieurs et délégués sous vos ordres, ainsi qu'à celle des exploitants de votre arrondissement.

Le Directeur Général des Mines,

Gustave RAVEN

Emploi des explosifs.

N° 13D/5789.

Bruxelles, le 13 octobre 1941.

Monsieur l'Ingénieur en Chef,

Les dispositions réglementaires relatives à l'usage des explosifs dans les mines imposent que le chargement des fourneaux ne commence « que lorsque tout le personnel ouvrier, à l'exception des ouvriers qualifiés, s'est retiré » (cf. art. 10, alinéa 2 de l'arrêté royal du 24 avril 1920 modifié par l'A. R. du 18 septembre 1939).

A l'occasion d'un accident de minage survenu récemment à front d'un bouveau en creusement, l'avis a été exprimé qu'en vertu du texte prérappelé, un ouvrier qualifié pouvait non seulement se trouver à front d'un bouveau, pendant le chargement, par le surveillant boutefeu de fourneaux de mines déjà préparés, mais aussi y effectuer un travail, en l'occurence le forage d'un autre fourneau.

Cette manière de voir ne répond pas à la pensée qui a animé les rédacteurs de la disposition dont il s'agit.

Ceux-ci ont considéré comme non désirable, en principe, qu'au moment du chargement le boutefeu reste isolé.

Ils ont craint, d'une part, que le boutefeu ne soit exposé à être blessé sans possibilité de secours immédiat, à la suite d'un

éboulement par exemple, et d'autre part, que son isolement ne l'incite à commettre l'une ou l'autre imprudence, par exemple à dégainer des cartouches.

Ils ont également estimé qu'il pouvait être de l'intérêt des ouvriers qualifiés (notamment dans le cas où ceux-ci interviennent dans la dépense en explosifs) d'avoir une sorte de droit de regard sur le nombre des cartouches réellement consommées.

Ils ont considéré enfin que les ouvriers qualifiés pourraient, éventuellement, être en mesure de conseiller le boutefeu dans la détermination des charges à introduire dans les fourneaux ou dans certains fourneaux.

Tels sont les seuls motifs qui peuvent justifier la présence d'ouvriers qualifiés auprès du boutefeu lors du chargement des mines.

L'exécution de travaux par ces ouvriers à ce moment ne pourrait que les détourner du rôle utile qu'ils peuvent jouer et même nuire directement ou indirectement à l'exécution calme et soigneuse de la mission du boutefeu.

Il est donc indispensable que tout travail effectif des ouvriers qualifiés à front d'un atelier où un tir de mines va avoir lieu, ait cessé dès l'instant où le chargement de ces mines commence.

Vous voudrez bien porter cette instruction à la connaissance de MM. les Ingénieurs et délégués sous vos ordres, ainsi qu'à celle des exploitants de votre arrondissement.

Pour le Directeur Général des Mines,

L'Ingénieur en Chef-Directeur,

H. ANCIAUX.

Coups d'eau.

N° 13G/7.183.

Bruxelles, le 9 juin 1941.

Monsieur l'Ingénieur en Chef,

Plusieurs coups d'eau survenus en ces derniers temps dans les travaux souterrains ont montré qu'il convient de préciser certaines dispositions du Chapitre V, relatif aux mesures à prendre contre les coups d'eau, du règlement de police des mines du 28 avril 1884.

Le premier alinéa de l'article 63 de ce règlement prescrit le sondage, en veine ou en roche, au voisinage *présumé* d'amas d'eaux.

Il peut se faire que l'existence d'un tel amas soit non pas soupçonnée — suivant la lettre dudit alinéa — mais certaine en raison, par exemple, de ce qu'une partie de l'amas est accessible par certaines voies ou qu'elle l'a été à une époque relativement peu éloignée.

Il y a lieu de comprendre la prescription prérappelée dans le sens que, dans un tel cas où la présence d'un amas ou bain est connue le sondage aux eaux est également de rigueur si les mesures voulues — pouvant être variables suivant les circonstances — n'ont pas été prises pour assurer, d'une manière certaine, la sécurité du travail. En principe, les dites mesures doivent aboutir à l'évacuation, éventuellement par pompage, de la totalité des eaux dangereuses de l'amas.

Le second alinéa du susdit article 63 laisse à la direction de la mine le soin de déterminer, d'après les circonstances locales, le nombre, la longueur et la disposition des trous de sonde.

D'un autre côté la circulaire de 1886, dans sa partie interprétant ledit alinéa, donne à l'ingénieur des mines, en cas d'insuffisance des mesures adoptées par l'exploitant, l'instruction d'intervenir en provoquant au besoin, la prise par la députation permanente, d'un arrêté ordonnant un complément de précautions.

Pour que cette intervention puisse avoir lieu en temps opportun et efficacement, il convient non seulement que vous soyez informé de l'existence de travaux quelconques pratiqués au voisinage des amas ou bains d'eaux — présumés ou certains — mais encore que vous soyez mis au courant des mesures, d'ordre général, prévues par l'exploitant en vue de la préparation et de l'exécution des sondages réglementaires.

Vous voudrez bien agir dans ce sens auprès des exploitants de votre arrondissement.

D'autre part, il y a lieu de présenter sans retard à l'exploitant qui vous a donné l'information dont il est question ci-avant, vos observations, remarques ou suggestions éventuelles.

Le Directeur Général des Mines,

Gustave RAVEN.

Disjoncteurs automatiques.

N° 13E/6684.

Bruxelles, le 24 octobre 1941.

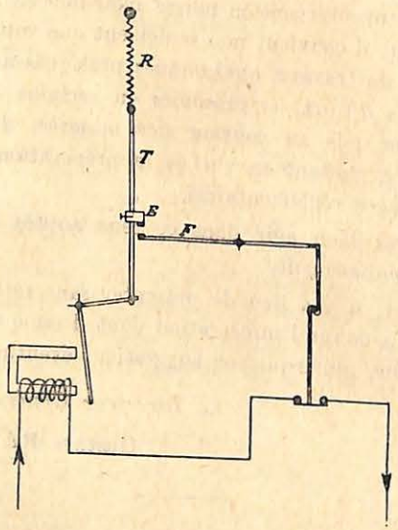
Monsieur l'Ingénieur en Chef,

Un accident qui n'a eu comme conséquences, heureusement, que des dégâts matériels relativement peu importants, est survenu, récemment, dans les travaux souterrains d'un charbonnage dans les principales circonstances suivantes :

Un traînage par câble flottant, installé dans un bouveau, était mû au moyen d'un moteur électrique asynchrone triphasé, de 25 HP par l'intermédiaire d'engrenages et de deux poulies motrices à gorges garnies de fourrures en chanvre.

Le câble en acier, type Lang, de 22 mm. de diamètre, était formé de plusieurs tronçons reliés entre eux par des pattes et maillons. De ce fait, le diamètre d'encombrement du câble était plus que triplé aux raccords des tronçons.

Le long des galeries suivies par le traînage, le câble était



supporté par des galets horizontaux disposés par paires et fixés sous des traverses métalliques placées au ciel de ces galeries.

Pour une raison indéterminée, le câble sauta hors d'un de ces galets et se glissa, par suite d'une usure locale, entre la partie supérieure de ce galet et la traverse de support correspondante.

Au passage de l'une des jonctions, le câble se cala. Malgré la résistance, le moteur continua à tourner, faisant glisser le câble dans les fourrures des poulies motrices. Le chanvre se consuma et, en tombant, mit le feu dans un bac d'huile et de graisse disposé sur le sol, sous les poulies. L'incendie put être rapidement maîtrisé.

Le moteur était protégé par un disjoncteur automatique avec bobines à minima de tension et à maxima de courant. Ce dernier dispositif n'a pas fonctionné parce que l'organe de commande du déclenchement était en défaut, défaut qui n'était pas décelable sans démonter l'appareil, ainsi qu'il résulte de l'extrait reproduit ci-après du rapport d'enquête de cet accident.

Le disjoncteur comporte deux tiges verticales (T) suspendues à leur partie supérieure par des ressorts à boudins (R) et portant chacune, à une hauteur bien déterminée, un ergot (E). La

partie inférieure des tiges est rendue, par un tringlage, solidaire de l'armature de l'électro-aimant constituant la bobine à maxima. Lorsque l'intensité du courant dépasse une valeur déterminée, l'attraction exercée par l'électro-aimant vainc la résistance des ressorts (R), les tiges (T) s'abaissent et les ergots (E), en appuyant sur une fourche (F) provoquent le déclenchement du disjoncteur.

La tension des ressorts (R) est réglable : à une tension déterminée correspond un courant de déclenchement que l'on connaît par la position d'un index se déplaçant le long d'une échelle graduée placée à la partie supérieure de l'appareil.

Le fonctionnement correct de celui-ci est subordonné, notamment, à la fixation convenable des ergots sur les tiges (T).

En fait, ces ergots sont simplement fixés par vis de pression et, en l'espèce, il fut constaté, après l'accident, que même si l'armature de l'électro-aimant de la bobine à maxima était à fond, les ergots (E) touchaient encore la fourche (F) mais n'exerçaient plus une pression suffisante pour provoquer le mouvement de celle-ci.

La genèse du non fonctionnement de l'appareil est dès lors explicable comme suit : par suite de déclenchements successifs du disjoncteur, pour des raisons diverses, les ergots ont subi, à leur contact avec la fourche (F) de légers chocs, qui ont provoqué leur ascension graduelle le long des tiges avec, comme conséquence, la mise hors service du disjoncteur par le simple jeu de son fonctionnement normal.

Je vous prie de vouloir bien attirer l'attention de MM. les Ingénieurs et exploitants de votre arrondissement sur les considérations qui précèdent.

Le Directeur Général des Mines,

Gustave RAVEN.

AMBTELIJKE BESCHEIDEN

MINISTERIE VAN ARBEID
EN SOCIALE VOORZORG
EN MINISTERIE VAN FINANCIEN

Pensioenstelsel der mijnwerkers.

Besluit van 23 Augustus 1941 toelatende aan de weezen der mijnwerkers en gelijkgestelde arbeiders de, door de samengeordende wetten dd. 25 Augustus 1937, betreffende het pensioenstelsel der mijnwerkers, voorziene toelagen te cumuleeren met de kindertoeslagen voorzien bij het besluit van 26 Mei 1941.

De Secretaris-Generaal van het Ministerie van Arbeid en Sociale Voorzorg,

De Secretaris-Generaal van het Ministerie van Financiën,

Herzien het koninklijk besluit van 25 Augustus 1937, de verschillende wettelijke bepalingen betreffende het pensioenstelsel der mijnwerkers samenordende;

Gelet op het besluit dd. 26 Mei 1941, het bedrag verhoogende der kindertoeslagen en bijdragen voorzien in den geordende tekst der wet van 4 Augustus 1930, houdende veralgemeening der gezinsvergoedingen op de loontrekkende arbeiders;

Gelet op de wet van 10 Mei 1940, houdende overdracht van bevoegdheid in oorlogstijd en inzonderheid op artikel 5 daarvan;

Overwegende dat er dient te verhelpen aan den ongustigen toestand die bestaat wat betreft de gezinsvergoedingen, der weezen

van de mijnwerkers en gelijkgestelde arbeiders, sedert de in werking treden van bedoeld besluit van 26 Mei 1941, het bedrag verhoogende der kindertoeslagen der wedde- en loontrekkenden die kinderlast hebben;

Overwegende dat er aanleiding toe bestaat te dien opzichte het cumuleeren toe te laten der kindertoeslagen en der gezinsvergoedingen bepaald door ortikel 30*bis* van de wetten samengeordend bij koninklijk besluit van 25 Augustus 1937, betreffende het pensioenstelsel der mijnwerkers maatregel reeds toegepast, wat betreft, de weezen die onder de toepassing vallen der algemeene pensioenwet;

Gelet op de hoogdringendheid en de onmogelijkheid de hoogere overheid te raadplegen,

Besluiten :

Artikel 1. — Worden ingetrokken, de alinea's 2 en 3 van artikel 30bis der wetten samengeordend op 25 Augustus 1937, betreffende het pensioenstelsel der mijnwerkers.

Art. 2. — Worden ingetrokken *in fine van* alinea 1 van artikel 22*bis* derzelfde samengeordende wetten de woorden « onverminderd echter de toepassing van artikel 30*bis* dezer wet ».

Art. 3. — Dit besluit wordt toegepast met terugwerkende kracht op 1 April 1941.

Brussel, den 23n Augustus 1941.

De Secretaris-Generaal
van het Ministerie van Arbeid en Sociale Voorzorg,
VERWILGHEN.

De Secretaris-Generaal van het Ministerie van Financiën,
O. PLISNIER.

MINISTERIE VAN ARBEID EN SOCIALE VOORZORG
MINISTERIE VAN BINNENLANDSCHE ZAKEN EN VOLKSGEZONDHEID EN MINISTERIE VAN FINANCIEN

Pensioenstelsel der mijnwerkers.

Besluit van 25 Augustus 1941 een tijdelijke toelage toekennende aan de wegens ouderdom of invaliditeit gepensionneerde mijnwerkers alsmede aan de weduwen der mijnwerkers.

De Secretaris-Generaal van het Ministerie van Arbeid en Sociale Voorzog,

De Secretaris-Generaal van het Ministerie van Binnenlandsche Zaken en Volksgezondheid,

De Secretaris-Generaal van het Ministerie van Financiën,

Gelet op het koninklijk besluit van 25 Augustus 1937 de verschillende wettelijke bepalingen betreffende het pensioenstelsel der mijnwerkers samenordende;

Gelet op de beraadslagingen van den raad van beheer van het Nationaal Pensioenfonds der mijnwerkers en op de door dit Fonds, gedane voorstellen, tot het verleenen van een tijdelijke hulp aan sommige begunstigden der voordeelen voorzien bij voormelde samengeordende wetten van 25 Augustus 1937;

Gelet op de wet van 10 Mei 1940, betreffende overdracht van bevoegdheid in oorlogstijd en inzonderheid op artikel 5 daarvan;

Overwegende dat het betaamt den door de huidige omstandigheden geschappen moeilijken toestand te verhelpen van de wegens ouderdom of invaliditeit gepensionneerde mijnwerkers of

van de weduwen der gepensionneerde mijnwerkers zooals dit reeds werd verwezenlijkt voor andere categorieën van burgers;

Gelet op de onmogelijkheid om de hoogere overheid te raadplegen;

Besluiten :

Artikel 1. — Worden tijdelijk verhoogd met 10 t. h., de voordeelen ten laste van het Rijk, voorzien bij het koninklijk besluit van 25 Augustus 1937, tot samenordening der wettelijke bepalingen betreffende het pensioenstelsel der mijnwerkers.

Art. 2. — Het minimum bedrag vastgesteld bij dit koninklijk besluit van 25 Augustus 1937, wat betreft de verschillende pensioenen en toelagen, alsmede het bedrag van 100 frank per dienstjaar voorzien bij artikel 24, alinea 8, van dit koninklijk besluit, worden tijdelijk verhoogd met 10 t. h., zonder dat, nochtans, deze verhooging voor gevolg zou hebben het pensioen op meer dan 6,930 frank te brengen.

Art 3. — Bij afwijking van artikel 53 van bedoeld koninklijk besluit van 25 Augustus 1937, wordt het aan het Nationaal Pensioenfonds der mijnwerkers toegelaten de noodige sommen van het « reservefonds » af te nemen tot uitvoering van artikel 2 van dit besluit, in geval de normale ontvangsten onvoldoende zouden worden te dien einde.

Art. 4. — De bepalingen van dit besluit worden niet toegepast op :

a) de tusschenkomst van het Rijk bij het vestigen der renten;

b) de steenkolen kosteloos verschaft door het voormeld Nationaal Fonds;

c) het pensioen der nog werkzaam zijnde gepensionneerden;

d) de toelage voor kinderen (vaderlooze wees) en wezen (vader- en moederlooze wees).

Art. 5. — De toeslag van 10 t. h. voorzien bij dit besluit wordt vrijgesteld voor de toepassing van het besluit i. d. 29 Juni 1940, betreffende den steun aan behoeftige personen te verleenen.

Art. 6. — De uitbetaling van den toeslag voorzien bij dit besluit zal alle drie maanden geschieden door het Nationaal Pensioenfonds der mijnwerkers en door de gewestelijke voorzorgkassen, in den loop van de tweede maand van ieder kwartaal van het burgerlijk jaar.

Art. 7. — Dit besluit treedt in werking op 1 Juli 1941.

Brussel, den 25n Augustus 1941.

De Secretaris-Generaal
van het Ministerie van Arbeid en Sociale Voorzorg,
VERWILGHEN.

De Secretaris-Generaal
van het Ministerie van Binnenlandsche Zaken en Volksgezondheid,
G. ROMSEE.

De Secretaris-Generaal van het Ministerie van Financiën,
O. PLISNIER.

———

ALGEMEENE DIRECTIE VAN HET MIJNWEZEN

Ministerieele Omzendbrieven

De toegangswegen en de schachten.

N° 13 F/5.411.

Brussel, den 8 April 1941.

Mijnheer de Hoofdingenieur,

Bij een onderrichting van 14 Mei 1917 werd aangeraden dat, telkens als een monster der volle doorsnede van een kabel beproefd wordt, vóór het opleggen van dien kebel, zooals voorgeschreven in artikel 22 van hét Koninklijk Besluit van 10 December 1910 op de toegangswegen, de schachten en het verkeer van het personeel in de schachten, ter vervollediging van de beproeving ook trek-, buig- en torsieproeven worden genomen met een zeker aantal draden voortkomende van dit monster. Deze proeven moesten toelaten gegevens te bekomen tot beoordeeling der hoedanigheden van het bij de vervaardiging van metalen hijschkabels gebruikt metaal.

Het doel van deze proeven was, o. m. de kabelschouwers en inzonderheid de toegelaten schouwers in te lichten omtrent de regelmatigheid, den weerstand, de veerkracht en de rekbaarheid van dit metaal, en ze aan te zetten over zekere kabels, een strenger toezicht te houden.

Uit de ondervinding is het nut den aanbevolen maatregel gebleken, vooral wat de platte metalen kabels aangaat.

Anderdeels werd men, door deze suggestie, tot een hoogst aan-

bevelenswaardige doenwijze geleid, volgens dewelke de kabelbeproevingen op volle doorsnede, tijdens den diensttijd van den kabel, gedaan, namelijk in toepassing van artikel 43 van bovengemeld koninklijk besluit van 10 December 1910, ook gepaard gaan met bijkomende trek-, buig- en torsieproeven op draden, met het oog op een vergelijking van de resultaten van deze proeven met deze die bij het opleggen van den kabel tot uiting kwamen.

Overigens is een andere doenwijze gebruikelijk geworden, die wezenlijk bestaat in het opnemen, op schrander uitgekozen plaatsen in den kabel zelve, van een streng waarvan de draden grondig onderzocht worden, wat de oorzaken van beschadiging betreft : slijtage, carrosie, intanding, enz., en waarmede dezelfde trek-, buig- en torsieproeven genomen worden.

Deze doenwijze is eveneens hoogst aanbevelenswaardig, wanneer ze behoorlijk toegepast wordt.

Zij laat o. m. den schouwer toe, de juistheid na te gaan van de gevolgtrekkingen waartoe hij heeft kunnen geleid worden door de gewone overzichtelijke onderzoekmethodes van den kabel.

In menige gevallen heeft deze toezichtsmethode met opnemen van strengen toegelaten met groote veiligheid den tijd te bepalen, waar de kabel afgelegd moest worden, in toepassing van de reglementsbepalingen nopens den minimum zekerheidsfactor.

De Directeur-Generaal van het Mijnwezen,
Gustave RAVEN.

13 F/5.420.

Brussel, den 13 Mei 1941.

Mijnheer de Hoofdingenieur,

Voor het reinigen en het insmeeren van metalen, ronde of platte ophaalkabels, tijdens ze in dienst zijn, worden in sommige kolenmijnen inrichtingen of toestellen gebruikt, die met perslucht werken.

Zulke pratijk is, in beginsel, van verschillende oogpunten uit, aan te bevelen : snelheid der verrichtingen, met als gevolg, een betrekkelijk korte belemmering van de schachten; bezuiniging

van smeerstof; goede doordringing van deze in de tusschenruimten van den kabel; eenvormigheid der insmeering.

Ten andere is het te vreezen dat de vochtigheid die de druklucht bevat, in de smeerstof ingelijfd weze, en dat ze, door deze zelve, in den kabel vervat blijve, in aanraking met de draden waaruit deze bestaat.

Derhalve is een behoorlijke insmeering met behulp van druklucht van de voorzorg afhankelijk, lucht te gebruiken die zooveel mogelijk vrij is van vochtigheid.

Te dien einde behoort het namelijk de drukluchtafname eerder op een reservoir als op een leiding aan te brengen, en, desnoods, daarbij nog toestellen voor het droogen van de lucht te gebruiken.

Ik verzoek er U om, op deze overwegingen de bijzondere aandacht te willen vestigen der exploitanten van uw arrondissement die druklucht gebruiken voor het reinigen en het insmeren van hun metalen heisch- of andere kabels.

Gelieve er in de toekomst op te waken, dat voornoemde voorzorg werkelijk toegepast worde en onder de best mogelijke voorwaarden verwezenlijkt.

Ik wensch binnen afzienbaren tijd, een beknopt rapport te ontvangen, nopens den toestand die, wat de hierboven beschouwde zaak betreft, in de kolenmijnen van uw arrondissement bestaat, alsmede omtrent de verbeteringen welke eventueel dank zij uwe tusschenkomst, men zal uitgevoerd hebben.

De Directeur-Generaal van het Mijnwezen,

Gustave RAVEN.

Gebruik van « Ventubes ».

13 B/5446.

Brussel, den 30 Juli 1941.

Mijnheer de Hoofdingenieur,

Ik heb de eer U een beknopt verhaal mede te deelen van de voornaamste gegevens die ingewonnen werden tijdens het algemeen onderzoek, waaraan U medewerkte, nopens het gebruik van « ventubes » voor de plaatselijke verluchting der ondergrondsche werken der mijnen.

Met de metalen luchtbuizen vergleken bieden de linnen kokers de wezenlijke voordeelen dat ze bijzonder licht zijn, en gemakkelijk en snel vervoerd, geplaatst en verplaatst kunnen worden. Daarbij zijn ze uiterst buigzaam.

De elementen waaruit een leiding van linnen kokers bestaat zijn anderzijds aanzienlijk langer dan deze, die in de metalen kokerleidingen gebruikt worden, zoodat het aantal verbindingen gering is.

Deze voordeelen zijn bijzonder van belang voor het uitvoeren van reddingswerken, die in grondbeginsel snel gedreven moeten worden, of wanneer men plaatsen verluchten moet, waartoe uit hun aard zelve, geen gemakkelijke toegang, bestaat, zooals opbraken in dunne en stijle lagen, waarin het transport en de behoorlijke plaatsing van metalen luchtbuizen gewoonlijk moeilijk zijn.

Men kan niet betwisten dat, wat de lichtheid aangaat, de linnen kokers de geklonken luchtbuizen overtreffen, welke ineengevoegd zijn met behulp van klei die barsten en verdwijnen kan. Dit voordeel is wellicht geringer t. o. v. metalen luchtbuizen met gelaschte naden, waarvan de deelen verbonden zijn door kragen, en de voegen door pakking dicht gemaakt.

Een innerlijk nadeel der linnen kokers is te wijten aan hun soortelijken weerstand tegen den luchtstroom, weerstand die merkelijk hooger is dan bij de metalen luchtbuizen. Zoo bieden, volgens zekere auteurs, de linnen kokers een weerstand in murgues die bijna het dubbel bedraagt van dien van een metalen koker van zelfde doormeter en lengte, zoodat voor een bepaal-

den overdruk, de luchtafvoer in een verhouding van ongeveer $1/\sqrt{2}$, t. z. tot ongeveer 70 % van het vermogen van den metalen koker herleid wordt.

Een andere nadeel der linnen kokers is dat zij slechts voor de blazende verluchting geschikt zijn, welke alleen ze in behoorlijk opgeblazen toestand kan behouden. Te dien opzichte behoort het de plaatsing van linnen kokers in geen geval toe te laten aan de kant waar de zuiging der hulpventilatoren plaats vindt; inzonderheid moeten geen linnen kokers tusschen twee in série geschakelde ventilatoren geplaatst worden.

Een derde nadeel der linnen kokers is dat zij, uit den aard zelve van hun fabricage, betrekkelijk weinig tegen beschadiging bestand zijn.

In verband met deze omstandigheid hebben bijna alle personen die aan het onderzoek medewerkten, verklaard dat zij gekant zijn tegen het aanwenden van linnen kokers in de nabijheid van werken waar springstoffen gebruikt worden.

De andere zijn van meening dat men de linnen kokers in deze werken toelaten mag, op voorwaarde dat ze ten tijde van het afvuren der boorgaten verwijderd worden.

Deze laatste doenwijze mag, ten minste in grondbeginsel, niet toegelaten worden : niet alleen kan zij aanleiding geven tot gevaarlijke toestanden, wat de aanwezigheid van mijngas betreft, maar ze moet ook worden aanschouwd als tegenstrijdig met de reglementsbepalingen daar men, door plaatselijke afschaffing der verluchting, deze zeker niet onafgebroken behoudt.

In verband met de beschadigingen die de linnen kokers kunnen ondergaan moet men niet nalaten een bijzonder streng toezicht te houden op de leidingen die gedurende een tamelijk langen tijd in dienst moeten blijven; de elementen van deze leidingen zijn inderdaad, na een zekeren tijd, aan bederving blootgesteld, b. v. onder den invloed van de lucht of van de vochtigheid.

Gelieve het voorgaande ter kennis te willen brengen van de HH. Ingenieurs en Afgevaardigden, alsmede van de exploitanten van uw arrondissement.

De Directeur-Generaal van het Mijnwezen,
Gustave RAVEN.

Verlaten houwplaatsen.

---

13 B/5451.

Brussel, den 20 Augustus 1941.

Mijnheer de Hoofdingenieur,

Een zwaar ongeval deed zich onlangs voor, in de ondergrondsche werken van een in de tweede categorie der mijngashoudende mijnen ingedeelden bedrijfszetel, in de volgende voornaamste omstandigheden :

Een houwplaats met een 35 meter langen pijler in weinig hellende laag was sedert ongeveer 10 dagen voor goed buiten bedrijf gezet.

Men was er nu en dan in bezig met het losmaken en het ruimen van het materieel (persluchtleidingen, schudgoten, motoren, enz.)

Tijdens den nachtpost van den dag van het ongeval werd een helper, die in een naburige houwplaats werkzaan was, door zijn toezichter naar de verlaten houwplaats gezonden, om aldaar een buisstuk van de persluchtleiding los te maken en het naar zijne houwplaats mede te voeren.

Een electrische lamp dragend vertrok de helper, rond middernacht, langs de grondgalerijen; door mijngas verstikt viel hij neer, aan den voet van den pijler der verlaten houwplaats.

Zijn makkers, die zich over zijn langdurig wegblijven verontrustten, gingen op zoek naar hem en werden door het mijngas gestuit op ongeveer 30 meters van de plaats waar hij gevallen was.

't is slechts enkele uren later dat het personeel der reddingsploeg van ademhalingstoestellen voorzien, tot het slachtoffer kon geraken en het wegvoeren.

De luchtafvoergalerijen der verlaten houwplaats bedroegen, op ongeveer 20 meters hoogte, een dalende verbinding in dewelke, sedert vier dagen, geen verkeer meer plaats had. Na het ongeval was er prachtisch geen verluchting meer in deze houwplaats.

Het arrondissementscomité heeft naar aanleiding van dit onge-

val de volgende overwegingen uitgebracht, waarbij ik mij aansluit:

De doenwijze volgens dewelke aan de toezichters toegelaten wordt, vrij zich materieel te verschaffen in een voor goed verlaten houwplaats moet volstrekt afgeschaft worden. De ontruiming van zulk een houwplaats moet stelselmatig ingericht zijn en zoohaast mogelijk aanhoudend uitgevoerd, door een bijzondere ploeg, onder de leiding van een toezichter. Bovendien moeten de veiligheidsvoorwaarden in de buiten bedrijf zijnde houwplaats gehandhaafd blijven, zoolang zij toegankelijk blijft.

Gelieve het voorgaande ter kennis te brengen van de HH. Ingenieurs en Afgevaardigden onder uw bevelen, alsmede van de exploitanten van uw arrondissement.

De Directeur-Generaal van het Mijnwezen,
Gustave RAVEN.

Gebruik van springstoffen.

13 D/5789.

Brussel, den 13 October 1941.

Mijnheer de Hoofdingenieur,

Door de reglementsbepalingen betreffende het gebruik van springstoffen in de mijnen wordt voorgeschreven dat er met het laden der boorgaten slechts dan een aanvang mag gemaakt worden « wanneer het geheele arbeiderspersoneel - uitgenomen de geschoolde arbeiders- zich heeft verwijderd ». (Zie art. 10, alinea 2 van het Koninklijk besluit van 24n April 1920, gewijzigd door het Koninklijk besluit van 18n September 1939).

Ter gelegenheid van een ongeval dat zich onlangs in verband met het gebruik van springstoffen voordeed aan het front van een in delving zijnde steengang, werd het advies uitgebracht dat krachtens voormeld voorschrift, een geschoolde arbeider aan het front van een steengang niet alleen mag aanwezig zijn, tijdens het laden der bereide boorgaten door den schietmeester, maar dat hij aldaar ook een werk mag verrichten, in 't onderhavige geval het boren van een andere mijnkamer.

Deze zienwijze strookt niet met de bedoeling der opstellers van de beoogde bepaling.

Zij hebben geoordeeld dat het, in grondbeginsel, niet wenschelijk is dat de schietmeester tijdens het laden, alleen blijve.

Zij vreesden dat, eensdeels, hij aan een ongeval zou blootgesteld worden, b. v. ten gevolge van een instorting, zonder dat het mogelijk weze hem onmiddellijk hulp te verleenen, en dat, anderdeels, hij de gelegenheid dat hij zich alleen bevindt zou te bate nemen om de eene of de andere onvoorzichtigheid te begaan, b. v. de patronen van hun omhulsel te ontdoen.

Zij hebben ook geacht dat het voor de geschoolde arbeiders voordeelig kon zijn (namelijk wanneer deze een gedeelte der uitgave aan springstof dragen) het aantal werkelijk verbruikte patronen eenigszins te kunnen nazien.

Zij hebben ten slotte geoordeeld dat de geschoolde arbeiders eventueel in de gelegenheid zouden kunnen zijn om den schietmeester een raad te geven bij het bepalen der hoeveelheid springstof waarmede de boorgaten, of zekere boorgaten moeten geladen worden.

Dit zijn alleen de redenen die de aanwezigheid van geschoolde arbeiders bij den schietmeester tijdens het laden der boorgaten, kunnen wettigen. Door het verrichten van een ander werk tijdens het laden zouden deze werklieden van de nuttige rol die ze kunnen spelen slechts afgebracht worden, en zelfs de geruste en zorgvuldige uitvoering van het werk van den schietmeester rechtstreeks of onrechtstreeks in het gedrang gebracht worden.

Het is dus volstrekt noodig dat alle werkelijke arbeid der geschoolde werklieden, aan het front van een werkplaats waar boorgaten zullen afgevuurd worden, geschorst worde zoodra men deze boorgaten begint te laden.

Gelieve deze onderrichting ter kennis te brengen van de HH. Ingenieurs en afgevaardigden onder uwe bevelen, alsmede van de exploitanten der kolenmijnen van uw arrondissement.

Voor den Directeur-Generaal van het Mijnwezen
De Hoofdingenieur-Directeur,
H. ANCIAUX.

Waterdoorbraken.

13 G/7.183.

Brussel, den 9 Juni 1941.

Mijnheer de Hoofdingenieur,

Uit verscheiden waterdoorbraken die zich onlangs in de ondergrondsche werken voordeden, blijkt dat het behoort sommige voorschriften nader te bepalen van het hoofdstuk V (maatregelen te nemen tegen waterdoorbraken) van het reglement over de mijnpolitie van 28n April 1884.

De eerste alinea van artikel 63 van dit reglement schrijft de peiling voor, in de ader of in rots, wanneer men *vermoedt* dat waterverzamelingen in de nabijheid aanwezig zijn.

Het kan gebeuren dat de aanwezigheid van zulke verzameling niet alleen vermoed is — volgens de bewoording van voornoemde alinea — maar dat ze vastgesteld is, omdat, bij voorbeeld, een gedeelte ervan langs zekere galerijen toegankelijk is, of betekkelijk kort te voren toegankelijk was.

Men moet bedoeld voorschrift in dien zin verstaan, dat wanneer de aanwezigheid van zulke waterverzameling gekend is, het peilen eveneens verplichtend is, zoo de geschikte maatregelen — die volgens de omstandigheden afwisselend zijn — niet werden getroffen, om de veiligheid van het werk op stellige wijze te waarborgen. In beginsel moeten deze maatregelen, desnoods met behulp van pompen, de volledige verwijdering der gevaarlijke watermengten voor gevolg hebben.

De tweede alinea van voornoemd artikel 63 laat aan het bestuur der mijn de zorg over, het aantal, de lengte en de schikking der peilgaten te bepalen.

Anderzijds geeft de omzendbrief van 1886, in het gedeelte waar deze alinea verklaard wordt, den ingenieur der mijnen opdracht, zoo er ontoereikende maatregelen door den exploitant werden getroffen, in te grijpen, desnoods door het uitlokken van een besluit der bestendige deputatie om aanvullende voorzorgsmaatregelen te gelasten.

Opdat deze interventie ten gepasten tijde en doelmatig geschiedde, is het noodig dat U in kennis gesteld wordt van het uitvoeren van welke werken ook, in de nabijheid van vermoede of gekende waterverzamelingen; daarbij moet U nog op de hoogte gebracht worden van de maatregelen, van algemeenen aard, welke de exploitant voorzien heeft, met het oog op de voorbereiding en de uitvoering der voorgeschreven peilingen.

Gelieve dus, in dien zin handelend, bij de exploitanten van uw arrondissement op te treden.

Het spreekt anderzijds van zelf dat de exploitant die U bovenvermeld bericht heeft medegedeeld, zonder verwijl de opmerkingen of suggesties kan tegemoet zien, welke U hem eventueel zoudt moeten voorleggen.

De Directeur-Generaal van het Mijnwezen,
Gustave RAVEN.

Zelfuitschakelaars.

13 E/6684.

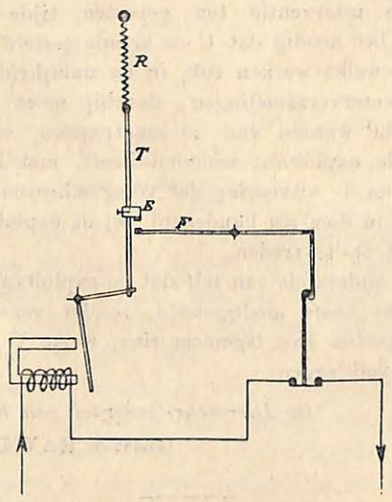
Brussel, den 24 October 1941.

Mijnheer de Hoofdingenieur,

Een ongeval dat gelukkigerwijze, slechts betrekkelijk geringe stoffelijke schade veroorzaakte deed zich onlangs voor in de ondergrondsche werken van een kolenmijn; de voornaamste omstandigheden van dit ongeval zijn de volgende :

In een steengang bestond er een sleepinrichting met luchtkabel die gedreven was door een electrischen driefazen asynchroonmotor van 25 Pk, door bemiddeling van tandwielen en van twee drijvende snaarschijven die van een hennepbekleeding voorzien waren.

De metalen kabel-type Lang van 22 mm. doormeter bestond uit verscheiden stukken onderling door haken en schelmen verbonden; derhalve was de door den diameter beslagen ruimte meer dan verdriedubbeld, bij de verbindingen der stukken.



Langs de door de sleepinrichting bediende galerijen was de kabel gedragen door paren horizontale leirollen welke gevestigd zijn onder, aan de kruin dezer galerijen aangebrachte metalen dwarsliggers.

Om een onbekende reden verliet de kabel een dezer leirollen; ten gevolge van een plaatselijke slijtage schoof hij tusschen het bovenste gedeelte dezer leirol en de overeenkomende steunbalk. Bij het doorgaan van een verbindingsstuk raakte de kabel vast.

Ondanks den weerstand bleef de moter aan 't draaien, aldus den kabel op de bekleeding der drijvende schijven doende glijden. De hennep der bekleeding vatte vuur, viel in een bak die onder de schijven op den bodem geplaatst was; olie en vet, die zich in deze bak bevonden, schoten in brand. De brand kon spoedig gebluscht worden.

De motor was beveiligd door een zelfuitschakelaar met spoel voor minimaalspanning en spoel voor maximaalstroom. Dit laatste toestel werkte echter niet, omdat het deel dat het uitschakelen teweeg brengt gebrekkig was. Dit gebrek kon men, zonder het toestel uiteennemen, niet ontdekken, zooals blijkt uit het hierna overgenomen uittreksel uit het verslag van onderzoek nopens dit ongeval :

De uitschakelaar bedraagt twee verticale stangen T, welke aan hun bovenste gedeelte door schroefveeren opgehangen zijn, en die ieder, op een vast bepaalde hoogte, van een drijfpen E voorzien zijn.

Aan hun onderst uiteinde zijn de stangen in verbinding met den magneetanker der spoel voor maximaalstroom. Wanneer de stroomsterkte een bepaalde waarde te boven gaat, wordt de door het electromagneet uitgeoefende aantrekkingskracht overwegend t. o. v. den weerstand van de veeren R; de stangenT worden naar beneden getrokken en de drijfpennen E komen in aanraking met een vork F, die den schakelaar doet uitkoppelen.

De spanning der veeren R is regelbaar; met een bepaalde spanning komt een uitkoppelingsstroom overeen, die aangeduid wordt door een wijzer welke zich langs een schaal verplaatst, aan het bovenste gedeelte van het toestel.

De correcte werking van den schakelaar is o. m. afhankelijk van de behoorlijke bevestiging der drijfpennen op de stangen T.

Feitelijk zijn deze drijfpennen enkel door klemschroeven bevestigd, en na het ongeval kon men hier vaststellen dat zelfs wanneer de magneetanker der spoel voor maximaalstroom in zijn uitersten stand was, de drijfpennen met de vork F nog in aanraking kwamen, maar dat zij den noodigen druk niet meer uitoefenden, om die vork in beweging te brengen.

De oorzaak waarom het toestel werkloos bleef kan men dan als volgt verklaren : bij de aan verscheiden oorzaken te wijten achtereenvolgende uitkoppelingen van den schakelaar, werden de drijfpennen toen ze met de vork F in aanraking kwamen, blootgesteld aan lichte schokken, die ze allengs langs de stangen naar boven verplaatsen, met het gevolg dat de schakelaar door zijn normale werking alleen buiten dienst werd gesteld.

Gelieve op de voorgaande overwegingen de aandacht te willen vestigen van de HH. Ingenieurs en exploitanten van uw arrondissement.

De Directeur-Generaal van het Mijnwezen,
Gustave RAVEN.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

TOME XLII. — ANNÉE 1941.

TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS

BREYRE, Ad., Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines, à Frameries-Paturages, Professeur à l'Université de Liége.

Rapport sur les travaux de 1940 de l'Institut National des Mines . . . . . 1 I

Annexe :

Application de l'interféromètre aux analyses de gaz de mines de faible volume (environ 300 cc.), (par VAN OUDENHOVEN, F., Ingénieur chimiste, et NENQUIN, G., chimiste, *attachés à l'Institut National* . . . . . 59 I

Le matériel électrique antigrisouteux à l'Institut National des Mines (L'expérience de 10 ans) en collaboration avec FRIPIAT, J., Ingénieur principal des Mines attaché à l'Institut National . . . . . 69 I

Grundlagen der Errichtung electrischer Anlagen in explosions gefahrdeten Betrieben (Principes de la construction d'appareils électriques dans les installations sujettes à explosion), par le Dr. MULLER-HILDEBRAND 461 I

L'évolution des méthodes d'exploitation dans nos mines . . . . . 553 II

Les locomotives Diesel dans les mines grisouteuses en Belgique . . . . . 557 II

Le sauvetage dans les mines; les centrales minières de sauvetage en Belgique; leur organisation. Quelques exemples d'interventions heureuses . . . . . 699 III

20 ans d'emploi des explosifs gainés en Belgique . . . . . 713 III

BRISON, L, Ingénieur au Corps des Mines, à Mons.

Sur une installation de filtration et de stérilisation d'eau aux Charbonnages d'Hensies Pommerœul . . . . . 491 II

L'aveuglement d'une venue d'eau par injection de sciure de bois au siège de Tertre des Charbonnages du Hainaut . . . . . 693 III

CORIN, F., Ingénieur principal des Mines, à Charleroi.

Un indicateur de position pour balances hydrauliques . . . . . 891 IV

DES ENFANS, G., Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, à Charleroi.

L'Administration des Mines; sa place dans les industries extractives . . . . . 899 IV

DONY, A., à Ixelles-Bruxelles.

A propos de l'industrie belge du zinc au début du XIX siècle . . . . . 879 IV

FRIPIAT, J., Ingénieur principal des Mines, attaché à l'Institut National des Mines de Frameries-Pâturages.

Le matériel électrique antigrisouteux à l'Institut National des Mines (L'expérience de

10 ans) en collaboration avec BREYRE, Ad., Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines, Professeur à l'Université de Liége 69 I

HOCEDEZ, A., Conseiller ff. de Président du Conseil des Mines, à Bruxelles.

Jurisprudence du Conseil des Mines, tome XVI, IIe partie, année 1940 . . . . . 497 II

LEFEVRE, R., Ingénieur principal des Mines.

Note sur les différences de pression entre puits dans les mines aérées par ventilateurs souterrains . . . . . 803 IV

LEVARLET, H, Ingénieur en Chef-Directeur honoraire du Service des Explosifs.

Accidents survenus en Belgique dans la fabrication, l'emmagasinage et le transport des explosifs . . . . . 465 II

Id., id., id. (première suite) . . . . . 699 III

MERCX, F., Ingénieur, Directeur technique de l'Association des Industriels de Belgique, à Bruxelles.

Sélection professionnelle. — Examen psychotechnique . . . . . 894 IV

NENQUIN, G., Chimiste assistant, Attaché à l'Institut National des Mines de Frameries-Pâturages.

L'application de l'interféromètre aux analyses de gaz de mines de faible volume (environ 300 cc.) (en collaboration avec VAN OUDENHOVE, F.) . . . . . 59 I

PIETOCO
Société Anonyme

SIEGE SOCIAL :
TRAZEGNIES (Belgique)

DIVISION DE TRAZEGNIES :

Wagons pour tous écartements.
Appareils de voie (croisements, traversées, etc.).
Wagonnets pour toutes industries.

DIVISION DE SCLESSIN :

Tôles perforées en tous métaux.
Puits filtrants pour rabattement de nappe aquifère.

POUR VOS TRANSPORTS PAR EAU
UN DEMI-SIECLE D'EXPERIENCE A VOTRE SERVICE

Armement Fluvial COBBAUT
S. P. R. L. SIEGE SOCIAL : **44, Quai de Brabant, CHARLEROI**
Tél. : 10103 (3 l.) - Reg. du Com. : Charleroi 27746 - Télégr. : COBBAUT

AGENCES : **La Louvière :** 99, rue des Forgerons. Tél. 713. **Hasselt :** 50, ch. de la Campine. Tél. 920. **Anvers :** 107, av. d'Italie. **Liége :** 2, rue Curtius. T. 181.44.

Correspondants dans les principaux ports tant en Belgique qu'à l'étranger.

AVANTAGE MAXIMUM - CONDITIONS LES MEILLEURES
EXECUTION RAPIDE ET SOIGNEE DE TOUS LES ORDRES

Qui dit Cobbaut, dit Transports par Eau

PAOUES, G., Ingénieur principal des Mines, à Bruxelles.

Cours d'exploitation des mines, par HATON DE LA GOUPILLIERE, Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines. — Quatrième édition, revue et considérablement augmentée par J. DE BERE, Inspecteur général des Mines, Vice-Président du Conseil général des Mines . . . . . 735 III

RAVEN, G., Directeur général des Mines, à Bruxelles.

Statistique des industries extractives et métallurgiques et des appareils à vapeur pendant l'année 1939 . . . . . 213 I

VAN OUDENHOVE, F., Ingénieur Chimiste attaché à l'Institut National des Mines de Frameries-Pâturages.

L'application de l'interféromètre aux analyses de gaz de mines de faible volume (environ 300 cc.) (en collaboration avec NENQUIN, G.) 59 I

VAN TIGGELEN, Ad., Docteur en Sciences chimiques, attaché à l'Institut National des Mines de Frameries-Pâturages.

Les grands problèmes actuels de la chimie de la houille, par E. MERTENS et J. MASSINON. 733 III

Généralités sur les réactions en chaines et sur les réactions photochimiques en phase gazeuse; leur application à la combustion du méthane . . . . . 773 IV

VERWILST, Y., Ingénieur civil des Mines, Directeur général de l'Association des Industriels de Belgique, à Bruxelles.

Note sur la méthode du prélèvement des torons dans les câbles plats d'extraction . . . . 641 III

TABLE GENERALE DES MATIERES

INSTITUT NATIONAL DES MINES, A FRAMERIES-PATURAGES

Rapport sur les travaux de l'année 1940 . . . . . Ad. Breyre 1 I

NOTES DIVERSES

Application de l'interféromètre aux analyses de gaz de mines de faible volume (environ 300 cc.). . . . F. Van Oudenhove et G. Nenquin 59 I

Le matériel électrique antigrisouteux à l'Institut National des Mines; l'expérience de 10 ans (1930-1940) . . . . . Ad. Breyre et J. Fripiat 69 I

Accidents survenus en Belgique dans la fabrication ,l'emmagasinage et le transport des explosifs . . . H. Levarlet 465 II

Sur une installation de filtration et de stérilisation d'eau aux Charbonnages d'Hensies-Pommerœul . . L. Brison 491 II

Note sur la méthode du prélèvement des torons dans les câbles plats d'extraction . . . . . Y. Verwilst 641 III

Accidents survenus en Belgique dans la fabrication, l'emmagasinage et le transport des explosifs (première suite) . . . . . H. Levarlet 669 III

CHAUDRONNERIES ET
ATELIERS DE CONSTRUCTION

Lucien XHIGNESSE & FILS

CONSTRUCTIONS METALLIQUES

CHARPENTES - PONTS - PYLONES - CHAUDIERES
RESERVOIRS - HANGARS BREVETES - TANKS

CHARPENTES METALLIQUES
CHATEAUX D'EAU

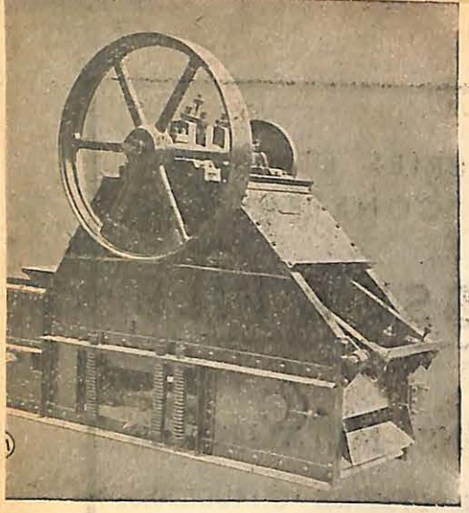
HANGARS DEMONTABLES POUR
L'AGRICULTURE ET AUTRE DESTINATION

CONSTRUCTEURS DES CHARPENTES DU GRAND PALAIS DE LA VILLE DE LIEGE A L'EXPOSITION DE L'EAU 1939

FOURNISSEURS DES PRINCIPAUX CHARBONNAGES DE BELGIQUE

SOCIETE ANONYME **ANS-LIEGE (Belgique)**

TELEPHONE : 601.79 — TELEGR. : ATELIERS XHIGNESSE-ANS

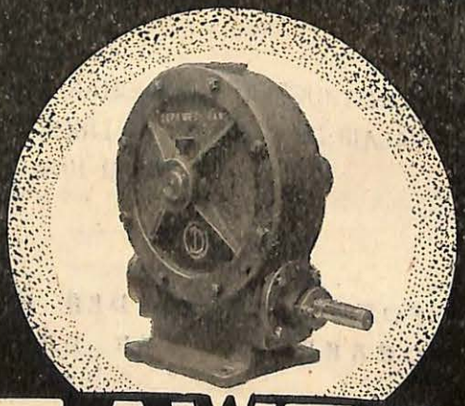


LES ATELIERS METALLURGIQUES DE NIVELLES

SOCIETE ANONYME

CONCASSEUR

Locomotives, Wagons et voitures
Ponts et Charpentes, Appareils de levage et de manutention,
Aciérie, Chaudronnerie, Ressorts,
Matériel minier, Galvanisation,
etc..., etc...



DEFAWES

ENGRENAGES . REDUCTEURS DE VITESSE
ATELIERS JEAN DEFAWES A GAND
2 PASSAGE D'YPRES ET 1BIS RUE WAERSCHOOT - TEL. 11408.

J.C.D.6-38

Sur l'aveuglement d'une venue d'eau par injection de sciure de bois au siège de Tertre des Charbonnages du Hainaut . . . . . L. Brison 693 III

Généralités sur les réactions en chaînes et sur les réactions photochimiques en phase gazeuse; leur application à la combustion du méthane . . . . . Ad. Van Tiggelen 773 IV

Note sur les différences de pression entre puits dans les mines aérées par ventilateurs souterrains . . . R. Lefevre 803 IV

Sélection professionnelle. — Examen psychotechnique . . . . . F. Mercx 849 IV

A propos de l'industrie belge du zinc au début du XIXe siècle . A. Dony 879 IV

Un indicateur de position pour balances hydrauliques . . . . . F. Corin 891 IV

CHRONIQUE

L'évolution des méthodes d'exploitation dans nos mines (extrait de la *Revue Universelle des Mines*) . Ad. Breyre 533 II

Les locomotives Diesel dans les mines grisouteuses en Belgique (extrait de la *Revue Universelle des Mines*) . . . . . Ad. Breyre 557 II

Le sauvetage dans les mines; les centrales minières de sauvetage en Belgique; leur organisation. Quelques exemples d'interventions heureuses . . . . . Ad. Breyre 699 III

20 ans d'emploi des explosifs gainés en Belgique . . . . . Ad. Breyre 713 III

L'Administration des Mines; sa place dans les industries extractives . G. Des Enfans 899 IV

CONSEIL DES MINES

Jurisprudence du Conseil des Mines, tome XVIe, IIe partie, année 1940 . . . . . A. Hocedez 497 II

STATISTIQUES

Statistique des industries extractives et métallurgiques et des appareils à vapeur en Belgique pendant l'année 1939 . . . . . G. Raven 213 I

Tableau des mines de houille en activité dans le Royaume de Belgique au 1er janvier 1941 . . . . . 573 II

BIBLIOGRAPHIE

Gründlagen der Errichtung electrischer. Anlagen in explosions gefahrdeten Betrieben. (Principes de la construction d'appareils électriques dans les installations sujettes à explosion), par le Dr. Muller-Hildebrand . . . . . Ad. Breyre 461 I

Les grands problèmes actuels de la chimie de la houille, par E. Mertens et J. Massinon . . . . . Ad. Van Tiggelen 733 III

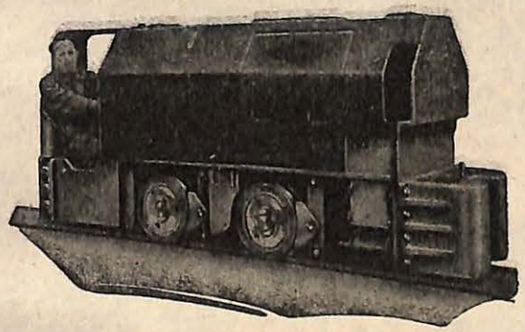
Cours d'exploitation des mines, par Haton de la Goupillère, 4e édition, tome 5 . . . . . G. Paques 735 III

L'utilisation de la chaleur ambiante comme force motrice, par E. Guarini . . . . . 737 III

Tableaux et abaques pour le calcul rapide des charpentes métalliques, par H. Schnadt . . . . . 927 IV

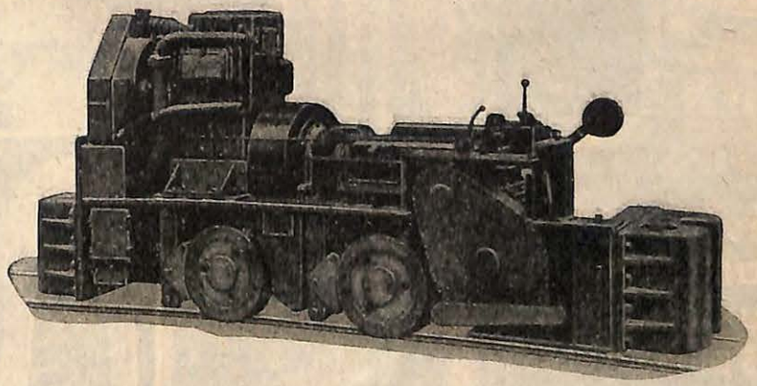
MOTEURS MOËS
Société Anonyme
WAREMME

LOCOMOTIVES DIESEL
à huile lourde, type mine et surface
pour toutes voies étroites et normales



LOCOMOTIVES MOES
TYPE MINE

Modèle DLM 2
de 28/33 CV
Modèle DLM 3
de 42/48 CV
Modèle DLM 4
de 56/66 CV



LOCOMOTIVE MOES. — Type mine, décapotée, montrant le moteur, boîte de vitesses et différents organes.

MACHINES AGREEES PAR L'INSTITUT NATIONAL DES MINES DE PATURAGES

cette soudure réalisée avec les
ÉLECTRODES
ALFLEX
résiste parfaitement aux efforts les plus sévères!!
c'est un produit de
L'AIR LIQUIDE, S.A.

Mécanique de l'écoulement turbulent des fluides, par B. A. Bakhmeteff . . . . . 927 IV

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

Législation sociale :

CONTRAT DE TRAVAIL

Arrêté du 12 juin 1941 : engagement des travailleurs dans les exploitations houillères . . . . . 739 III

PREMIERS SOINS MEDICAUX

Arrêté du 27 décembre 1940 : modification des dispositions relatives aux boîtes de secours . . 743 III

CONGES PAYES

Arrêté du 28 mai 1941 complétant l'article 17 de l'arrêté royal du 8 décembre 1938 . . . . . 745 III

Arrêté du 15 juillet 1941 pris en exécution de l'arrêté du 28 mai 1941 : fractionnement des congés dans l'industrie charbonnière . . . . . 747 III

Arrêté du 15 juillet 1941 portant dérogation, pour l'industrie charbonnière, à l'article 15 de l'arrêté royal du 8 décembre 1938 . . . . . 748 III

REGIME DE RETRAITE DES OUVRIERS MINEURS

Arrêté du 23 août 1941 : modification des dispositions relatives aux allocations pour enfants . 929 IV

Arrêté du 25 août 1941 : Octroi d'un supplément temporaire de pension . . . . . 931 IV

POLICE DES MINES

Puits et circulation dans les puits :

Circulaire du 8 avril 1941 . . . . . 934 IV

Ciruclaire du 13 mai 1941 . . . . . 935 IV

Utilisation de ventubes :
Circulaire du 30 juillet 1941 . . . . . 937 IV

Chantiers abandonnés :
Circulaire du 20 août 1941 . . . . . 939 IV

Coups d'eau :
Circulaire du 9 juin 1941 . . . . . 942 IV

Disjoncteurs automatiques :
Circulaire du 24 octobre 1941 . . . . . 943 IV

Explosifs :
Arrêté du 9 juillet 1941 autorisant certaines dérogations en matière de transport d'explosifs . . 749 III

Circulaire du 13 octobre 1941 sur l'emploi des explosifs . . . . . 940 IV

PERSONNEL

Répartition du personnel et du service des Mines. — Noms et lieux de résidence des fonctionnaires. — 1er avril 1941 . . . . . 621 II

ARRETES SPECIAUX

Extraits d'arrêtés pris en 1940 concernant les mines . . . . . 463 I

AMBTELIJKE BESCHEIDEN

Sociale Wetgeving :

ARBEIDSCONTRACT

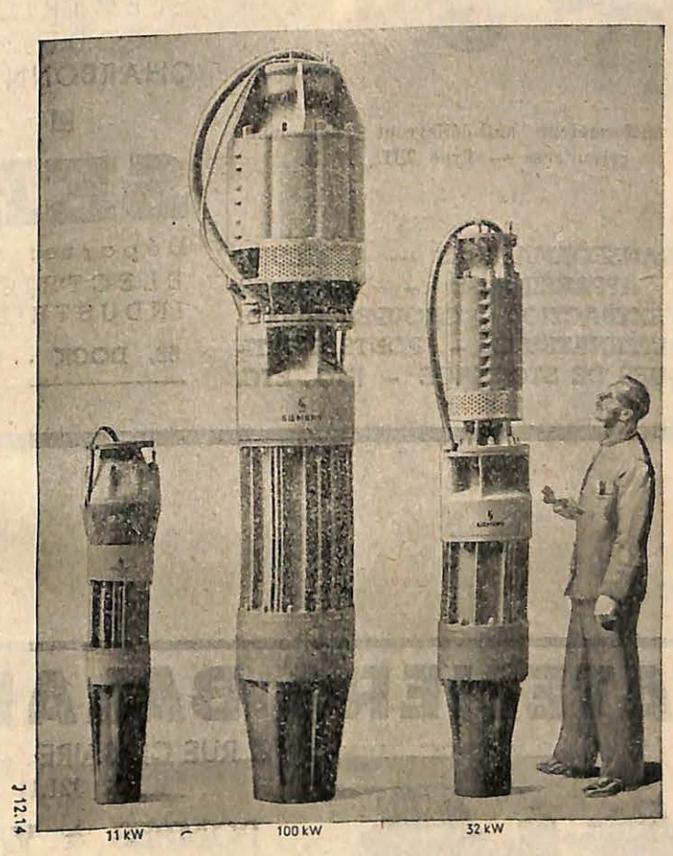
Besluit van 12 Juni 1941 : aanwerving der arbeiders der steenkolnmijnen . . . . . 753 III

EERSTE MEDISCHE HULPMIDDELEN

Besluit van 27 December 1940 : Wijzgingen van de bepalingen betreffende de verbandtrommels 757 III

SIEMENS

Pompes Immersibles

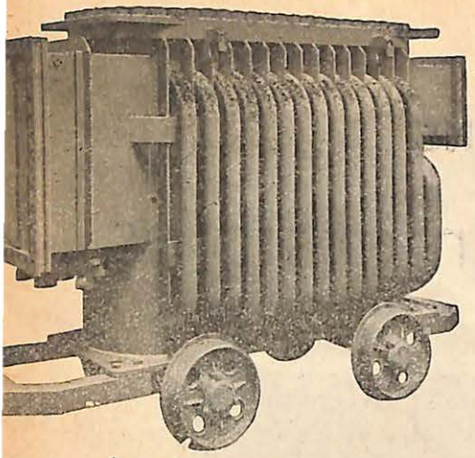


Pour tous débits et pressions

Pour toutes les profondeurs d'immersion

Une expérience de plusieurs années dans différents cas d'application assure un service irréprochable.

SOCIÉTÉ ANONYME SIEMENS
DÉPARTEMENT SIEMENS SCHUCKERT
CHAUSSÉE DE CHARLEROI, BRUXELLES - TÉLÉPHONE 37.31.00



Transformateur anti-déflagrant pour mine grisouteuse — Type TID. 27 R.

TRANSFORMATEURS -- MOTEURS -- APPAREILLAGE -- MACHINES D'EXTRACTION -- GROUPES TURBO-ALTERNATEURS -- PONTS PORTIQUES DE STOCKAGE -- ETC., ETC.

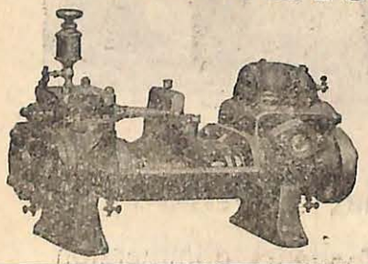
TOUT EQUIPEMENT ELECTRIQUE DE CHARBONNAGE

SEM

Département : ELECTRICITE INDUSTRIELLE

50, DOCK - GAND

ATELIERS BALANT



12, RUE CHISAIRE — MONS

Tél. 321.11

POMPES à VAPEUR et à AIR COMPRIME

Matériel de Mines et Carrières.
Pièces de rechange toujours en stock.
Fabrication de toutes pièces mécaniques.

BETAALDE VERLOFDAGEN

Besluit van 28 Mei 1941 tot aanvulling van artikel 17 van het Koninklijk Besluit dd. 8 December 1939 . . . . . 759 III

Besluit van 15 Juli 1941 getroffen in uitvoering van het besluit van 28 Mei 1941 : verdeeling der verlofdagen in de steenkolen nijverheid . . 761 III

Besluit van 15 Juli 1941 tot wijziging van artikel 15 van Koninklijk besluit dd. 8 December 1938, wat betreft de steenkolen nijverheid . . . . 762 III

PENSIOENSTELSEL DES MIJNWERKERS

Besluit van 23 Augustus 1941 : Wijzigingen der bepalingen betreffende de kindertoeslagen . . . 947 IV

Besluit van 25 Augustus 1941 : Tijdelijke toelage van pensioen . . . . . 949 IV

MIJNPOLITIE

Toegangswegen en schachten :

Omzendbrief van 8 April 1941 . . . . . 952 IV

Omzendbrief van 13 Mei 1941 . . . . . 953 IV

Gebruik van ventubes :

Omzendbrief van 30 Juli 1941 . . . . . 955 IV

Verlaten houwplaatsen :

Omzendbrief van 20 Augustus 1941 . . . . . 957 IV

Waterdoorbraken :

Omzendbrief van 9 Juni 1941 . . . . . 960 IV

Zelfuitschakelaars :

Omzendbrief van 24 October 1941 . . . . . 961 IV

TABLE DES MATIERES

Table alphabétique des auteurs IV

Table générale des matières IV

SOMMAIRE DE LA 4e LIVRAISON, TOME XLII

NOTES DIVERSES

Généralités sur les réactions en chaines et sur les réactions photochimiques en phase gazeuze; leur application à la combustion du méthane . . . . . Ad. VAN TIGGELEN 773

Note sur les différences de pression entre puits dans les mines aérées par ventilateurs souterrains . . . . . R. LEFEVRE 803

Sélection professionnelle. — Examen psychotechnique . . . F. MERCX 849

A propos de l'industrie belge du zinc au début du XIXe siècle . A. DONY 879

Un indicateur de position pour balances hydrauliques . . . F. CORIN 891

CHRONIQUE

L'Administration des Mines; sa place dans les industries extractives . . . . . G. DES ENFANS 899

BIBLIOGRAPHIE

Tableaux et abaques pour le calcul rapide des charpentes métalliques, par H. SCHNADT 927

Mécanique de l'écoulement turbulent des fluides, par B. A. BAKHMETEFF 928

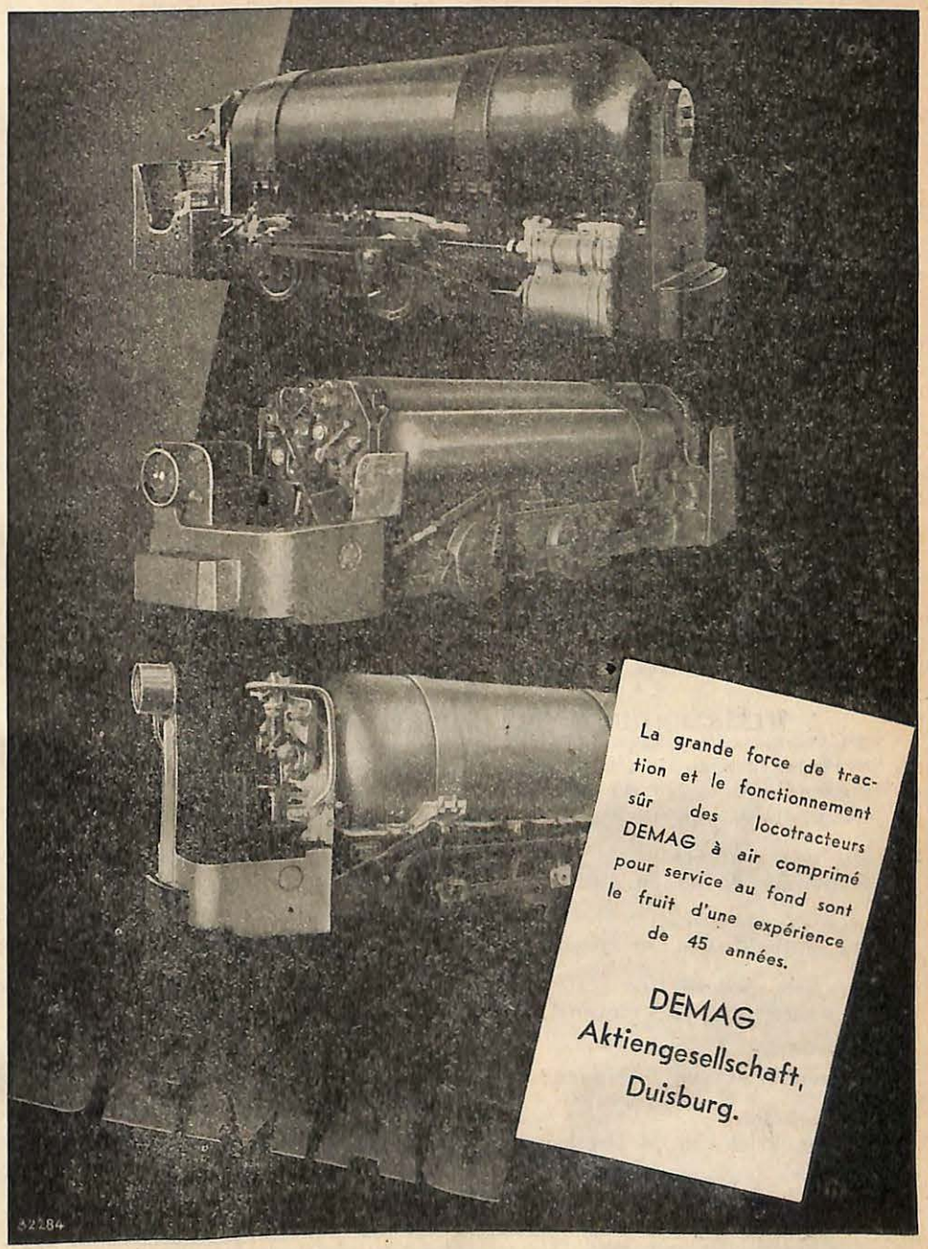
DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

RETRAITE DES OUVRIERS MINEURS

Arrêté du 23 août 1941 : Allocations pour enfants 929

Arrêté du 25 août 1941 : Supplément temporaire de pension . . 931

LOCOTRACTEURS A AIR COMPRIME A UN OU PLUSIEURS RESERVOIRS



Représentants pour la Belgique et le Congo Belge :

O. F. WENZ, 107, avenue Dailly, Bruxelles 3.

Installations d'air comprimé, outillage des mines.

Edmond OCHS, Industriel, Seraing.

Pelles universelles, engrenages, grues, palans électriques et ponts roulants de tous types, etc...

CIRCULAIRES MINISTERIELLES

Puits et circulation du personnel dans les puits :
Circulaire du 8 avril 1941 934
Circulaire du 13 mai 1941 935

Utilisation de ventubes :
Circulaire du 30 juillet 1941 937

Chantiers abandonnés :
Circulaire du 20 août 1941 939

Emploi des explosifs :
Circulaire du 13 octobre 1941 940

Coups d'eau :
Circulaire du 9 juin 1941 942

Disjoncteurs automatiques :
Circulaire du 24 octobre 1941 943

AMBTELIJKE BESCHEIDEN

PENSIOENSTELSEL DER MIJNWERKERS

Besluit van 23 Augustus 1941 : Kindertoeslagen 947
Besluit van 25 Augustus 1941 : Tijdelijk toelage van pensioen. 949

MINISTERIEELE OMZENDBRIEVEN

De toegangswegen en de schachten :
Omzendbrief van 8 April 1941 952
Omzendbrief van 13 Mei 1941 953

Gebruik van ventubes :
Omzendbrief van 30 Juli 1941 . . . . . .

Verlaten houwplaatsen :
Omzendbrief van 30 Augustus 1941 957

Gebruik van springstoffen :
Omzendbrief van 13 October 1941 958

Waterdoorbraken :
Omzendbrief van 9 Juni 1941 960

Zelfuitschakelaars :
Omzendbrief van 24 October 1941 961

TABLES DES MATIERES

Table alphabétique des auteurs 964
Table générale des matières 968

POUDRERIES REUNIES DE BELGIQUE S.A.

6, PLACE STEPHANIE

Téléphone : 11.43.94 (3 lignes). Télégrammes : « Robur ».

DYNAMITES

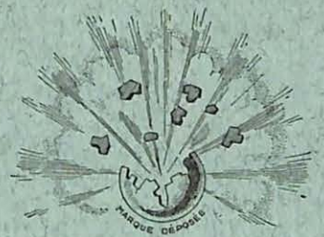
Explosifs S.G.P. et gainés pour mines grisouteuses

Explosifs brisants avec ou sans nitroglycérine

Explosifs pour abatages en masse par mines profondes

Détonateurs

Exploseurs



Mèches de sûreté

SOCIETE GENERALE DE MATERIEL D'ENTREPRENEURS

57, RUE DE L'EVEQUE, ANVERS

Tél. : Anvers 345.59 - 345.99 Adr. télégr. : « Thommen » Anvers

Usines et Fonderies à Hérenthals

MATERIEL MODERNE POUR TRAVAUX PUBLICS ET PRIVES

Bétonnières mécaniques « ROLL », « NEO-ROLL », « NEO-KIP » **Monte-charges** « EXE » et « BOB » fixes et mobiles, d'une puissance de 250 à 1,000 kg. — **Grues à Tour.** d'une puissance de 250 à 3,000 kg. **Grues** « DERRICK » pour charges de 250 à 10,000 kg. — **Treuils** à moteurs et à main, de toute puissance. — **Doseurs** de gravier, sable et ciment. — **Transporteurs** à ruban et à godets. — **Mâts** et **Elévateurs à béton.** — **Vibro-finisseurs** pour routes et pistes cyclables en béton. — **Matériel complet** pour la construction de **routes en béton** et **en asphalte.** — **Rouleaux-compresseurs** automatiques « DIESEL ». — **Vibrateurs électriques** et **mécaniques** pour tous produits en béton. — **Presses** « AMA » à main et à moteur, pour agglomérés pleins ou creux. — **Presses à dalles** « AMA ». — **Loco-tracteurs,** à huile lourde, pour voie étroite. — **Broyeurs.** — **Pompes** à diaphragmes et centrifuges. — **Moteurs.** — **Compresseurs rotatifs.** — **Petit outillage** pour bétonneurs.

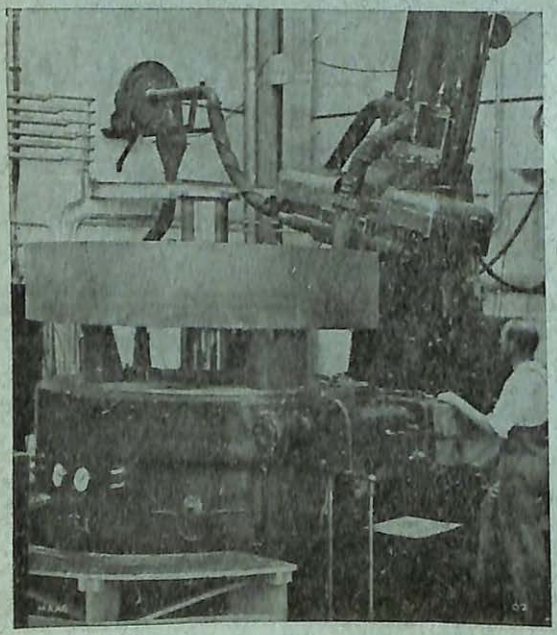
ATELIERS DE CONSTRUCTION

MAISON BEER, S. A.

JEMEPPE-LEZ-LIEGE

CONCASSEUR A MACHOIRES

PRINCIPALES SPECIALITES : Transports aériens. - Bennes automotrices. - Trainages mécaniques. - Mises à terril. - Grues à vapeur et électriques. - Ponts roulants et élévateurs. - Triages et lavages de charbons. - Fabriques d'agglomérés. - Concasseurs et broyeurs. - Appareils de déchargement. - Convoyeurs et transporteurs. - Ventilateurs de mines.



LA PLUS GRANDE MACHINE DU MONDE!...
...pour la rectification d'engrenages après trempe jusqu'à 3 m. 60 de diamètre et 1 m. de largeur

LA SUPERIORITE...
par LA SPECIALITE

POUR TOUS...
PROBLEMES D'ENGRENAGES
CONSULTEZ-NOUS !

Références mondiales

Société Anonyme
des
ENGRENAGES
MAAG
ZURICH - SUISSE

Ad. BAILLY
60, av. Prince de Ligne
BRUXELLES
Tél. : 44.19.53