

SERVICE DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

MONOGRAPHIES D'ACCIDENTS

---

LES

# Asphyxies par les gaz des hauts-fourneaux

---

REVUE ANALYTIQUE ET CRITIQUE

DES

**Accidents survenus en Belgique de 1906 à 1911**

PAR

AD. BREYRE,

Ingénieur au Corps des Mines,

Attaché au Service des Accidents miniers et du Grisou, à Bruxelles.

---

**Avant-propos. — But et division du travail.**

**Ses conclusions générales (1)**

On ne peut malheureusement pas prétendre à la suppression de *tous* les accidents du travail dans l'industrie en général et notamment dans les industries minière et métallurgique.

Ces manifestations de l'activité humaine portent, en effet, en elles, des dangers qui y sont inhérents, et, quelque effort que l'on fasse pour les écarter, on ne peut toujours les éviter absolument.

---

(1) Par V. WATTEYNE, Inspecteur général des mines, Chef du Service des Accidents miniers et du grisou.

Cependant, il est souvent possible, par une étude soignée des causes d'accidents, de trouver les moyens de conjurer ceux-ci, soit en écartant les causes elles-mêmes, soit en les neutralisant en quelque sorte par d'autres mesures appropriées.

C'est pour aider à la recherche de ces moyens que le Service des Accidents miniers et du grisou a entrepris ces monographies où, groupant les accidents par catégories, on peut mieux mettre en lumière leurs causes et entrevoir les dispositions propres à les combattre.

Ces monographies donnent aussi l'occasion de faire connaître à tous les intéressés tels ou tels dispositifs qui ont été imaginés et appliqués dans certaines mines ou certains établissements, qui y ont déjà fait leurs preuves, mais qu'on n'emploie pas ailleurs simplement parce qu'on n'en a pas connaissance.

Maints accidents arrivent ainsi, véritablement par ignorance, faute d'une vulgarisation assez rapide, l'enseignement technique lui-même ne pouvant suivre d'assez près toutes les innovations faites, à des points de vue spéciaux, dans de nombreux établissements, où elles sont dues à l'initiative de leur Direction ou de leur personnel technique.

Il en est ainsi notamment quand quelque transformation d'une certaine importance s'est accomplie dans le travail ou les procédés.

Il est rare que ces transformations n'amènent pas avec elles, à côté de perfectionnements plus ou moins notables, des dangers nouveaux, que l'on reconnaît surtout par la douloureuse expérience d'accidents plus fréquents ou d'une nature nouvelle.

Tel a été le cas pour l'industrie métallurgique à la suite des progrès accomplis dans l'utilisation des gaz des hauts-fourneaux.

Le haut degré de toxicité de l'oxyde de carbone qui constitue l'élément utile de ces gaz et qui, après épuration, en forme les 20 à 30 % du volume, la rapidité avec laquelle ce gaz, même dilué, apporte des désordres graves dans l'organisme humain, font que les manipulations et l'adduction de ces gaz depuis la sortie des hauts-fourneaux jusqu'aux endroits d'utilisation, y compris ces deux points, occasionnent des dangers redoutables pour le personnel.

Et, en fait, ces dangers se sont manifestés, dans ces dernières années, par des asphyxies relativement fréquentes, dont quelques unes ont été particulièrement meurtrières.

Il importait de rechercher, par l'étude de ces accidents, et par l'examen comparé des procédés employés dans les divers établissements, s'il n'était pas possible, par l'emploi raisonné et approprié aux circonstances locales, des meilleurs de ces procédés, de combattre cette cause relativement nouvelle d'accidents et de rendre ceux-ci moins fréquents et moins meurtriers.

Nous avons chargé M. l'Ingénieur Breyre de cette étude.

Mais pour que celle-ci pût donner tout son effet utile, il importait de l'étendre hors du pays, tout au moins dans une région voisine, où l'industrie du fer a reçu un développement considérable et où les mêmes causes ont amené, à diverses reprises, les mêmes effets désastreux, poussant ainsi les industriels à rechercher les meilleurs dispositifs propres à améliorer la situation.

En conséquence, à notre demande et sur la proposition de M. Dejardin, Directeur général des mines, M. Breyre fut chargé par M. le Ministre de l'Industrie et du Travail, de visiter, dans cet ordre d'idées, les principales usines du Grand-Duché de Luxembourg, de la Lorraine et du département de Meurthe-et-Moselle.

Grâce à l'obligeance de MM. les Administrateurs et Directeurs de ces usines, notre collaborateur a pu y recueillir des renseignements d'un haut intérêt, qui groupés avec ceux recueillis dans les usines de notre pays et les résultats de l'étude attentive des accidents survenus dans celles-ci, permettent dès à présent de mettre en lumière certains dispositifs ou procédés, et de donner certaines indications qui sont susceptibles, croyons-nous, de rendre des services à nos industriels et de leur faciliter la lutte contre les dangers redoutables signalés.

Dans le travail qu'on va lire, M. Breyre a, se conformant à la méthode que nous avons indiquée et suivie dès le début des *Etudes sur les Accidents*, faites par nous-même ou sous notre direction, depuis une quinzaine d'années, subdivisé les accidents survenus dans la période quinquennale envisagée (de 1906 à 1911), en diverses catégories, qui sont examinées séparément. Les enseignements qui résultent de cet examen et l'exposé des procédés qui s'y rapportent sont signalés à la suite des résumés des accidents des diverses catégories; ces résumés eux-mêmes ont été rédigés avec assez de développement pour qu'aucune particularité instructive ne soit omise et que les enseignements donnés par ces pénibles expériences ne soient pas perdus. Les observations judicieuses, présentées, dans les Comités d'arrondissement, par MM. les Ingénieurs des Mines, y sont aussi consignées et donnent à ces résumés un surcroît d'intérêt.

Les accidents ont été divisés en cinq catégories :

La première comprend les asphyxies survenues en plein air, à proximité des appareils produisant ou conduisant les gaz ;

La deuxième s'occupe des accidents survenus dans des galeries ouvertes ;

La troisième signale diverses asphyxies dont ont été victimes des ouvriers occupés aux chaudières alimentées par les gaz ;

La quatrième catégorie comprend des accidents divers qui ne rentraient pas facilement dans les autres catégories ;

La cinquième, de beaucoup la plus importante, au point de vue des enseignements à en tirer et des améliorations à introduire, traite des asphyxies dans les canalisations.

Pour la facilité des lecteurs, nous donnons, dès à présent, quelques indications sommaires sur les conclusions que l'auteur tire de son étude.

Les premières catégories comportent peu d'enseignements *généraux*. La lecture des résumés et des considérations qui les suivent est néanmoins très instructive et est susceptible de suggérer, dans chaque cas en particulier, des mesures destinées à conjurer le retour, au moins d'une partie de ces accidents. Plusieurs d'entre eux sont la conséquence d'imprudences flagrantes ou d'un malheureux concours de circonstances qu'on est pratiquement impuissant à éviter.

Le défaut d'étanchéité de certains joints et des vannes occasionne des dangers nombreux. M. Breyre étudie à fond cette question à propos de la cinquième catégorie.

Les asphyxies survenues près des gueulards des hauts-fourneaux font désirer l'aménagement de ceux-ci de façon à réaliser autant que possible le chargement automatique, écartant absolument le personnel du point dangereux.

Il est recommandé, lorsque la commande des cloches ou des appareils doit se faire à proximité du gueulard, de placer le préposé à la commande des leviers, dans une cabine dont l'entrée serait opposée au gueulard.

La deuxième catégorie conduit à recommander de faire les prises d'air nécessaires aux moteurs plutôt à l'air libre

que dans les fondations, où des bouffées accidentelles, survenant pendant les arrêts, peuvent vicier l'air et le rendre dangereux pour les personnes qui seraient dans le cas d'y pénétrer.

A propos des accidents de la troisième catégorie, M. Breyre signale un danger spécial inhérent aux chaudières alimentées par les gaz des hauts-fourneaux : c'est le danger d'explosion dû au contact, avec les parois chaudes des chaudières et carneaux, du mélange explosible qui peut se former, lorsque l'afflux de gaz est coupé, par les rentrées d'air dans les conduites. Il signale sommairement quelques mesures propres à éviter ce danger.

Les accidents de la cinquième catégorie sont dus à la nécessité de pénétrer dans les conduites pour les nettoyages et certaines réparations.

C'est dans les accidents de cette nature surtout que l'art de l'ingénieur peut efficacement intervenir pour les prévenir dans la mesure du possible ; aussi, l'étude y relative a-t-elle été particulièrement développée.

Ainsi qu'il arrive pour la prévention de bien des accidents miniers, c'est, ici aussi, par la superposition de diverses mesures que l'on atteindra le plus haut degré possible de sécurité.

C'est ainsi que M. Breyre pose en principe que pour opérer la visite des tuyauteries avec sécurité, il faut :

- 1° Isoler convenablement la partie à visiter ;
- 2° L'assainir par une ventilation rationnelle et s'assurer de l'efficacité de celle-ci avant d'introduire les ouvriers ;
- 3° Organiser rationnellement le travail et le sauvetage éventuel.

L'auteur traite séparément ces trois points à la lumière des enseignements lui suggérés par les visites des principales usines de Belgique et des régions voisines.

La question difficile des fermetures étanches est étudiée

au primo et les industriels y trouveront l'exposé des dispositifs variés dont ils pourront s'inspirer et qu'ils approprieront aux circonstances particulières de leurs installations.

La ventilation des conduites et les moyens de s'assurer qu'elle a été efficace font l'objet du secundo.

Mais, ces mesures prises, le travail pouvant encore, malgré tout, présenter quelque danger, il y a lieu de l'organiser de manière à procurer aux ouvriers un secours immédiat et efficace en cas de menace d'asphyxie. Des indications sont données à ce propos sur les meilleurs appareils de sauvetage à employer.

La notice se termine par l'exposé des moyens employés pour opérer mécaniquement le nettoyage des tuyauteries.

Ce serait évidemment la meilleure solution du problème, si ces moyens étaient toujours réalisables et d'un emploi pratique.

Il ne faut pas désespérer de l'avenir, l'ingéniosité de nos Ingénieurs pouvant accomplir bien des progrès dans ce sens.

En attendant, nous pensons que les métallurgistes retireront quelque profit de la lecture du travail qui va suivre et dont nous venons d'esquisser le but, la division et le canevas des conclusions principales. Il en résultera, pensons-nous, un accroissement de sécurité pour les ouvriers occupés dans ces établissements, et les alarmes qu'ont provoquées, à bon droit, les accidents dus aux méthodes nouvelles, pourront ainsi, dans une certaine mesure, être dissipées.

Bruxelles, janvier 1912.

V. WATTEYNE.

## I

## Introduction. — Classification des accidents étudiés.

Durant ces dernières années, le danger d'asphyxie par les gaz de hauts-fourneaux s'est révélé plus redoutable et les cas se sont montrés plus fréquents. Il y a là, en partie, un effet de l'utilisation des gaz dans les moteurs : cette utilisation exige une épuration soignée, comportant nécessairement un réseau complexe d'appareils et de canalisations ; jadis le gaz, après passage dans une ou plusieurs caisses à poussières, pénétrait immédiatement aux Cowper, tout voisins des fourneaux, et aux chaudières placées le plus près possible ; actuellement, si l'épuration primaire, suffisante pour le gaz de chauffage (Cowper et chaudières), est restée groupée, autant que possible, contre le fourneau, il a fallu généralement disposer l'épuration secondaire à proximité de la salle des moteurs à gaz ; et si même il n'en est pas ainsi, il reste presque toujours la canalisation vers la salle des moteurs à gaz ; celle-ci est, en effet, le plus souvent écartée des abords trop encombrés des fourneaux. Le réseau des tuyauteries s'est donc fortement étendu ; par contre, comme nous le verrons plus loin, la fréquence des nettoyages n'est pas la même dans les différents tronçons.

L'épuration a elle-même augmenté la toxicité du gaz de haut-fourneau : en le refroidissant, elle augmente la densité et par conséquent le poids d'éléments toxiques contenu dans un même volume ; de plus, le lavage par l'eau retient une certaine quantité d'acide carbonique, d'où relèvement du pourcentage en oxyde de carbone. Ce dernier facteur

suffit à produire une différence appréciable dans la composition centésimale des gaz, comme le montre l'exemple ci-dessous pris dans une des plus importantes usines belges.

	Gaz du gueulard	GAZ ÉPURÉ PRIMAIRE		Gaz totalement épuré après les Theisen
		après le Zschocke	après le ventilateur	
Les o/o sont indiqués en volume.				
Co <sub>2</sub> . .	10.25	8.90	8.80	7.90
O . .	0.85	1.12	1.34	1.50
Co . .	20.50	21.35	21.30	21.90

Disons toutefois que dans d'autres usines, on ne constate pas une différence aussi grande entre le gaz épuré et le gaz brut.

Le gaz de haut-fourneau n'a pas du reste besoin de cette aggravation pour être éminemment dangereux ; si l'on songe que le gaz d'éclairage, déjà cause de tant d'accidents, ne contient que de 4.5 à 9 % d'oxyde de carbone, alors que le gaz de haut-fourneau en renferme de 20 à 30 %, on comprend la rapidité de l'intoxication, surtout si l'on note qu'il suffit de l'absorption de 1.1 litre de CO pour saturer l'hémoglobine du sang d'un adulte ; l'énorme proportion d'oxyde de carbone contenu dans le gaz de hauts-fourneaux explique la possibilité de trouver la mort dans un espace ouvert, en plein air, à proximité de ces gaz ; et de fait, on verra, par plusieurs des accidents que nous allons rapporter, que ce cas s'est produit plus d'une fois.

Un fait reste constant, c'est que généralement le gaz brut dégage des fumées et prévient de l'asphyxie ; il laisse le temps de se sauver aux ouvriers, qui ressentent un malaise préalable à l'asphyxie ; le gaz épuré, froid, ne dégage aucune fumée, est par conséquent invisible ; les ouvriers y tombent sans qu'ils aient eu le temps de s'apercevoir du danger qu'ils couraient.

Quelques accidents plus importants, survenus en 1909 et 1910, ont amené le Service des Accidents miniers et du Grisoù à étudier de près cette cause de morts d'homme et à rechercher des moyens préventifs.

Chargé de cette étude, nous avons, en vue de la mener à bonne fin, visité non seulement les principales usines du pays, mais aussi celles des pays voisins. Nous ferons connaître, au cours de notre travail, les enseignements résultant de ces visites.

La classification qui nous a paru la plus opportune est celle basée sur l'endroit, la partie de l'usine, où l'accident s'est produit. C'est ainsi que nous distinguons les asphyxies survenues :

- I. En plein air (6 accidents, 6 tués) ;
- II. Dans des galeries ouvertes (2 accidents, 2 tués) ;
- III. Aux massifs de chaudières alimentées par des gaz de hauts-fourneaux (2 accidents, 2 tués) ;
- IV. Dans des circonstances diverses (2 accidents, 3 tués) ;
- V. Dans les canalisations (3 accidents, 6 tués et 1 blessé).

## II

I<sup>re</sup> CATÉGORIE.

## Asphyxies en plein air.

(6 accidents : 6 tués)

N° 1. — *Société John Cockerill à Seraing. — 11 novembre 1908, 16 heures. — 1 tué. — P. V. Ing. Brien.*

Asphyxie par l'oxyde de carbone se dégageant de la maçonnerie d'un haut-fourneau.

## Résumé des circonstances de l'accident.

La cuve d'un haut-fourneau étant assez fortement corrodée, on la recouvrait extérieurement d'une chemise en maçonnerie, de 40 centimètres d'épaisseur. Les ouvriers occupés à cette besogne n'avaient nullement été incommodés pendant les travaux préparatoires (montage d'une nouvelle marâtre  $m_2$ , des échafaudages, enlèvement des tôles du second balcon, etc.) (fig. 1) ; mais il n'en fut pas de même pour le travail de maçonnerie proprement dit, des gaz s'échappant par les fissures de l'ancien revêtement. La veille de l'accident et le jour précédent, deux ouvriers et un surveillant avaient été intoxiqués ; on suspendit la soufflerie pendant le travail de maçonnerie proprement dit ; celui-ci avait été arrêté à 12 1/2 heures et la soufflerie remise en marche ; dans l'après-midi, on put remettre une partie des tôles du second balcon ; le manoeuvre B... et le maçon L... avaient reçu mission d'évacuer les briques restées sur l'échafaudage, à l'aide d'un baquet que l'on descendait par un petit treuil. Vers 16 1/2 heures, la besogne terminée, et malgré l'ordre du surveillant transmis par L... B... resta sur l'échafaudage, probablement dans la crainte de recevoir une nouvelle besogne avant la fin de la journée qui, réglementairement, ne devait sonner qu'à 17 1/2 heures. A

17 h. 10, un autre ouvrier, dépêché une seconde fois par le surveillant, monta vers l'échafaudage, mais, voyant B... sur l'escalier en train de descendre, il rebroussa chemin et plus personne ne s'occupa de B...

Le lendemain matin, le cadavre de B... fut trouvé sur l'échafaudage, couché sur le ventre, à un endroit où les tôles du second

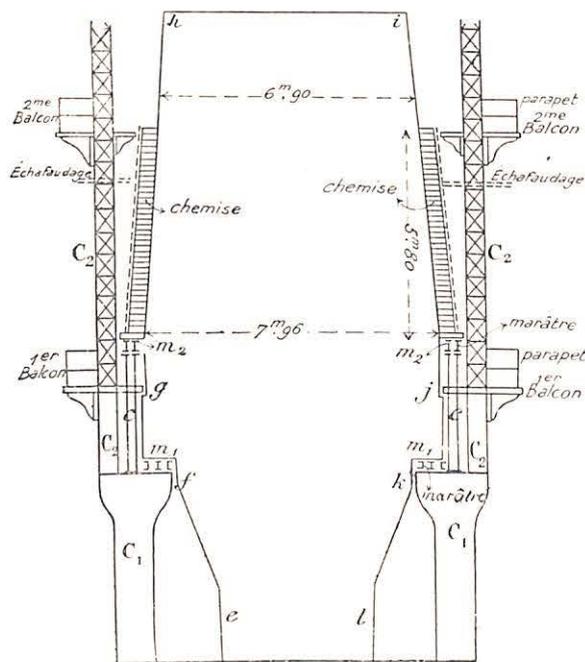


Fig. 1.

e, f, g, h, i, j, k, l, profil extérieur du fourneau avant le travail en cours.

balcon (voir croquis) avaient été replacées l'après-midi, circonstance qui aura facilité l'accumulation de gaz en cet endroit.

Les attributions du personnel surveillant la réparation n'étaient pas bien nettement délimitées. Le Comité a rappelé que des travaux dangereux de cette espèce devaient être soumis à une surveillance active et continue; il convient d'organiser dans les usines un contrôle permettant de s'assurer si les ouvriers ont quitté l'établissement après la fin de leur journée.

N° 2. — Usines de la Providence, à Marchienne. — 19 février 1909, 1 heure. — 1 tué. — P. V. Ing. L. Hardy.

Ouvrier asphyxié en stationnant près de la valve d'admission de gaz d'un Cowper.

Résumé des circonstances de l'accident.

Un ouvrier, stationnant, sans y être appelé par ses fonctions, au pied d'un appareil Cowper (voir fig. 2), en D, à 2 mètres de la caisse d'admission des gaz, fut pris d'asphyxie et tomba couché sur le sol. Il ne s'est écoulé que 7 minutes entre le moment où l'ouvrier s'est

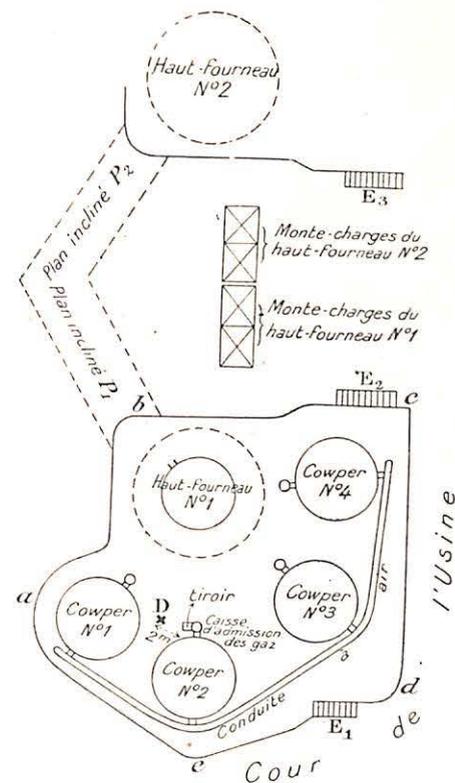


Fig. 2. — Plan des lieux de l'accident.

rendu à cet endroit et celui où son corps fut découvert. Il ne put être rappelé à la vie.

Le croquis 2 montre la disposition du massif du fourneau et des

Détails de la caisse d'admission des gaz au Cowper.

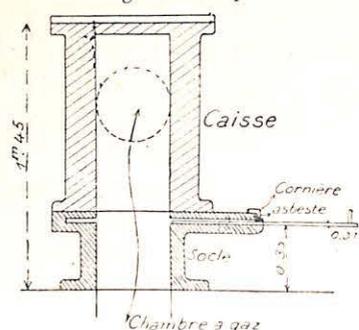


Fig. 3. — Élévation.

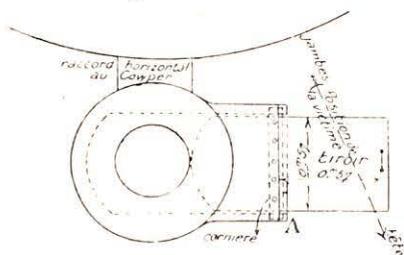


Fig. 4. — Plan.

N° 3. — Usines métallurgiques de Sambre-et-Moselle, à Montigny-sur-Sambre. — 5 avril 1909, entre 3 et 6 heures. — 1 tué. — P. V. Ing. A. Hardy.

#### Asphyxie dans un passage à ciel ouvert.

##### Résumé des circonstances de l'accident.

Un ouvrier a été retrouvé asphyxié dans un passage à ciel ouvert existant entre la halle de coulée et la salle des machines d'épuration des gaz; il s'était accroupi, en V (voir fig. 5 et 6), pour satisfaire un besoin naturel, au pied d'un poteau métallique. Un clapet *c* (fig. 7) d'un appareil épurateur  $E_1$ , situé à 15 mètres au nord (voir fig. 5) avait été laissé ouvert et le vent, soufflant du nord, avait chassé vers le couloir des bouffées de gaz s'échappant par ce clapet.

L'asphyxie a dû être très rapide: l'ouvrier avait quitté sa besogne, à la halle de coulée, vers 3 heures; un surveillant, passant quelques instants après, semit à sa recherche, traversa le couloir du nord au sud sans remarquer rien d'anormal: il est probable que l'ouvrier avait déjà succombé à l'asphyxie, sans quoi il eût vraisemblablement inter-

pelé le surveillant qu'il devait supposer être à sa recherche; celui-ci ne le remarqua pas et après avoir cherché vainement, croyant que l'ouvrier s'était caché, lui marqua une demi-journée d'absence. L'ouvrier fut retrouvé à 6 heures du matin par un ajusteur passant en P.

Cowper, surélevé de 2<sup>m</sup>30 par rapport à la cour de l'usine. Les croquis 3 et 4 donnent le détail de la caisse d'admission des gaz; un tiroir horizontal, formé d'une tôle de 10<sup>m</sup>/<sub>m</sub>, glisse dans un joint rendu plus ou moins étanche à l'aide d'une bande d'asbeste; le tiroir était ouvert dans la position d'admission du gaz au Cowper et laissait filtrer, malgré le bourrage, une légère quantité de gaz, visible le jour à cause de sa teinte bleuâtre. La nuit, cette fuite n'est pas visible.

L'accès du massif était interdit aux ouvriers non appelés par leur service et des affiches signalaient le danger.

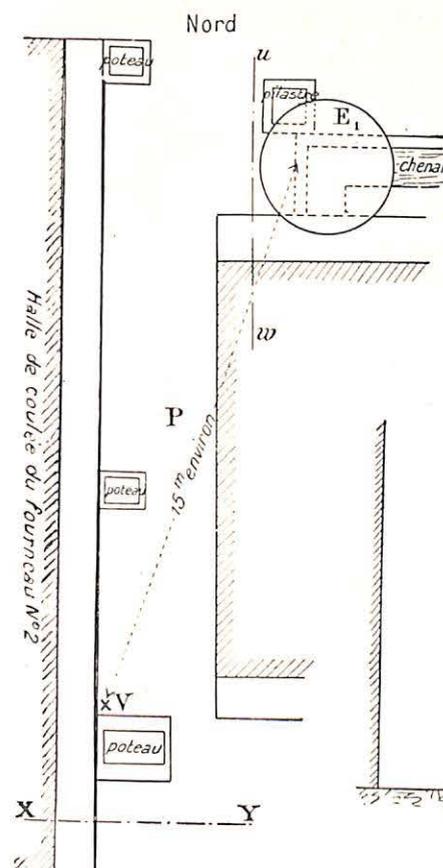


Fig. 5.

Disposition des lieux (en plan)

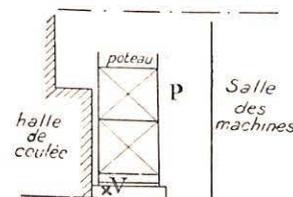


Fig. 6.

Coupe verticale par XY.

pelé le surveillant qu'il devait supposer être à sa recherche; celui-ci ne le remarqua pas et après avoir cherché vainement, croyant que l'ouvrier s'était caché, lui marqua une demi-journée d'absence. L'ouvrier fut retrouvé à 6 heures du matin par un ajusteur passant en P.

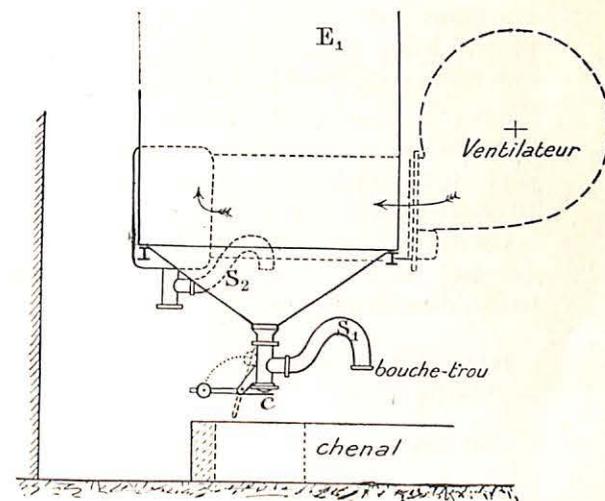


Fig. 7. — Coupe uv (agrandie)

Le clapet laissé ouvert servait à la vidange des boues d'un appareil Zschocke; il était à contrepoids, mais l'amplitude de levée de celui-ci étant supérieure à 90°, l'appareil pouvait être maintenu ouvert (voir croquis 7). L'appareil  $E_1$  ne fonctionnait pas la nuit et était isolé des autres; mais les vannes n'étaient sans doute pas complètement étanches.

Il existe des cabinets d'aisance à la division des hauts fourneaux.

N° 4. — Société anonyme des Acieries d'Angleur, usine de Sclessin (Tilleur). — 21 janvier 1910, 5 1/2 heures. — 1 tué. — P. V. Ing. A. Hallet.

Ouvrier asphyxié sur une taque recouvrant un canal souterrain de gaz.

Résumé des circonstances de l'accident.

Un ouvrier a été retrouvé asphyxié, couché sur une taque fermant une ouverture du canal souterrain amenant le gaz des hauts-fourneaux aux appareils Cowper. Cet ouvrier, qui avait été vu quelque temps auparavant endormi dans une baraque voisine, sera sans doute venu s'étendre sur cette taque pour se réchauffer. Une légère fuite, ayant l'importance de la fumée dégagée par une pipe de tabac, existait en un point de la circonférence de la taque, dont le joint était à l'amiante. La pression des gaz dans le canal est de 10 centimètres d'eau environ.

Les gaz du haut-fourneau sortent à une température de 125° du gueulard. Ils avaient, à l'endroit où la victime s'est étendue, une température de 100° environ.

N° 5. — Société anonyme d'Espérance-Longdoz, usine de Seraing. — 2 juillet 1910, 2 1/2 heures. — 1 tué. — P. V. Ing. Brien.

Asphyxie au gueulard du fourneau.

Résumé des circonstances de l'accident.

Le haut-fourneau n° 1 avait été remis à feu, dans les conditions normales, l'avant-veille de l'accident; on avait bientôt constaté que le joint de la double cloche du gueulard n'était pas étanche et laissait échapper du gaz, malgré une légère amélioration observée après qu'on eût redescendu quelque peu la cloche B, mal réglée (voir croquis 8). Dans la nuit du deuxième au troisième jour, l'ouvrier chargé de la manœuvre de la double cloche, actionnant le volant des appareils placé à la plateforme du gueulard, fut intoxiqué par l'oxyde de carbone, que le vent soufflait vers lui. Deux compagnons, occupés également au gueulard, mais qui s'étaient mis à l'abri, trouvant que la manœuvre durait longtemps, vinrent voir ce qui se passait et furent pris d'asphyxie en voulant porter secours à leur camarade. Le chargeur d'un fourneau voisin, voyant la fumée se dégager depuis un quart d'heure d'une façon anormale au fourneau

n° 1 dont les deux cloches étaient abaissées, donna l'alarme vers 2 1/2 h. du matin; on se porta immédiatement au secours des victimes au gueulard, où les gaz continuaient à s'échapper en abondance; un des sauveteurs fut lui-même intoxiqué; on arrêta la soufflerie, puis, dès qu'on eut ouvert le clapet de purge placé au-dessus du fourneau, à la partie supérieure de la prise de gaz, le dégagement de gaz toxique cessa.

Les ouvriers atteints d'asphyxie furent tous rappelés à la vie à l'exception du premier (manœuvrant la cloche), pour lequel tous les soins furent inutiles.

On pouvait actionner les cloches d'une cabine placée à 3 mètres sous le gueulard, mais on n'avait encore fait ces manœuvres que du

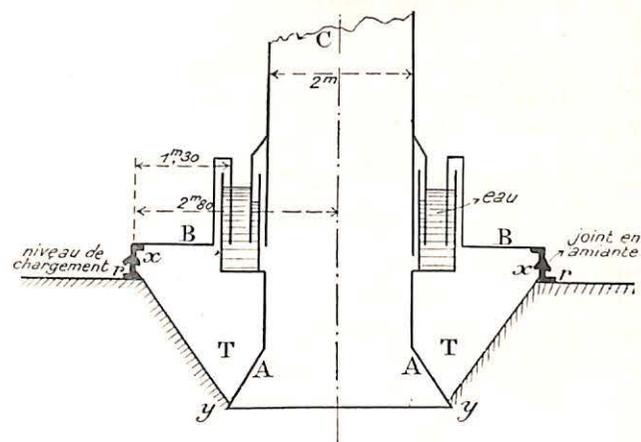


Fig. 8. — Schéma du dispositif de chargement.

plancher de chargement où l'on peut plus facilement observer le mouvement.

Après l'accident, on remarqua que la pression des gaz était plus forte que d'ordinaire (14 centimètres d'eau au lieu de 4 centimètres) par suite de l'encrassement d'une toile d'un épurateur Bian. Cette augmentation de pression se traduisait par un effort de 1,760 kilog. tendant à soulever la double cloche B pendant que A était ouvert, donc augmentant la fuite du joint  $\alpha$  en diminuant d'autant la pression sur celui-ci. Il est probable qu'au moment de l'accident, la charge s'était ancrée dans la trémie T, empêchant le relèvement de la cloche A.

Il est à remarquer qu'au moment de la mise à feu d'un haut-fourneau les gaz dégagés sont plus riches en oxyde de carbone ; le jour de l'accident ils avaient la teneur suivante :

	VOLUME	POIDS
CO <sub>2</sub>	8.8 %	13.4 %
CO	27.6	26.7

Au Comité d'accident, on a préconisé, pour soustraire les ouvriers aux émanations du gueulard pendant la manœuvre des cloches, de placer les appareils de commande dans une cabine vitrée dont la porte serait du côté opposé au gueulard.

N° 6. — Usines de la Providence (division de Dampremy). — 29 octobre 1911 vers 19 3/4 heures. — 1 tué, 2 blessés. — P. V. Ing. Dandois.

### Asphyxie au gueulard d'un fourneau.

#### Résumé des circonstances de l'accident.

Le jour de l'accident, un dimanche, diverses réparations avaient été effectuées au fourneau, dont on avait arrêté la soufflerie depuis 6 heures du matin jusque 7 heures du soir. Trois chargeurs du fourneau, qui avaient été occupés aux réparations, avaient quitté l'usine dans l'après-midi et devaient revenir à 18 heures.

Comme ils n'étaient pas rentrés à cette heure, le contremaître désigna deux autres ouvriers pour les remplacer ; la soufflerie n'étant pas encore remise en marche, ces ouvriers ne prirent pas de suite leur besogne ; un d'entre eux monta vers 18 h. 45 au gueulard pour introduire une charge dans le fourneau, puis redescendit, laissant les cloches dans la position indiquée au croquis 9.

Vers 19 heures, les trois chargeurs titulaires, accompagnés

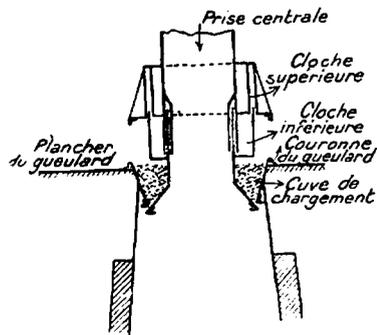


Fig. 9. — Coupe indiquant l'appareil de chargement du fourneau.

d'un jeune manœuvre, se présentèrent ivres à l'usine et, malgré l'interdiction d'un surveillant, montèrent au gueulard. Le surveillant entendit d'abord le bruit d'une berline sur le plancher de chargement. puis, ne percevant plus de bruit, il monta au gueulard avec les deux chargeurs remplaçant les titulaires. Ils trouvèrent deux ouvriers inanimés étendus (voir fig. 10) en D et en V, un troisième, le jeune manœuvre, étant agenouillé près de V et pleurant à chaudes

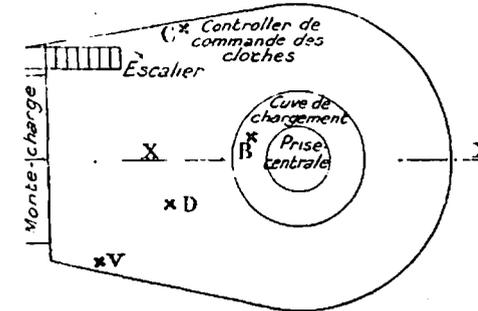


Fig. 10. — Vue en plan de la plate-forme du gueulard.

larmes. Ils ne virent pas le quatrième ouvrier et supposèrent qu'il était descendu ; ils descendirent les trois autres par le monte-charges ; on pratiqua la respiration artificielle sur les deux victimes que l'on ramena aisément à la vie ; vers 19 3/4 heures, l'un des chargeurs aperçut en B, dans la cuve de chargement du fourneau, le corps du quatrième ouvrier, déjà carbonisé en partie. La température, dans la cuve, est de 80 à 90°, mais de temps en temps on aperçoit des flammes provenant du gaz s'échappant du haut-fourneau.

Cet accident montre la facilité avec laquelle des ouvriers pris de boisson sont sujets à l'asphyxie. Les sauveteurs n'ont ressenti aucun malaise et aucune circonstance anormale n'augmentait le faible dégagement qui se produit toujours au gueulard.

### III

Les accidents qu'on vient de lire sont généralement dus à l'imprudence d'ouvriers stationnant, sans y être appelés par leur service, à des endroits dangereux ; il est impos-

sible dans leur construction actuelle, de maintenir étanches certaines vannes, aux alentours des Cowper notamment ; les accidents du 19 février 1909, 5 avril 1909 et 21 janvier 1910 sont des exemples de la rapidité de l'intoxication.

Ce danger de l'asphyxie en plein air ne peut être complètement supprimé ; quoi que l'on fasse, il existera toujours des endroits dangereux aux alentours du fourneau ; les fuites de gaz se marquent bien en plein jour par une fumée bleuâtre, invisible de nuit. La question des vannes sera examinée, d'une façon générale, dans la V<sup>me</sup> catégorie.

L'accident n° 5, survenu au gueulard, et qui faillit faire plusieurs victimes, appelle l'attention sur le danger des manœuvres au gueulard. Nous ne parlerons pas de l'accident n° 6, dû uniquement à l'imprudence des victimes, en état d'ivresse.

Les fourneaux tout-à-fait modernes, où tout personnel est supprimé au gueulard, grâce au chargement automatique, évitent radicalement ce danger d'asphyxie ; dans les fourneaux à simple cloche, la pratique d'allumer le gaz au moment de l'ouverture de la cloche diminue naturellement les chances d'asphyxie au moment le plus dangereux ; entre deux manœuvres, on jette sur le joint de la cloche du menu humide, assurant l'étanchéité à peu près complète.

Généralement, quand la manœuvre des cloches se fait sur la plate forme du gueulard, l'ouvrier chargé de cette manœuvre est protégé, par un écran, de l'afflux de fumées, au moment de l'ouverture ; une précaution à observer est d'avoir un double accès à la plate-forme du gueulard pour pouvoir l'atteindre en sécurité, quelle que soit la direction où chasse le vent.

La meilleure disposition serait de faire effectuer la commande des appareils dans une cabine dont l'entrée serait du côté opposé au gueulard.

## IV

II<sup>me</sup> CATÉGORIE

## Asphyxies dans des galeries ouvertes

(2 accidents : 2 tués)

N° 7. — Usines de la Providence, à Marchienne. — 3 janvier 1906, 17 heures. — 1 tué. — P. V. Ing. Renier.

Ouvrier asphyxié dans la galerie évacuant les eaux de décharge d'un Bian.

## Résumé des circonstances de l'accident.

Un ouvrier avait pénétré, pour satisfaire un besoin naturel, dans une galerie de quelques mètres, ouverte à ses deux extrémités, où se déchargeait l'eau tiède et boueuse d'un appareil d'épuration Bian. Quelques instants après, le ventilateur du Bian s'arrêta par suite

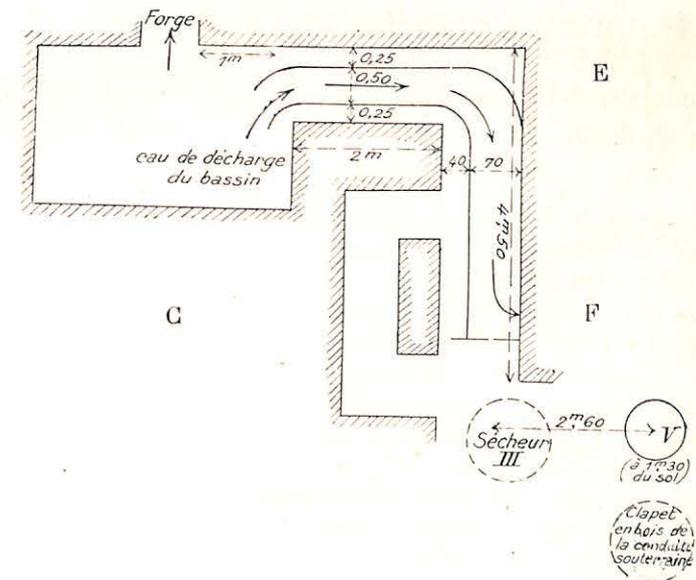


Fig. 11 — Vue en plan de la situation des lieux (la victime était dans la galerie EF).

d'un court-circuit et les clapets — notamment le clapet V, indiqué aux croquis 11 et 12 — de la canalisation s'ouvrirent, lâchant une

grande quantité de gaz dans l'atmosphère à proximité de la galerie. H... fut retrouvé asphyxié quelques minutes plus tard.

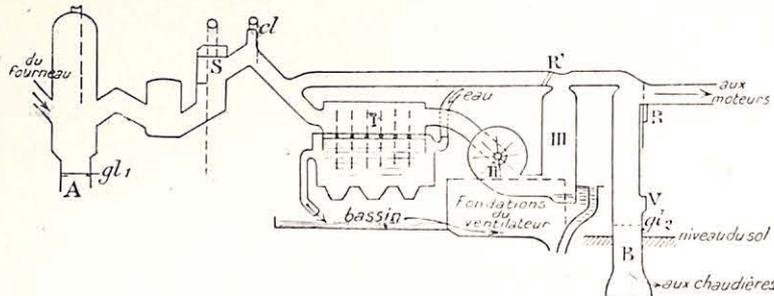


Fig. 12. — Coupe schématique approximative suivant CF.

La galerie avait quelques mètres de longueur et passait sous les fondations de l'appareil (voir croquis 11 et 12).

**N° 8.** -- Société d'Ougrée-Marihaye, à Ougrée, 12 août 1906, 6 heures. — 1 tué. — P. V. Ing. A. Hallet.

Asphyxie dans les fondations d'un moteur à gaz de haut-fourneau.

#### Résumé des circonstances de l'accident.

Le sous-sol du moteur est conditionné comme l'indique la coupe verticale ci-contre (fig. 13): la galerie G débouche à l'air libre par une ouverture de 1<sup>m</sup>70 de hauteur sur 1<sup>m</sup>37 de largeur; elle renferme le collecteur des gaz, la tuyauterie branchée pour alimenter le moteur et le tuyau de prise d'air de ce moteur; les deux tuyauteries d'air et de gaz arrivent côte à côte à la soupape de mélange M (voir fig. 13); le tuyau d'air a une vanne V' qui sert au réglage et reste constamment ouverte; le tuyau de gaz porte une vanne V, que l'on ferme quand on veut arrêter le moteur.

Pour cette opération, suivant les recommandations du constructeur (Ehrard et Schmer, de Sarrebruck), on ferme d'abord la vanne à gaz V, on interrompt le courant d'allumage, puis on ferme la vanne principale située à l'extérieur du bâtiment sur le collecteur du gaz. Le mélange gazeux restant dans le cylindre est évacué à l'air libre par un robinet dit de purge.

Le jour de l'accident — un dimanche — le moteur devait être arrêté pour subir quelques réparations; à 5 heures 50, le machiniste

de service opéra, comme il est dit ci-dessus, l'arrêt du moteur. A 6 heures, le machiniste H... arriva à l'usine, une heure trop tôt, par suite d'une erreur de sa part, et pénétra, pour se déshabiller, dans le sous-sol, comme il en avait l'habitude. A 6 3/4 heures, le second machiniste devant se rendre dans le sous-sol pour y prendre une clef, aperçut H... couché sur l'échelle E': il se sentit lui-même incommodé et dut appeler à l'aide pour enlever le corps de H... qui avait cessé de vivre.

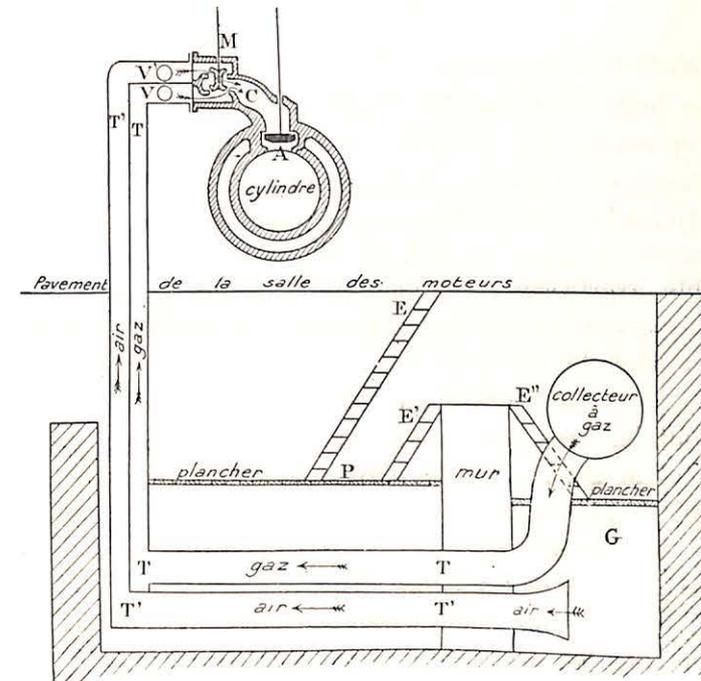


Fig. 13. — Schéma de la disposition du sous-sol de la salle des moteurs.

Au dire de plusieurs témoins, à chaque arrêt du moteur, une bouffée de mélange gazeux contenu dans la chapelle C sortait par le tuyau à air T' et rendait dangereux l'accès des galeries de fondation. C'est probablement ce qui s'est produit.

Pendant la marche du moteur, l'aspiration d'air par T' assurait une ventilation énergique du sous-sol dont l'accès n'offrait alors aucun danger.

Au Comité d'arrondissement, on a critiqué la prise d'air à l'intérieur des fondations, au lieu de l'opérer à l'air libre : de cette manière, la bouffée que les ouvriers avaient déjà remarquée n'aurait offert aucun danger (1).

La composition du gaz était la suivante :

CO <sub>2</sub> . . . . .	7
CO . . . . .	29
O . . . . .	1/4 à 1/2
N et H <sub>2</sub> O . . . . .	63.75

## V

Ces deux accidents sont survenus dans des circonstances fort spéciales. Le premier est le résultat d'une de ces imprudences difficiles à concevoir, car la galerie où l'ouvrier a péri était d'un accès malaisé et les boues de décharge du Bian répandent toujours une odeur désagréable avertissant suffisamment du danger ; le second s'est produit dans des circonstances très spéciales ; la leçon qui en découle est qu'il ne faut, dans les tuyauteries du sous-sol des moteurs à gaz, ménager aucune ouverture susceptible, dans des circonstances imprévues, de donner issue à du gaz ; la prise d'air nécessaire aux moteurs, notamment, doit se faire à l'extérieur des bâtiments.

A cette occasion, nous signalerons aussi que lorsque l'on installe dans les salles d'épuration ou des moteurs, des brûleurs pour être renseigné, par l'examen de la flamme, sur la pureté du gaz, il faut avoir soin de disposer ces brûleurs dans une cage vitrée avec hotte d'aspiration, pour écarter de la salle le gaz dégagé ; deux accidents survenus à l'étranger dans des conditions identiques doivent appeler l'attention sur ce point : dans les deux cas, un ouvrier, probablement endormi dans la salle dont il avait la surveillance, a été asphyxié par le mince filet de gaz

(1) Depuis l'accident, on a reporté à l'extérieur la prise d'air nécessaire au moteur.

qui a continué à s'échapper après que le brûleur s'était éteint par suite d'un à-coup de pression ou autre cause fortuite. Il faut donc adapter à ces brûleurs un dispositif qui assure l'allumage constant et mieux encore une hotte évacuant le gaz à hauteur suffisante à l'air libre.

## VI

III<sup>me</sup> CATÉGORIE

**Asphyxies aux massifs des chaudières alimentées  
par des gaz de hauts-fourneaux.**

(2 accidents : 2 tués)

Comme on le verra par la lecture de ces deux accidents, il eût été possible de n'en pas faire une catégorie spéciale ; le premier aurait pu rentrer dans la II<sup>e</sup> (asphyxie dans un espace ouvert), le deuxième est en somme un accident dans les canalisations des gaz, dont font partie les tubes-foyers des chaudières.

Mais nous avons cru plus utile de les grouper pour attirer l'attention sur les massifs de chaudières alimentées aux gaz.

**N° 9.** — *Société John Cockerill, à Seraing.* — 13 décembre 1907, 1 heure. — 1 tué. — *P. V. Ing. Brien.*

Asphyxie par le gaz alimentant les chaudières.

**Résumé des circonstances de l'accident.**

Une batterie de chaudières alimentées par du gaz de haut-fourneau, à 25 % de CO, est longée sur la devanture par une conduite, à fermeture hydraulique, appelée improprement *laveur*, *L*, par les ouvriers, représentée au schéma ci-dessus (fig. 14) et d'où partent les tuyaux vers les foyers de chaque chaudière. Le joint hydraulique a pour but d'évacuer les gaz en cas d'explosion ou d'à-coups de pression. Quand l'eau affleure à l'extérieur, la différence des niveaux est de 20 centimètres (fig. 15) ; en temps normal, la pression est de 8 à 12 centimètres. L'alimentation d'eau se faisait d'une façon discontinue, par des robinets que les chauffeurs devaient ouvrir en temps utile. Une toiture existe au-dessus des chaudières (fig. 16,

en coupe), mais la ventilation est très active grâce aux ouvertures nombreuses qui existent dans les murs du bâtiment.

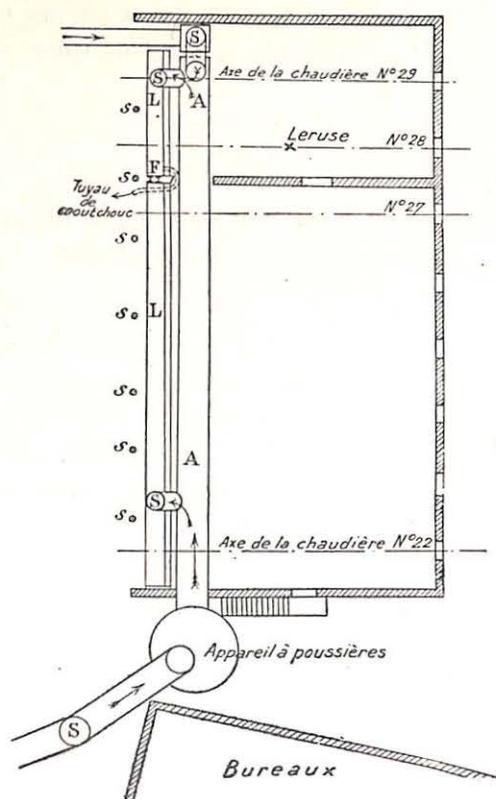


Fig. 14. — Vue en plan du massif des chaudières.

Vers minuit, un chauffeur ayant senti une odeur âcre, monta sur le massif des chaudières et s'aperçut qu'il n'y avait plus assez d'eau dans le joint hydraulique des chaudières 28 et 29, installées après les autres et dont le laveur, pour ce motif, ne communiquait pas avec celui du reste de la batterie; l'ouvrier ouvrit les deux robinets de remplissage et, pour hâter celui-ci, il se fit aider par un camarade pour amener un autre tuyau en caoutchouc, servant au nettoyage, à déverser également de l'eau dans le canal. Il ne reparla plus à ce camarade. Le chauffeur observa que la pression du gaz pro-

jetait l'eau au fur et à mesure qu'elle s'accumulait dans la rigole. Après une heure d'infructueux essais, il se rendit au haut-fourneau pour demander au chef-fondeur de diminuer la pression des gaz, ce que celui-ci fit en fermant partiellement une vanne. L'opération de remplissage se poursuivit plus régulièrement, mais sans réussite; à 1 1/2 heure, l'ouvrier, qui montait fréquemment sur le massif, se

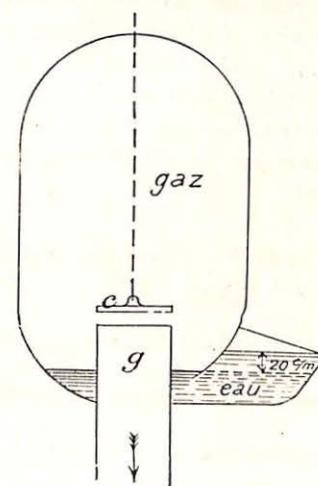


Fig. 15. — Coupe du laveur L.



Fig. 16. — Coupe transversale du massif.

sentant indisposé, se décida à prévenir l'ingénieur de service. L'alarme fut donnée, on ferma complètement l'arrivée des gaz et l'on retrouva sur l'aire supérieure de la chaudière 28 (fig. 14 en plan) à 5 ou 6 mètres du laveur, le cadavre de l'ouvrier Leruse qui avait aidé à placer le tuyau en caoutchouc.

Le chef de service n'avait pas adopté l'alimentation continue, parce que l'évaporation étant faible (l'eau a 30 à 35°), il préférait se fier à la vigilance du chauffeur que de compter exclusivement sur

l'alimentation d'un robinet sujet à se boucher, l'eau n'étant pas toujours propre.

Au Comité d'arrondissement, on a critiqué l'absence d'une alimentation continue du joint, avec trop plein, dispositif qui oppose une contrepression constante aux gaz. Avec le système discontinu employé, dès que le niveau baisse au point de ne plus faire équilibre à la pression des gaz, le restant de l'eau est projeté. Pour remettre les choses en état, il faut absolument arrêter la venue des gaz et reverser toute l'eau nécessaire, sans quoi la pression refoule constamment l'eau sans que le niveau de celle-ci puisse atteindre la hauteur d'équilibre.

N° 10. — Usines métallurgiques du Hainaut, à Couillet. — 16 février 1911, 15 1/4 heures. — 1 tué. — [P.-V. Ing. Velings.

Ouvrier asphyxié pendant le nettoyage d'une chaudière.

Résumé des circonstances de l'accident.

Un ouvrier a été retrouvé à l'état de cadavre dans un des tubes-foyers d'une chaudière en nettoyage. Les rapports des médecins-légistes qui ont fait l'autopsie et du chimiste qui a fait l'analyse du sang de la victime ont conclu catégoriquement à l'asphyxie par l'oxyde de carbone.

La chaudière faisait partie d'une batterie de 14 générateurs à chauffage mixte, c'est-à-dire qu'au dessus du foyer à charbon vient déboucher un tuyau de 35 centimètres de diamètre, amenant les gaz des hauts-fourneaux (voir fig. 17). Une vanne à glissière *c*, lutée à l'argile, isolait le tube-foyer de la conduite à gaz. De plus, on avait enlevé la maçonnerie de deux ouvertures de  $0^m62 \times 0^m51$  placées à l'arrière du générateur, ce qui mettait les carneaux en communication avec l'extérieur et créait un courant d'air dans les tubes-foyers dont les portes étaient ouvertes. Enfin le registre partiellement ouvert dans le carneau collecteur inférieur permettait une certaine aspiration de la cheminée.

Vers 14 3/4 heures, l'ouvrier V... s'était introduit dans le tube-foyer de droite de la chaudière tandis qu'un compagnon travaillait dans celui de gauche; vers 15 heures, V... a encore répondu à un contremaître qui venait vérifier l'étanchéité du lutage de la vanne;

à 15 1/4 heures, l'ouvrier de gauche ayant terminé sa besogne, passa par l'arrière dans le foyer de droite et trouva V... à l'état de cadavre. Il ne se sentit aucunement incommodé, pas plus que le contremaître qui retira le corps de la victime.

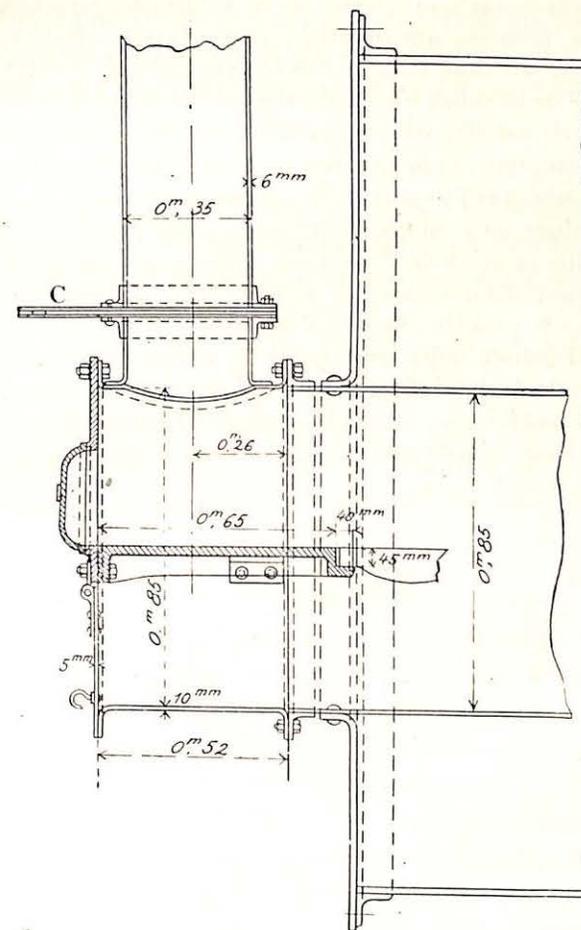


Fig. 17. — Schéma de l'amenée du gaz aux foyers des chaudières.

Les témoins ont tous affirmé que la vanne, fréquemment visitée, était restée étanche, que le lutage était resté intact et qu'aucune modification n'avait été apportée aux lieux après l'accident.

M. l'Ingénieur Velings a procédé dans ces conditions au jaugeage

de l'appel d'air qui se faisait par le tube foyer de droite et a trouvé 920 litres par seconde (sans ouvrier dans le tube : avec cette résistance supplémentaire, le volume ne serait plus le même, bien entendu). Une prise d'essai de l'air circulant dans le tube n'a décelé aucune trace d'oxyde de carbone ; toutes les ouvertures des carnaux ayant été ensuite fermées, une nouvelle prise d'essai, effectuée après 10 minutes, a donné 0,02 % d'oxyde de carbone, montrant que l'étanchéité de la vanne n'était pas absolue. La pression des gaz dans la tuyauterie est d'environ 15 centimètres d'eau. Lorsqu'une fuite un peu importante se produit dans le lutage d'argile, on l'aperçoit aisément, ainsi que l'a constaté l'ingénieur verbalisant.

Les résultats de l'autopsie sont trop catégoriques pour que l'on puisse mettre la mort de l'ouvrier V... sur le compte d'une cause pathologique ; d'autre part, les déclarations recueillies, supposées véridiques, ne permettent guère d'expliquer la présence d'oxyde de carbone à l'endroit largement ventilé où travaillait la victime. Cet accident reste douteux et l'hypothèse la plus vraisemblable — contredite par les témoins — serait la chute du lutage d'argile amenant une importante fuite de gaz.

## VII

La conclusion du premier accident a été donnée à la séance du comité d'arrondissement ; les joints hydrauliques doivent être à alimentation continue, avec trop-plein, pour donner toute sécurité. En plus de cette alimentation continue à faible débit, il est naturellement désirable d'avoir un moyen plus rapide de remplissage (robinet à fort débit, etc...) pour le cas de surpression ou d'explosion faisant sauter le joint.

Le second accident montre qu'il n'est pas possible d'obtenir l'étanchéité voulue par un seul joint ; nous reviendrons plus loin sur ce point dans la V<sup>e</sup> catégorie ; dès à présent, notons que, pour la visite des chaudières, il faut, ou bien deux dispositifs de fermeture en série, ou mieux encore peut-être, il faut ménager une partie amovible ou nez amenant le gaz à la chambre de combustion ; on enlève cette partie lors des nettoyages. Ce nez amovible peut, par

exemple, être combiné comme les valves Burgess appliquées aux Cowper, avec manœuvre très aisée par crémaillère, disposition que nous avons vue notamment dans le Grand-Duché.

Evidemment, les deux accidents relatés ne font pas connaître tous les dangers inhérents aux chaudières alimentées par les gaz des hauts-fourneaux : un danger bien caractérisé est notamment la formation de mélanges explosibles au cas où, l'afflux de gaz étant coupé, la conduite reste ouverte aux chaudières ; il se produit des rentrées d'air dans les conduites : lors de la remise du courant de gaz, le mélange explosible arrivant au contact des parois chaudes fait explosion. C'est pourquoi, dans les usines bien installées, on adopte diverses mesures pour éviter ce danger : parfois c'est la lecture d'un manomètre à eau qui prévient le chauffeur de la suppression du gaz : il ferme alors la vanne des chaudières ; d'autres fois, des signaux donnés par des lampes électriques aux verres de diverses couleurs préviennent les chauffeurs de ce que telle ou telle manœuvre se fait au fourneau, etc.

## VIII

### IV<sup>me</sup> CATÉGORIE

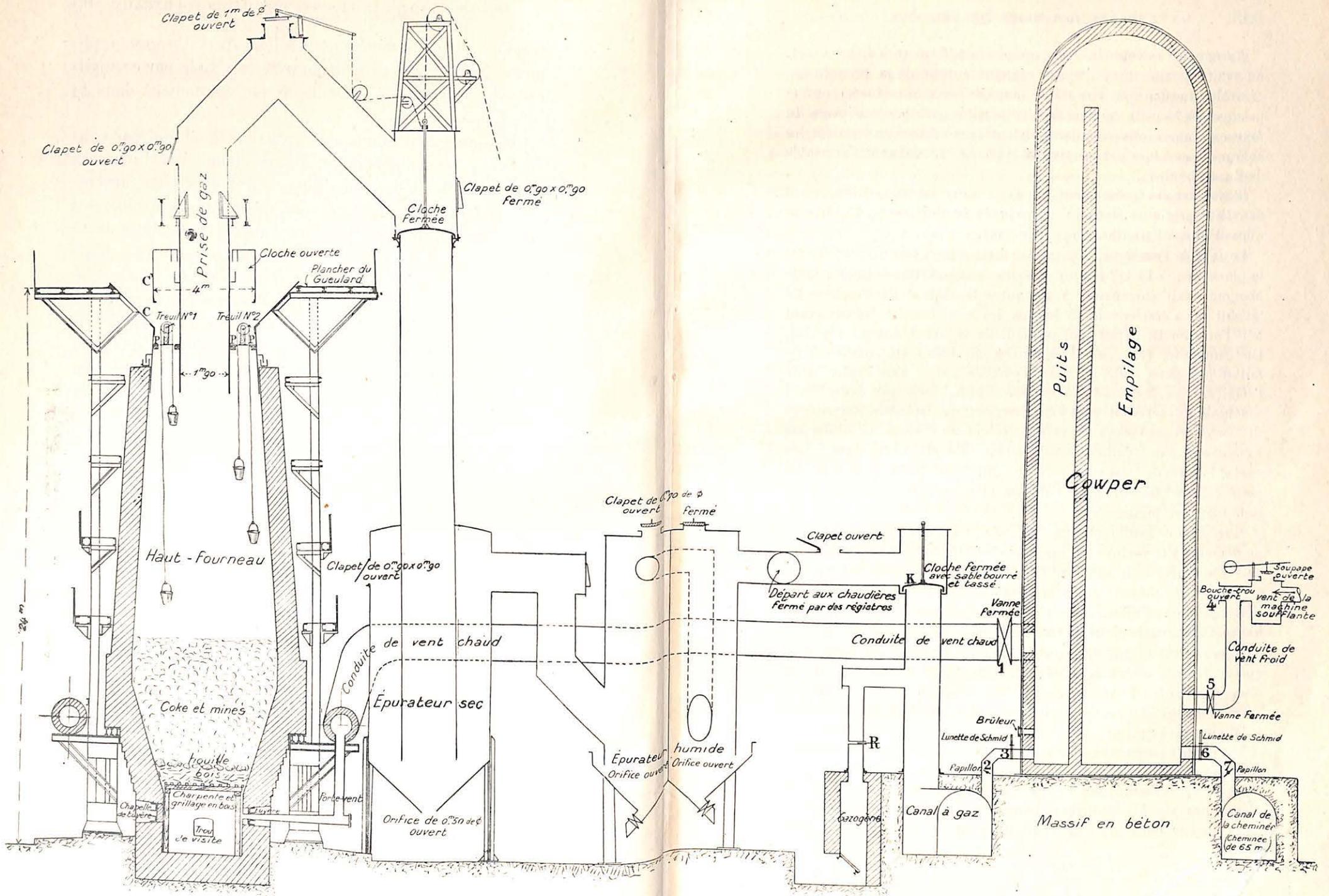
#### Divers.

N<sup>o</sup> 11. — *Hauts-fourneaux du sud de Châtelaineau, à Châtelaineau. — 6 juillet 1909, 15 heures. — 2 tués. — P. V. Ing. Ch. Gillet.*

Ouvriers asphyxiés dans un haut-fourneau en remplissage.

#### Résumé des circonstances de l'accident.

On remplissait, en vue de sa mise à feu, un haut-fourneau nouvellement construit ; on avait séché plusieurs jours auparavant, à l'aide de braseros au coke, la maçonnerie du creuset, puis le grillage en bois destiné à supporter les charges de bois, houille, coke et mines.



Après avoir remonté la cloche annulaire de fermeture du gueulard, on avait installé, dans l'espace régnant autour de la prise de gaz centrale, un plancher circulaire muni de deux ouvertures pour le passage des baquets de deux treuils installés pour le remplissage du fourneau ; deux ouvriers descendaient dans celui-ci et étalaient les charges descendues par les treuils (voir fig. 18 donnant l'ensemble de l'installation).

L'avant-veille de l'accident, on avait fermé les trous de coulée et de visite pratiqués dans le creuset ; le haut-fourneau ne communiquait plus à l'air libre que par le haut.

Le jour de l'accident, le fourneau était rempli jusqu'à 10<sup>m</sup>50 sous le plancher ; à 14 1/2 heures, un des deux ouvriers occupés à cette besogne avait été envoyé à un autre travail, et l'atmosphère ne laissait pas à désirer ; à 15 heures, les ouvriers des treuils ayant hélé l'ouvrier D... resté seul au fond, ne reçurent aucune réponse. Un camarade, N..., se fit descendre au treuil et, comme il ne faisait pas assez clair au fond, demanda l'aide d'un autre pour l'éclairer ; on descendit un crasset allumé, mais par deux fois il s'éteignit en arrivant près des charges ; un troisième ouvrier se fit descendre et essaya en vain d'allumer un crasset, les allumettes s'éteignant dans l'atmosphère chargée d'acide carbonique ; peu après, le premier sauveteur N..., qui avait fait de vains efforts pour relever D... inanimé s'affaissa et le troisième ouvrier se fit remonter précipitamment.

A la suite de cette tentative, on renonça au sauvetage immédiat ; on démolit la fermeture (en maçonnerie d'une demi-brique) du trou de visite du creuset ; une buée bleutée s'échappa ; on put pénétrer de suite dans le creuset et l'on constata qu'aucun échauffement ne s'était produit ; l'aérage naturel ainsi créé évacua en 10 minutes la nappe d'acide carbonique qui existait près des charges, et dont les ouvriers restés au gueulard purent suivre l'ascension en constatant que les lampes allumées qu'ils descendaient s'éteignaient de plus en plus près du plancher supérieur.

On retira bientôt les deux victimes qui ne purent être rappelées à la vie.

Les tuyaux porte-vent étaient placés, mais, d'après les témoignages reçus à l'enquête, toutes les vannes d'admission étaient fermées.

Des essais effectués sur le coke et sur la houille ont montré qu'il n'était pas possible d'attribuer le gaz asphyxiant à un dégagement de la charge même du fourneau ; il paraît difficile d'admettre que

ce gaz provienne de la viciation de l'atmosphère par les lampes et la respiration des ouvriers (1).

Les ouvriers occupés depuis le 3 juillet au remplissage du fourneau n'avaient été aucunement incommodés, mais ils déclarent que la ventilation était faible : les fumées des lampes *nageaient* au-dessus des charges et semblaient s'évacuer difficilement.

Le gaz devait donc provenir de l'extérieur, des Cowper ; ceux-ci étaient, depuis quelques jours, en chauffage à l'aide d'une batterie de gazogènes à vent soufflé ; au moment de l'accident, la soufflerie était arrêtée ; deux des trois appareils Cowper étaient isolés des gazogènes ; le troisième était en communication d'une part avec ceux-ci, d'autre part, avec la cheminée d'appel.

(1) Cette cause de viciation devait être notable néanmoins, et pour s'en rendre compte il suffit de faire le petit calcul suivant ; la fermeture des orifices du creuset avait été effectuée le 4 juillet à 9 heures, soit 54 heures avant l'accident. Si l'on compte qu'un homme expire 60 litres d'acide carbonique par heure et qu'une lampe produit 11 litres dans le même laps de temps, on voit que deux ouvriers et quatre lampes d'éclairage, celles-ci ayant brûlé 20 heures environ, ont produit pendant ce temps :  $120 \times 54 + 44 \times 20 = 7,360$  litres de  $\text{CO}_2$ . A l'endroit où les charges étaient arrêtées au moment de l'accident, le diamètre était d'environ 5<sup>m</sup>30, ce qui représente 22 mètres carrés de surface. L'acide carbonique produit par les lampes et la respiration des ouvriers, en supposant qu'il se soit accumulé dans le fourneau, pouvait donc créer une nappe de  $\frac{7,360}{22} = 0^m335$  de hauteur. Evidemment nous avons supposé absence complète de ventilation, ce qui n'est pas le cas, puisque le mouvement des charges et des hommes créait un certain renouvellement d'air ; mais ce calcul montre que la viciation par la respiration pouvait être très forte et créer une atmosphère asphyxiante, puisqu'il suffit de 8 % de  $\text{CO}_2$  dans l'air pour atteindre ce résultat. D'ailleurs les constatations qui ont été faites lors de l'accident ont montré que l'acide carbonique formait la majeure partie du gaz asphyxiant ; néanmoins les docteurs ayant conclu manifestement que l'oxyde de carbone avait joué un rôle également, on ne peut admettre que la viciation de l'air par la respiration et les gaz ait été la seule cause de l'accident. L'oxyde de carbone ne peut être dû qu'à des gaz incomplètement brûlés venant du Cowper.

Des gaz venant des Cowper ne pouvaient pénétrer dans le fourneau par le dessus, par la tuyauterie à gaz du fourneau, car outre diverses cloches obstruant le passage, les appareils épurateurs branchés sur cette tuyauterie étaient largement ouverts.

Reste donc un refoulement des gaz par la conduite de vent chaud, dont la vanne était fermée ; la conduite n'est isolée du fourneau que par une vanne placée contre le Cowper, vanne non *étanche* : en effet, l'ingénieur verbalisant a constaté que, la soufflerie des gazogènes étant en marche, il passe dans chaque tuyère, malgré la fermeture de la vanne des Cowper, un courant d'air de 28 litres par seconde, allant du fourneau vers les Cowper.

Le courant qui a amené les gaz est précisément un courant opposé ; mais il faut remarquer qu'une fausse manœuvre de vanne, par exemple la fermeture du papillon vers la cheminée, pouvait provoquer un reflux de gaz vers le fourneau. Du reste, l'arrêt de la soufflerie des gazogènes tendait à supprimer le courant vers la cheminée, voire même à le renverser, car le fourneau lui-même est une cheminée à grande section.

Certains témoins ont affirmé que les huit regards des tuyaux porte-vent — trous de 2 à 3 centimètres de diamètre — étaient restés ouverts ; ces orifices auraient été insuffisants pour évacuer le gaz au fur et à mesure de son débit vers le creuset.

Quant à la machine soufflante du fourneau, d'après les témoignages reçus, elle n'était pas reliée aux Cowper et n'a donc pu jouer aucun rôle.

**N° 12.** — *Usines de la Providence, à Marchienne. — 10 mai 1906, 3 1/2 heures. — 1 blessé. — P. V. Ing. L. Hardy.*

Machiniste pris d'asphyxie dans la salle des soufflantes.

Résumé des circonstances de l'accident.

Un machiniste de la soufflerie des hauts-fourneaux a été trouvé assis sans connaissance sur un banc et la tête renversée entre un réservoir à vapeur et le mur de la salle de machine. Les brûlures reçues entraînerent la perte de l'œil droit. Cet ouvrier avait subi un commencement d'asphyxie par l'oxyde de carbone ; une canalisation souterraine de gaz épurés de haut-fourneaux munie de clapets de sûreté au ras du sol passait à 2<sup>m</sup>50 à l'Est du seuil de la salle de machine et présentait une fuite d'où provenait vraisemblablement le gaz asphyxiant.

La salle de machine a 8 mètres de longueur sur 6 mètres de largeur et 20 mètres de hauteur ; le sol est surélevé de 1<sup>m</sup>50 par rapport au niveau général de l'usine. La porte Est et les ouvraux des fenêtres étaient restés constamment ouverts et la machine avait tourné sans discontinuer.

Des machinistes avaient déjà été incommodés quand le vent soufflait du Nord ou du Nord-Est.

IX

Ces deux accidents sont assez spéciaux ; le second n'étonne plus après les cas, vus plus haut, d'asphyxie en plein air. Quant au premier, il confirme à nouveau l'insuffisance d'une vanne pour isoler un milieu où se trouve du gaz. Il n'y a aucun motif de placer les tuyaux porte-vent avant la fin du remplissage du fourneau, cette opération ne prenant guère de temps et les essais de la soufflerie pouvant se faire sans que les buses ne soient placées dans les tuyères. Il est élémentaire, du reste, de ne pas obstruer complètement le bas du fourneau pour ne pas supprimer toute ventilation de la cuve. Si même on craint, comme on pourrait l'objecter, l'allumage par malveillance, — ce qu'une surveillance appropriée rendrait impossible, — il y a toujours moyen d'empêcher l'allumage sans couper l'air (treillis métallique, par exemple).

X

V<sup>me</sup> CATÉGORIE.

Asphyxies dans les canalisations.

(3 accidents : 6 tués, 1 blessé)

Cette catégorie est, sans contredit, celle qui appelle le plus l'attention et qu'il faut voir disparaître à tout prix. Pour discuter utilement les mesures préventives, il est nécessaire de lire d'abord l'exposé des accidents, qui va suivre :

N° 13. — Usines métallurgiques de Sambre-et-Moselle, à Montignies-sur-Sambre. — 28 avril 1909, 15 1/2 heures. — 2 tués. — P. V. Ing. A. Hardy.

### Ouvriers asphyxiés en procédant à une réparation.

#### Résumé des circonstances de l'accident.

Les gaz de chacun des fourneaux n° 1 et 2 débouchent, par l'intermédiaire d'une cloche ( $q_1, q_2$  croquis 19) dans une caisse à poussières ( $C_1, C_2$ ), puis, traversant une seconde cloche ( $K_1, K_2$ ), se rendent à une caisse à poussières centrale P, d'où ils sont distribués à deux laveurs

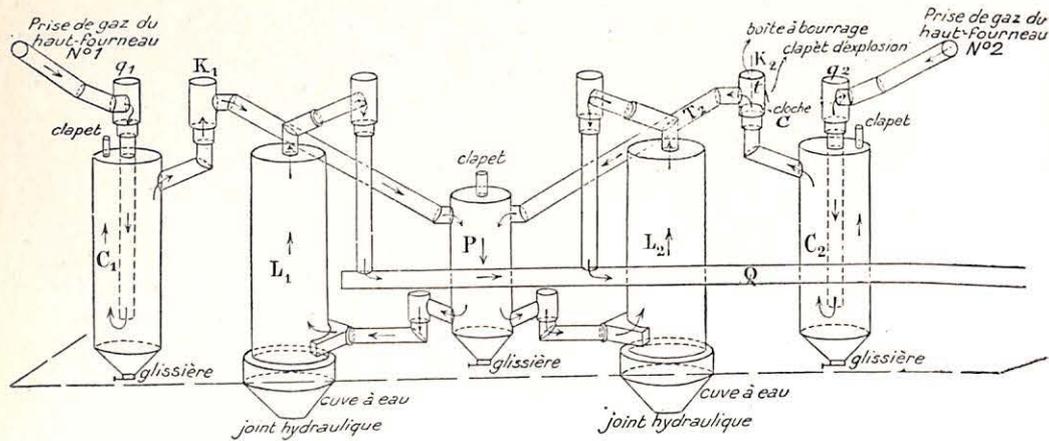


Fig. 19. — Vue schématique perspective des appareils.

Zschocke  $L_1$  et  $L_2$ ; de là ils sont aspirés par un ventilateur à travers le collecteur Q pour passer à une autre batterie d'épuration.

C'est à la cloche  $K_2$  que l'accident s'est produit; la tige de suspension du clapet obturateur s'étant faussée, il s'agissait de la remplacer; à cet effet, on ouvrit tous les clapets de purge situés au-dessus des fourneaux et des caisses à poussières  $C_1, C_2$  et P; on ferma les cloches  $K_1, K_2, Q_1, Q_2$ ; on arrêta la soufflerie, on ouvrit les doubles cloches de chargement de chaque fourneau pour faciliter l'évacuation des gaz à l'air, sauf la cloche inférieure du fourneau n° 1; on ouvrit les glissières fermant les trous de vidange des caisses à poussières  $C_1, C_2, P$ .

Les deux ventilateurs aspirant en série les gaz du collecteur Q

fonctionnèrent au moins 10 minutes après ces manœuvres (1), jusqu'à ce que les moteurs, — alimentés par les gaz de hauts-fourneaux, — s'arrêtèrent.

La cloche  $K_2$  est représentée à part au croquis 20; on y a accès par des échelles et elle est entourée d'une plate forme  $p_1$ ; elle est munie d'un clapet d'explosion O, qui sert en même temps de trou d'homme

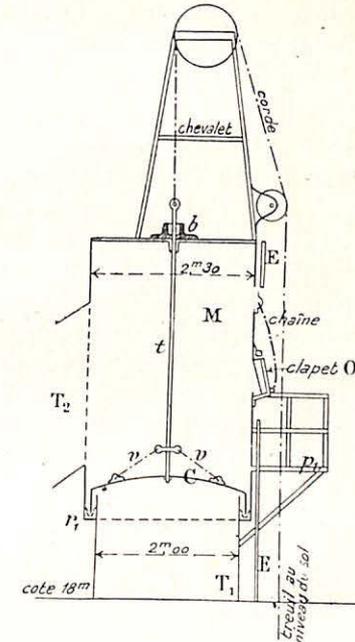


Fig. 20. — Détails de la cloche  $K_2$  où s'est produit l'accident.

et qui fut maintenu ouvert; déjà pour reconnaître la réparation, le bourrage  $b$  de la tige de manœuvre avait été déboulonné, on avait glissé un madrier sur champ sous la boîte à bourrage soulevée, pour faciliter l'évacuation du gaz de la chambre M. Après trois quarts d'heure d'attente, le gaz s'échappait encore et rendait impossible

(1) Remarquons que la marche du ventilateur était sans utilité pour assainir la cloche  $K_2$ , car l'aspiration se faisait par l'orifice le plus proche resté ouvert, c'est-à-dire par les ouvertures de P. Cette erreur a été commise plus d'une fois, comme nous le verrons plus loin.

l'accès de la cloche. On fit ouvrir la cloche inférieure du fourneau n° 1 dans le but d'accentuer l'évacuation dans l'atmosphère des gaz de ce fourneau, et on décida de faire remettre en marche un ventilateur avec les gaz des fours à coke.

Pendant que cette dernière manœuvre s'opérait, un ouvrier de l'équipe chargée de la réparation aspira à l'orifice O et comme il lui sembla que l'air était respirable, il s'attacha une ceinture sous les bras et descendit dans la cloche; il resta debout quelques instants puis s'affaissa; le chef d'équipe qui tenait la corde de la ceinture, en se penchant pour retirer l'ouvrier L..., tomba inanimé dans cette position; quatre autres ouvriers qui arrivèrent successivement furent pris d'asphyxie après avoir réussi à retirer le chef d'équipe. Comme on ne pouvait parvenir à retirer le corps de la première victime sans pénétrer dans la cloche, un ouvrier M... commit l'imprudence d'y descendre sans ceinture et ne tarda pas à s'affaïsser. La première victime fut bientôt retirée; finalement, un ouvrier dispos, malgré les multiples asphyxies dont il venait d'être témoin, se fit descendre à l'aide d'une corde, réussit à nouer une ceinture autour du corps de la deuxième victime et remonta rapidement; le corps de l'ouvrier fut aussitôt ramené à l'air libre. Entretemps l'alarme était donnée; la respiration artificielle pratiquée sur tous les ouvriers ramenèrent à la vie tous les sauveteurs qui n'avaient pas pénétré dans la cloche, mais tous les soins (insufflation d'oxygène, respiration artificielle, etc...) furent inutiles pour le premier ouvrier L... et son camarade M... qui s'était porté imprudemment à son secours.

La composition du gaz était CO : 24; CO<sub>2</sub> : 42; N : 60; H : 2; gaz hydrocarbonés : 2; cyanures : traces. — Densité : 1 kilog 300 par mètre cube à 15° et 760 mm. — Pression statique : 5 à 6 cm. d'eau. — Température : 90° C au gueulard, 20° à la sortie du collecteur. — 52.000 m<sup>3</sup>/heure en marche normale des hauts-fourneaux.

M. Pepin, Ingénieur en chef du 5<sup>m</sup>e arrondissement, proposait de modifier la construction des cloches Q<sub>1</sub> et Q<sub>2</sub> de façon à pouvoir y opérer un joint hydraulique en cas de réparations; il suggérait l'emploi d'appareils à vent soufflé qui pourraient s'alimenter à une conduite fixe d'air comprimé et préconisait des trous d'homme largement proportionnés pour permettre l'entrée et la sortie aisée des ouvriers.

Le dossier de cet accident, vu son intérêt, a été communiqué aux comités des arrondissements miniers possédant des usines métallurgiques; plusieurs comités ont préconisé les joints hydrauliques, les seuls sur l'étanchéité desquels on puisse compter, Mais, ainsi que l'a fait remarquer M. l'Ingénieur André Hallet, au comité du 8<sup>e</sup> arrondissement, semblable joint serait parfois pratiquement impossible à cause de la température des gaz atteignant et dépassant 100° C; de plus, les gaz du haut-fourneau entraînant jusqu'à 7 et 10 grammes de poussières par mètre cube, ces poussières auraient vite fait de transformer en boues l'eau du joint (1).

On a critiqué, avec raison, la position du trou d'homme qui devait se trouver au bas de la cloche pour évacuer de suite les gaz qui viendraient à filtrer par le clapet non étanche et pour permettre de retirer facilement un ouvrier en cas d'asphyxie, car c'est la hauteur du trou d'homme qui empêchait de sauver les victimes sans pénétrer dans la cloche (2).

On a critiqué également l'absence d'un large clapet d'évacuation à la partie supérieure de la cloche, dispositif qui existe dans certaines usines.

M. l'Ingénieur A. Hallet a signalé qu'à une usine de son district, lors d'une réparation, on a soin d'enlever d'abord les poussières du joint pour les remplacer par du sable, projeté à profusion par le trou d'homme et donnant une étanchéité certaine; cette façon de procéder évite au surplus les émanations délétères des poussières, qui restent fumantes un certain temps.

Tous les Comités ont émis l'avis que des appareils respiratoires à vent soufflé et des appareils à respiration artificielle rendraient service dans les usines à hauts-fourneaux. M. l'Ingénieur en chef Julin et M. l'Inspecteur général Libert font même remarquer que ces appareils sont implicitement obligatoires en vertu de l'article 19 de l'arrêté royal du 30 mars 1905 (3).

(1) Il y a un autre inconvénient, plus grave: la formation de concrétions. Nous en parlerons plus loin.

(2) Depuis lors, un trou d'homme a été ménagé au niveau inférieur, près de la cloche obturatrice.

(3) Cet article est ainsi conçu :

» *Travaux dans les endroits susceptibles de contenir des gaz dangereux.* — ART. 19. Il est interdit de laisser pénétrer les travailleurs dans les puits, citernes, réservoirs et autres endroits analogues avant

N° 14. — Société anonyme d'Ougrée-Marihaye, à Ougrée. — 7 novembre 1909, 13 heures. — 1 tué. — P. V. Ing. A. Repriels.

### Asphyxie dans une tuyauterie en nettoyage.

#### Résumé des circonstances de l'accident.

Une tuyauterie de 1,200 mètres de longueur en tôles rivées, de 1<sup>m</sup>40 de diamètre, relie la division des hauts-fourneaux aux aciéries où le gaz actionne divers moteurs; cette conduite, dont l'axe est à 6<sup>m</sup>20 au dessus du sol, se recourbe en siphons à la traversée de quelques rues, comme l'indique le croquis ci-contre, fig. 21.

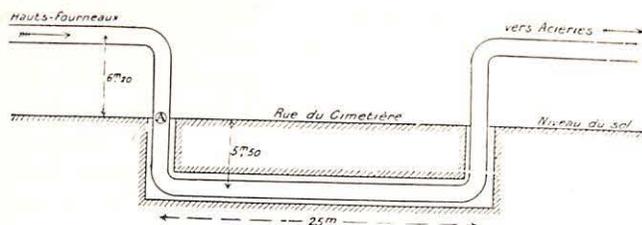


Fig. 21. — Siphon au passage d'une rue.

Il s'agissait d'effectuer une visite et quelques réparations à la conduite. A cet effet, on avait fermé vers 6 heures 1/2, les vannes à glissière amenant le gaz de la division des hauts-fourneaux; on avait ouvert les soupapes placées à l'extrémité de la conduite, aux aciéries, pour laisser évacuer l'excès de pression dans la tuyauterie. On avait ensuite fait fonctionner pendant 40 minutes un ventilateur

de s'être assuré qu'il n'y existe pas de gaz asphyxiants, délétères ou inflammables.

» En cas d'existence de pareils gaz, il faudra préalablement assainir l'atmosphère et s'assurer de la disparition du danger.

» De plus, les ouvriers occupés dans les dits endroits seront activement surveillés et relayés aussi souvent que les circonstances l'exigeront.

» Ils porteront autour du corps, à la ceinture ou sous les aisselles, une corde de sûreté communiquant avec l'extérieur et permettant de les retirer en cas de nécessité.

» Le matériel et le personnel nécessaires pour opérer éventuellement le sauvetage devront se trouver à proximité des travaux et pendant toute la durée de ceux-ci. »

chassant de l'air dans la conduite; ce ventilateur débite au minimum 40,000 mètres cubes par heure, ce qui fait que le volume de la conduite peut être renouvelé en moins de 3 minutes. Deux ouvriers qui ont travaillé de 8 heures à midi, à l'extrémité de la tuyauterie, vers les aciéries, n'ont été aucunement incommodés.

Vers 12 1/2 heures, trois ouvriers arrivèrent au siphon représenté au croquis pour le visiter; ils étaient porteurs d'outils divers, de lampes de mineurs, d'une échelle de corde, de cordes et d'un ventilateur électrique; après avoir ouvert le trou d'homme A, un ouvrier — la victime — malgré l'avis contraire de ses compagnons qui croyaient percevoir une odeur de gaz, descendit muni d'une lampe, par l'échelle de corde, sans ventilateur et sans se faire attacher. Quand il fut de quelques instants dans la conduite, il se sentit incommodé, revint vers l'échelle avec sa lampe toujours allumée et voulut se faire remonter: ses deux compagnons se mirent à hisser l'échelle, mais la victime lâcha prise alors qu'elle était à 2 mètres de l'orifice et tomba dans le siphon. Elle ne fut retirée qu'après 1 1/2 heure: elle avait la face couverte de boues et ne put être rappelée à la vie. Pendant le sauvetage, deux personnes étrangères au personnel de l'usine voulurent pénétrer dans la conduite et furent prises d'asphyxie, mais elles purent être rappelées à la vie.

Il y avait 20 centimètres de boues dans le siphon; un contre-maitre de l'usine attribue l'accident aux gaz dissous et occlus dans ces boues, et qui auraient été dégagés quand la victime a remué ces boues en marchant.

La composition du gaz est la suivante:  $\text{CO}_2$ : 8%;  $\text{CO}$ : 30%;  $\text{Az}$ : 57%;  $\text{H}$ : 5%; densité: 1,27.

M. l'Ingénieur en chef Beaupain, se basant sur le peu de solubilité dans l'eau des éléments formant le gaz de haut-fourneau, attribue peu d'importance à l'explication du contre-maitre; il croit que la densité assez forte des gaz suffit à expliquer la persistance de ces gaz dans la partie basse du siphon après une ventilation plus ou moins prolongée. Il regrette que l'on n'ait pas maintenu la ventilation pendant le travail des ouvriers, ce qui ne se faisait pas parce que le courant insufflé par le ventilateur électrique à vitesse constante avait une vitesse de 7<sup>m</sup>20 par seconde, insupportable pour les ouvriers occupés dans la conduite. M. l'Ingénieur en chef fait observer avec

raison que, sans agir sur la vitesse du ventilateur, il y a d'autres moyens de régler le débit et la vitesse d'un courant d'air.

Il est probable que l'ouvrier a simplement été indisposé par l'odeur des boues, mais qu'en lâchant prise, il sera tombé de l'échelle, la face dans les boues, ce qui aura déterminé l'asphyxie. Il n'y a pas eu d'autopsie et le certificat médical, très laconique, porte simplement : *Mort par asphyxie*, sans faire aucune mention d'intoxication par l'oxyde de carbone.

N° 15. — Usines de la Providence. — 20 novembre 1910, 14 1/2 heures. — 3 tués et 1 blessé. — P. V. Ing. Dandois.

#### Asphyxie dans une tuyauterie en nettoyage.

##### Résumé des circonstances de l'accident.

L'usine comprend trois hauts-fourneaux, n°s 1, 2 et 3, groupés comme l'indique le croquis 22 ; les gaz de chacun subissent une première épuration dans des batteries distinctes de Zschocke, au sortir desquels ils peuvent, soit être envoyés au canal souterrain alimentant les Cowper et des chaudières, soit être recueillis dans un collecteur P, d'où les gaz passent à une seconde épuration par appareils Theisen ; à la sortie de ceux-ci, les gaz passent par des sécheurs D et E et gagnent le collecteur général G d'où ils sont distribués aux moteurs à gaz.

Il s'agissait d'effectuer quelques réparations et nettoyages aux tuyauteries, pendant un arrêt de la centrale des moteurs à gaz ; on avait donc isolé les fourneaux du collecteur P par la fermeture des vannes dites des moteurs placées à l'extrémité des batteries de première épuration de chaque fourneau ; les gaz avaient été dirigés vers les Cowper et les chaudières par une série d'opérations que nous ne décrirons que pour le fourneau III, celui dans la tuyauterie duquel s'est produit l'accident. On peut suivre au croquis 23 ci-dessous les diverses manœuvres :

- 1° Fermeture de la vanne des moteurs  $V_2$  ;
- 2° Fermeture des vannes admettant les gaz aux Cowper et des vannes à gaz des chaudières ;
- 3° Ouverture des clapets de purge situés à chacune des extrémités du canal souterrain, ce qui permet aux gaz de s'échapper à l'air ;
- 4° Ouverture de la cloche du gueulard ;
- 5° Arrêt de la soufflerie ;

- 6° Fermeture de la vanne  $V_1$  au bas du tuyau de descente ;
- 7° Ouverture de la glissière  $e$  située au-dessus de cette vanne ;
- 8° Ouverture du clapet de purge des appareils Zschocke ;

9° Arrêt du ventilateur V, 15 à 20 minutes après l'arrêt de la soufflerie : pendant cet intervalle les conduites sont assainies par l'air frais aspiré par le gueulard ouvert et les clapets de purge des Zschocke et refoulé par la porte de visite placée au-dessus de la vanne du tuyau de descente ;

10° Fermeture de la vanne  $V_3$  des Zschocke ;

11° Ouverture de l'extrémité du barrillet J, par où un ouvrier s'introduit et lute à l'argile la vanne des Zschocke ;

12° Ouverture des registres des caisses à poussières F et G permettant d'envoyer les gaz au canal souterrain ;

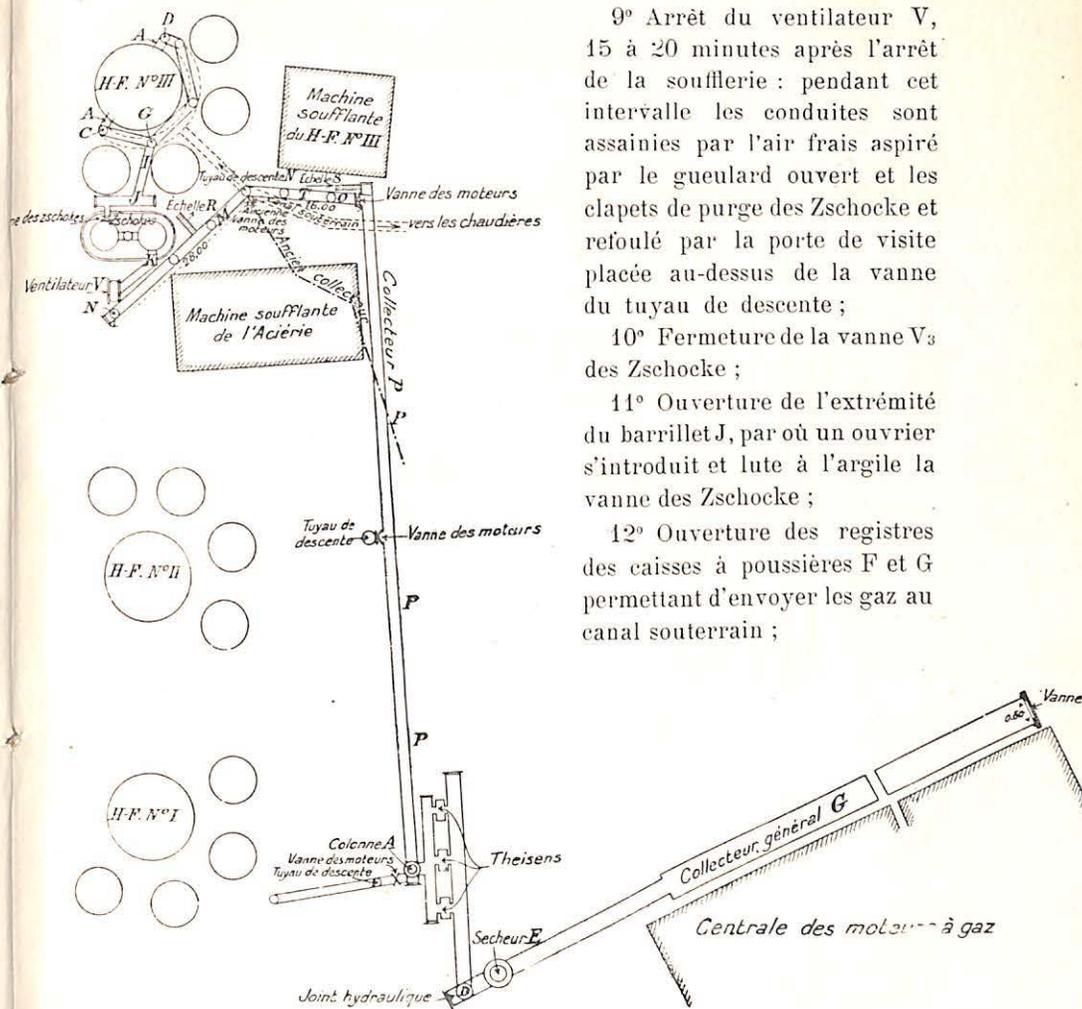


Fig. 22. — Schéma en plan de l'installation générale.

- 13° Fermeture de la cloche du gueulard ;
- 14° Remise en marche de la soufflerie.

A 11 1/4 heures, toutes ces opérations étaient terminées. Entretemps, on avait déjà procédé aux opérations nécessaires pour l'arrêt des moteurs à gaz. Au moment de la fermeture de la vanne des moteurs du fourneau n° 3, un moteur à gaz fonctionnait encore et s'arrêta de lui-même 2 à 3 minutes après fermeture de cette vanne ; on a ouvert aussitôt la vanne placée à l'extrémité du collecteur général G (croquis 22) et les clapets de purge des colonnes A, D et E (croquis 22) ; le seul appareil Theyssen encore en marche a continué à tourner pendant 7 minutes (par sa force vive) après l'arrêt du dernier moteur à gaz. En tournant, cet appareil aspirait de l'air par la colonne A et le refoulait par les clapets ouverts en D, E et G.

A la tuyauterie du n° 3 (croquis 23), on a ouvert les clapets *b*, *o*, et retiré les registres *a* et *c*. Un ouvrier a pénétré dans les Zschocke et nettoyé notamment l'embouchure de la tuyauterie K ; après divers travaux au collecteur général G et au fourneau n° 1, l'entrepreneur chargé des travaux de nettoyage des conduites arriva avec son équipe au n° 3 ; il monta à la conduite T, constata qu'il n'y avait pas de gaz et permit à ses hommes de travailler : le chef gazier de l'usine l'a vu ouvrir à ce moment la vanne  $V_2$  des moteurs et, sur son observation qu'il n'avait pas à toucher aux vannes, l'entrepreneur répondit qu'il devait ouvrir cette vanne pour la nettoyer ; trois ouvriers travaillèrent quelques minutes dans la colonne T sans être incommodés, mais l'un d'eux ayant vu une légère buée sortir par le clapet *b*, ils sont sortis tous les trois. On vérifia l'étanchéité de la vanne des Zshockes, qui ne laissait pas à désirer ; 20 minutes après, comme on ne voyait plus de fumée, le chef d'équipe permit de reprendre le travail ; un ouvrier entra dans la conduite et s'affaissa aussitôt ; l'entrepreneur, en voulant le retirer, s'affaissa de même ; deux ouvriers, accourus au secours de leurs camarades, se penchèrent à l'orifice du clapet *o* et pris d'asphyxie, tombèrent à la renverse ; l'un d'eux tomba sur le sol et se fractura le crâne ; l'autre fut retenu par ses vêtements à une patte soutenant autrefois un garde-corps et resta suspendu dans le vide : on put le secourir et le ramener à la vie.

Le sauvetage fut vite organisé, mais on ne put ranimer aucune des trois victimes. On trouva la vanne des moteurs  $V_2$  ouverte.

L'explication de l'accident donnée par M. l'Ingénieur en chef Ledouble paraît bien plausible : aucune rentrée de gaz venant du

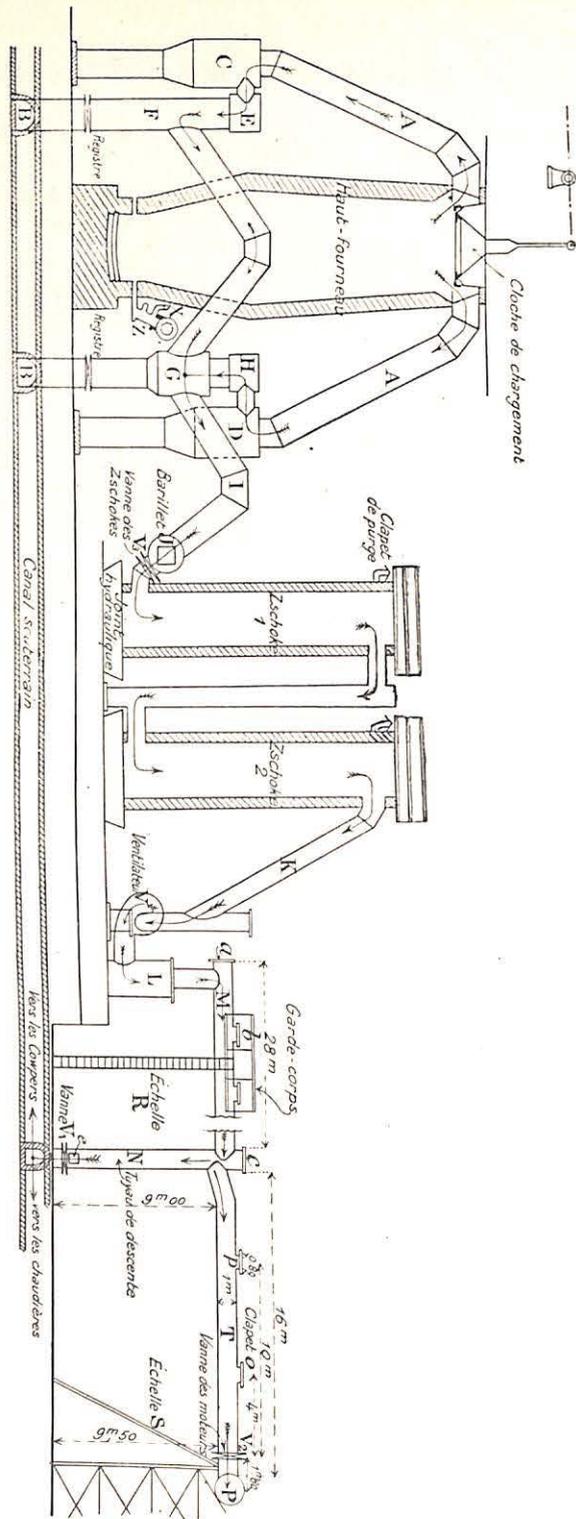


Fig. 23. — Schéma, en élévation, des installations du fourneau n° 3.

fourneau n'était possible ; du reste, on venait de vérifier l'étanchéité de la vanne des Zschockes et ceux-ci avaient leurs clapets largement ouverts ; l'oxyde de carbone qui a provoqué l'asphyxie provient incontestablement du collecteur P, dont l'entrepreneur avait ouvert la vanne. Ce collecteur n'avait été assaini, après l'arrêt du dernier moteur, que par la marche du dernier Theyssen aspirant pendant quelques minutes ; mais cette action devait être précaire puisqu'elle se faisait sur un tuyau de 40 mètres de longueur, fermé à son extrémité par la vanne des moteurs  $V_2$  et ne possédant aucun clapet ouvert pour faciliter la formation d'un courant : l'assainissement ne pouvait se produire que par la succion de l'air aspiré par l'ouverture A, à l'autre extrémité de la conduite.

Ces conditions sont peu favorables à une ventilation efficace. Rien d'étonnant dès lors que des gaz toxiques soient restés dans le tronçon P ; après l'ouverture de la vanne des moteurs, un courant pouvait s'établir entre les orifices de la colonne A et le trou d'homme  $o$  de la conduite T et ramener du gaz dans celle-ci : c'est ce qui s'est produit.

M. l'Ingénieur Dandois a procédé à une série d'expériences reproduisant exactement les circonstances de l'accident ; pour déterminer l'action de la rotation du Theyssen sur le collecteur P, un trou fut foré près de la vanne des moteurs et un manomètre à eau y fut installé ; la vanne des moteurs étant fermée, le manomètre a marqué une dépression de 25 à 30 millimètres d'eau ; mais il ne faut nullement conclure à l'existence d'un courant ventilateur dans la conduite, du fait de cette dépression ; donnons une comparaison : dans une conduite d'eau verticale fermée à sa base, on constatera la pression due à la hauteur d'eau, sans qu'il y ait de courant d'eau dans le tube ; la force électromotrice d'une pile existe aussi bien quand le circuit est ouvert, mais cette force ne peut produire de courant que si l'on ferme le circuit. La dépression constatée est simplement la dépression créée en A par le Theyssen aspirant en court-circuit ; tout le collecteur P doit se mettre au même taux de dépression en expulsant une certaine quantité de fluide. Le mouvement du fluide dans ce collecteur cesse dès que l'équilibre est atteint suivant la loi de Mariotte :  $PV = P'V'$  ; or  $P = 10^m33$ ,  $P' = 10^m33 - 0.03 = 10^m30$ .

$$V' - V = \left( \frac{P}{P' - 1} \right) V = 0.003 V$$

On voit donc que cette dépression provoque simplement une augmentation de volume de 0.3 %, c'est-à-dire une expulsion de 0.3 % du gaz contenu dans le collecteur P. L'action est donc insignifiante.

Pour se rendre compte de la vraisemblance de l'hypothèse que des gaz seraient occlus dans les boues des conduites, deux litres de boues prises dans la conduite T ont été placés avec une souris sous la cloche d'une machine pneumatique dans laquelle on a fait un vide partiel ; retirée après un séjour d'une demi-heure sous la cloche, la souris paraissait sans vie ; elle s'est ranimée au bout de deux heures environ (ce qui exclut l'hypothèse de la présence d'oxyde de carbone) (1).

Les circonstances de l'accident ont été reproduites scrupuleusement ; une souris placée dans la conduite T, à 50 centimètres de la vanne des moteurs, est restée en vie, après ouverture de celle-ci, pendant 15 minutes, temps de l'expérience.

Remarquons que la ventilation de la partie T de la conduite n'a pu se faire non plus que par l'ouverture du clapet  $o$  : le courant du ventilateur V s'échappait entièrement par le registre du tuyau de descente, sans créer autre chose qu'une certaine succion sur la partie T (2).

La composition normale des gaz à cette usine était : 22 à 24 % de CO ; 12 % CO<sub>2</sub> ; 60 % N ; 2 % H, un peu de gaz hydrocarbonés et des traces de cyanure.

Poids à 15° et sous 760 millimètres de pression : 1 kil. 300 par mètre cube ;

Température : au gueulard, 80 à 90° ; dans les conduites, au-delà du ventilateur, 20°.

Le Comité du 4<sup>e</sup> arrondissement, frappé de la fréquence et de la gravité des accidents causés par les gaz de hauts-fourneaux, a préconisé l'emploi d'un moyen mécanique permettant le nettoyage des conduites sans qu'aucun ouvrier doive pénétrer dans la tuyauterie.

Il a renouvelé les vœux déjà formulés antérieurement, à savoir qu'au cas où la présence d'hommes dans la conduite est nécessaire, chaque ouvrier soit pourvu d'un appareil respiratoire à vent soufflé et que, de plus, des appareils à respiration artificielle soient tenus prêts à fonctionner, à proximité de l'endroit du travail.

(1) Voir plus loin des expériences faites sur les poussières et les boues en vue de déterminer si de l'oxyde de carbone y est occlus.

(2) Il eut été bien plus logique de faire marcher le ventilateur en laissant seulement un clapet ouvert à chacune des extrémités de toute la conduite : de la sorte, on eut été certain d'obtenir un courant balayant toute la masse de gaz. C'est toujours la même erreur, déjà signalée plusieurs fois.

## XI

Etude des accidents survenus pendant  
les visites de tuyauteries.

GÉNÉRALITÉS : MARCHE GÉNÉRALE DE L'ÉPURATION ; DIVERSES PARTIES DE LA TUYAUTERIE ; FRÉQUENCE DES NETTOYAGES. — La généralisation de l'épuration des gaz de hauts-fourneaux, nous l'avons déjà dit, a entraîné une grande extension du réseau des tuyauteries; autrefois, le gaz au sortir des bouteilles d'épuration à sec disposées contre le fourneau, gagnait généralement un canal souterrain, parfois en partie une tuyauterie aérienne le distribuant aux Cowper et aux chaudières.

A présent, le gaz, après avoir déposé les poussières les plus volumineuses dans les bouteilles au sortir du fourneau, passe par une épuration primaire ramenant sa teneur en poussières de 5 à 6 grammes à 0<sup>gr</sup>5 environ par mètre cube : une partie de ce gaz est employé au chauffage des Cowper et des batteries de chaudières (car, presque partout, on a conservé une certaine réserve de force motrice vapeur), tandis que le restant est envoyé à l'épuration secondaire, d'où il sort avec une teneur de 0<sup>gr</sup>005 à 0<sup>gr</sup>02 pour être conduit aux moteurs à gaz de la centrale.

D'après la marche des fourneaux, la température au gueulard varie, dans notre pays, de 80 à 150°; la première épuration consiste d'abord en un refroidissement destiné à condenser la majeure partie de la vapeur d'eau (1); ce re-

(1) On parle beaucoup en ce moment d'un nouveau procédé d'épuration à sec des gaz de hauts-fourneaux, dû à M. Müller, Directeur de la Halberger Hütte. Ce procédé, essayé à Dudelange, où il semble donner toute satisfaction, sépare les poussières par filtration dans des appareils rappelant le principe des filtres à manches à secousses en usage dans les meuneries. Le procédé réduit considérablement l'encombrement des installations d'épuration, mais il ne simplifie guère les tuyauteries. Tout au plus pourra-t-il réduire, si les espérances que donnent les essais se réalisent en grand, la fréquence des nettoyages des conduites en donnant d'emblée des gaz épurés à un très haut degré.

froidissement se fait dans des scrubbers dont le type le plus commun est le Zschocke, grand réservoir vertical, muni de claies en bois, où le gaz, admis par la base, circule en sens inverse d'une pluie d'eau versée à la partie supérieure; un autre type d'appareil est le Bian, appareil cylindrique à moitié rempli d'eau, où le gaz se refroidit au contact de toiles métalliques circulaires, fixées sur l'arbre de rotation, et dont la surface humide se renouvelle constamment, grâce au mouvement de l'axe. Au sortir de ces refroidisseurs, le gaz passe dans des ventilateurs centrifuges où l'on injecte une certaine quantité d'eau : cette eau donne aux poussières la masse qui leur manque et les projette, par la force centrifuge, contre les parois, où elles ruissellent.

Le gaz épuré primaire est distribué aux Cowper et aux chaudières d'une part, à la seconde épuration d'autre part, avec une teneur de 0<sup>gr</sup>3 à 0<sup>gr</sup>5 par mètre cube.

L'épuration secondaire se fait le plus souvent à l'aide d'appareils Theisen : tambour légèrement conique, muni de palettes, tournant à grande vitesse (400 tours par minute), et autour duquel les gaz sont entraînés : il y a des changements continuels de direction, que les gaz subissent plus facilement que les poussières, projetées par la force centrifuge et enlevées par l'eau introduite dans l'appareil.

D'autres usines emploient exclusivement des ventilateurs humides à injection d'eau, dont deux batteries peuvent être disposées en série.

De toute façon, le gaz épuré passe par des séparateurs pour se débarrasser de la plus grande partie de l'eau avant de gagner les tuyauteries vers les moteurs de la centrale.

On voit que les conduites par où circule le gaz se trouvent dans des conditions différentes par rapport aux nettoyages : la partie comprise entre le fourneau et les bouteilles ou pots à poussières véhicule un gaz chaud et fortement chargé de poussières : mais on évite les nettoyages en donnant à

cette tuyauterie une forte inclinaison, qui rassemble les poussières déposées à la partie inférieure des bouteilles ou épurateurs secs. Cette inclinaison se donne aisément, puisque l'on dispose de la hauteur des fourneaux.

La partie des canalisations comprise entre les bouteilles et l'épuration primaire renferme encore un gaz sale, qui exige généralement un nettoyage trimestriel; il y a avantage à réduire cette partie le plus possible, mais on ne dispose pas toujours, surtout dans les anciennes usines, de l'emplacement voulu à proximité des fourneaux; du reste l'avantage d'une épuration centrale pour le gaz de tous les appareils est tel, que, forcément, cette tuyauterie est développée, puisqu'elle longe tout le massif des fourneaux.

Les conduites de gaz épuré primaire ne nécessitent guère qu'une visite semestrielle ou parfois annuelle; enfin la partie contenant le gaz épuré au deuxième degré pour les moteurs ne demande de nettoyage qu'après 1, 2 ou même 3 ans de fonctionnement.

Comment assurer la sécurité de cette opération dangereuse qui consiste à faire entrer des ouvriers dans une tuyauterie où a circulé un gaz éminemment toxique et où gisent des poussières ou des boues dont l'odeur indispose incontestablement?

Une solution pourrait se présenter à l'esprit, c'est d'installer les tuyauteries à gaz en double, pour procéder en toute sécurité au nettoyage d'une canalisation pendant le fonctionnement de l'autre. En fait cela existe pour certains tronçons dans quelques usines. Mais il est déjà si difficile de ménager toutes les tuyauteries nécessaires dans une usine, que le procédé, outre son coût exagéré, ne mérite d'être mentionné que pour des cas très particuliers.

Pour opérer la visite des tuyauteries avec sécurité, il faut :

1° Isoler convenablement la partie à visiter ;

2° L'assainir par une ventilation rationnelle et s'assurer de l'efficacité de celle-ci avant d'introduire les ouvriers ;

3° Organiser méthodiquement le travail et le sauvetage éventuel.

Ce sont ces trois points que nous allons développer (1).

Dans un quatrième paragraphe, nous parlerons des essais de nettoyage mécanique des conduites.

A) ISOLEMENT DES TUYAUTERIES. — Le point qu'il importe d'assurer en premier lieu est le parfait isolement du fourneau par rapport à la tuyauterie à visiter; généralement les nettoyages généraux se font en arrêtant tous les fourneaux : on ouvre les divers clapets d'explosion, on suspend les souffleries, généralement on laisse le gueulard ouvert; de cette manière, il y a peu de chance que du gaz s'échappe du fourneau vers les tuyauteries, étant donné qu'il trouverait plusieurs écoulements faciles avant de les atteindre; mais on ne peut se contenter de cette sécurité *morale* : il faut une sécurité physique résultant d'une fermeture étanche; cette fermeture étanche est encore plus nécessaire lorsque l'on fait le nettoyage sans arrêt des fourneaux, les gaz étant dérivés directement vers les Cowper.

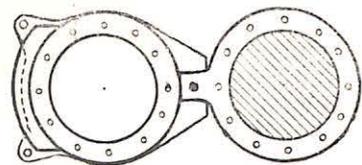
Cette fermeture étanche n'est pas facile à réaliser; les vannés à glissières ni les papillons ne peuvent jamais être considérées comme hermétiques : ces vannes laissent toujours filtrer une certaine quantité de gaz; il en est de même des cloches dont le bord prend dans une rigole de poussières, parce que ces poussières sont durcies par places et empêchent la soupape de pénétrer; il y a cependant moyen de combiner ces fermetures de façon à augmenter leur sécurité,

(1) Les notes qui vont suivre sont les enseignements suggérés par les visites des principales usines de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg et de Lorraine; nous nous plaisons à exprimer ici tous nos remerciements à MM. les Directeurs et Ingénieurs des établissements visités pour l'aimable accueil reçu auprès d'eux et pour les explications compétentes qu'ils nous ont prodiguées.

comme nous le verrons plus loin ; les seules fermetures sur l'étanchéité desquelles on puisse compter sont les joints hydrauliques, et nous examinerons spécialement les cas de leur application.

Il existe aussi d'autres systèmes qui donnent une sécurité suffisante :

**Joints pleins.** — Dans une des principales usines belges (Ougrée), il est de règle de ne jamais laisser pénétrer des ouvriers dans une conduite sans que celle-ci ne soit isolée, en amont et en aval, ou parfois, quand la chose est suffisante, à l'un de ces deux points seulement, par deux joints pleins de manière à éviter toute rentrée de gaz extérieur : ces joints pleins consistent en une tôle pleine, serrée par boulons avec interposition d'un joint entre les brides des deux parties désassemblées. Dans les parties nouvelles des tuyauteries, ce système a été rendu plus pratique par l'emploi, aux différents points où l'isolement doit pouvoir se faire, de lunettes *Schmidt*, semblables à celles employées



Coupe en élévation.



Coupe en plan.

Fig. 24. et 52. — Lunettes pouvant former joint plein pour isoler une partie de tuyauterie.

parfois aux appareils Cowper : la lunette comprend un cercle plein, placé à 180° d'un cercle évidé : celui-ci, en temps normal, assure la continuité de la conduite et est serré entre boulons. L'appareil est porté par un siège à deux flasques en acier coulé, représenté schématiquement aux croquis 24 et 25 et intercalé dans la tuyauterie. Pour isoler la partie de tuyauterie, on déboulonne, on fait tourner le disque de 180° de façon à amener la tôle

pleine (fig. 24 et 25), entre les deux bouts de tuyauteries et l'on reboulonne : en quelques minutes l'opération est finie.

Remarquons que ce genre de joint d'isolement présente sur le joint hydraulique l'avantage de résister à une surpression accidentelle supérieure à la hauteur d'eau. Il empêche toute fausse manœuvre ou malveillance pendant le travail, vu le temps nécessaire pour modifier la position du disque.

Dans une autre usine belge (Angleur), nous avons vu un autre dispositif : on ne considère jamais comme étanche une vanne seule : on en dispose toujours deux à la suite l'une de l'autre, soit deux glissières, soit une cloche et une glissière ; entre les deux, par une ouverture qu'on laisse

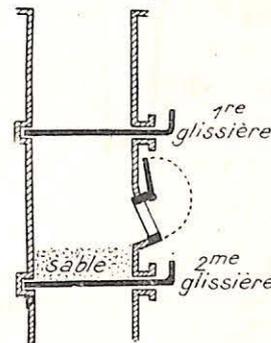


Fig. 26. — Dispositif de double fermeture avec ouverture intermédiaire.

ouverte pendant toute l'opération de nettoyage, on introduit du sable ou de l'eau.

Dans une importante usine du Grand-Duché (ancienne usine d'Esch de la Gelsenkirchener A. G.), le même principe est admis : les ouvriers ne peuvent pénétrer dans les conduites que s'ils sont préservés par deux vannes, entre lesquelles une ouverture ou trou d'homme est maintenue ouverte pendant le nettoyage : de cette façon si un gaz filtre à travers la première fermeture, ce qui n'est possible

que par suite de l'existence d'une certaine *pression*, il trouve à s'échapper à l'atmosphère sans avoir tendance à traverser la seconde vanne, puisqu'il n'a plus de pression. Pour la partie comprise entre les deux vannes, on ne peut

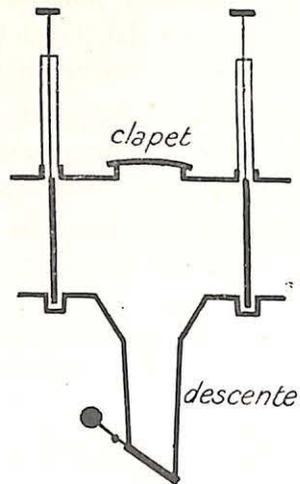


Fig. 27. — Fermeture double avec dispositif de vidange dans l'intervalle.

obtenir cette sécurité : aussi faut-il réduire cette partie et disposer un moyen de nettoyage mécanique par ringard, comme le montre le schéma ci-contre (fig. 27).

Un autre système, que l'on cherche à généraliser dans une importante usine française, parce qu'il s'adapte mieux aux conditions de l'usine existante, est de réaliser un

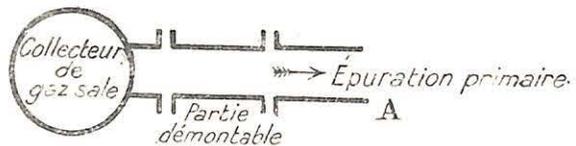


Fig. 28. — Dispositif d'isolement des conduites par sectionnement avec parties amovibles.

*sectionnement* des conduites en ménageant, aux endroits où

l'isolement doit pouvoir se faire, des parties courtes démontables : par exemple, entre le collecteur des gaz sales des fourneaux et le branchement qui va à l'épuration primaire, on intercale (fig. 28) un bout de 1 mètre ou 1<sup>m</sup>50, boulonné, que l'on enlève pour assurer la sécurité de la visite de la conduite *A*, pendant l'arrêt des fourneaux, tout au moins, car dans une autre hypothèse, il faudrait en plus installer un joint plein au collecteur.

Les **joints hydrauliques**, avons-nous dit plus haut, sont les seuls dispositifs étanches. Ils ne sont pas et ne pourraient pas être d'un emploi général parce qu'ils ne sont pas réalisables partout. Au sortir du gueulard, les gaz ont souvent une température supérieure à 100° : l'eau des joints hydrauliques — supposés à alimentation continue — s'évaporerait : ce ne serait là qu'un inconvénient minime, semble-t-il, si tout le gaz passe à l'épuration primaire, puisque cette évaporation se ferait au détriment de la chaleur du gaz et faciliterait d'autant la fonction des refroidisseurs. Mais le gaz chaud, chargé de poussières, formerait au contact de l'eau une sorte de ciment qui remplirait la rigole du joint. Les joints hydrauliques semblent donc impraticables entre les fourneaux et les refroidisseurs Zschocke ou Bian; il n'en est plus de même au-delà et il y a certains endroits où ils sont particulièrement indiqués. Nous citerons quelques exemples vus dans notre voyage d'étude fait dans les principales usines lorraines et luxembourgeoises.

A la nouvelle usine Adolf-Emile, à Esch, chaque fourneau peut être isolé du voisin par une fermeture représentée schématiquement ci-contre (fig. 29) : en temps normal le gaz passe de *A* en *B* en s'infléchissant sous la tôle de séparation; pour isoler les deux parties *A* et *B*, il suffit de remplir d'eau la partie inférieure : la hauteur

d'un mètre d'eau assure une fermeture absolument étanche et de toute sécurité. Ces fermetures sont donc intercalées entre le fourneau et le collecteur de gaz sale.

A Dommeldangé, une fermeture semblable est utilisée à

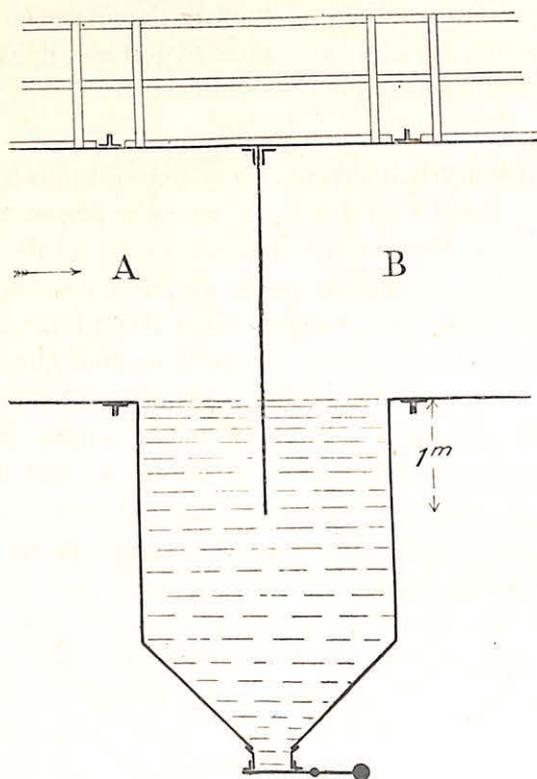


Fig. 29. — Dispositif de fermeture hydraulique entre deux fourneaux voisins (Gelsenkirchener A. G.)

l'entrée du gaz dans les moteurs; elle devrait se généraliser dans toutes les usines pour permettre la visite des organes des moteurs en toute sécurité.

A Hayange (usines de Wendel), on utilise un autre mode

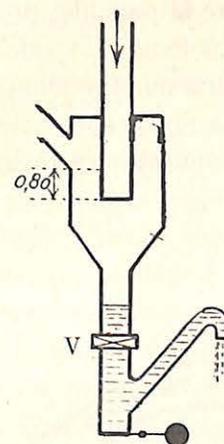


Fig. 30. — Type de fermeture hydraulique (Usines de Wendel à Hayange). — Le schéma représente l'appareil pendant le passage normal des gaz, la vanne V étant ouverte.

de construction, plus facile à réaliser (fig. 30) : le tuyau amenant le gaz aux ventilateurs des Zschocke débouche dans un réservoir cylindrique qui, en temps normal, possède une décharge en siphon : lorsque l'on veut isoler un ventilateur, on ferme la vanne V et l'on remplit le bassin de façon à créer un joint hydraulique de 0<sup>m</sup>80 de hauteur.

Ci - après (fig. 31 et 32) deux autres dispositions de joints de ce genre relevées à l'entrée aux moteurs et aux ventilateurs.

Remarquons la grande hauteur du joint d'eau, 0<sup>m</sup>80, bien supérieure à la pression normale du gaz : c'est là une condition essentielle de la sécurité de ces dispositifs, car en cas de surpression, il faut que ces joints résistent (1).

Semblables dispositifs sont très faciles à réaliser et doivent être vivement conseillés pour pouvoir visiter en toute sécurité chaque appareil d'épuration ou moteur ; ils sont tout indiqués notamment aux endroits suivants :

- 1° à l'entrée de chaque moteur ;
- 2° à l'entrée de chaque ventilateur ou Theysen ;

(1) Ceci nous amène à signaler que parfois le joint hydraulique ou siphon des appareils épurateurs (Bian, Theisen, refroidisseurs, ventilateurs, etc.) par où se fait la décharge d'eau, n'a pas assez de hauteur, ce qui fait qu'en cas de surpression ces appareils livrent passage à du gaz. Autant que possible il faut que ces joints soient à l'extérieur des bâtiments, de façon à ce que ces afflux accidentels de gaz offrent le minimum de danger. C'est d'ailleurs ce qui se pratique généralement.

3° à l'entrée de chaque chaudière si possible, pour les utiliser lors des visites de carneaux.

4° dans les usines où plusieurs fourneaux fonctionnent, à l'endroit où la tuyauterie venant d'un fourneau se raccorde au collecteur conduisant les gaz à l'épuration primaire ;

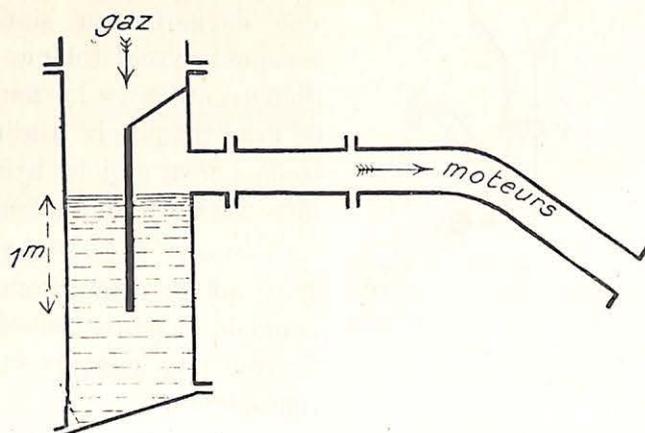


Fig. 31. — Schéma d'une fermeture hydraulique à l'entrée de chaque moteur (Usines de Wendel, à Hayange).

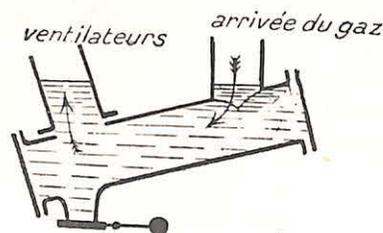


Fig. 32. — Schéma d'une fermeture hydraulique à l'entrée des ventilateurs (Usines de Wendel, à Hayange).

5° de même à l'endroit où le collecteur de gaz sale se branche à l'épuration primaire, de façon à isoler tout le circuit de l'épuration.

Les types de fermeture que nous venons d'énumérer sont plutôt des dispositifs de sécurité, destinés à n'être employés

que pour les visites des canalisations ou appareils au-delà du point d'isolement.

A la vérité, leur manœuvre n'exige guère de temps, puisqu'il suffit d'ouvrir un robinet branché sur une conduite d'eau, pour remplir rapidement l'espace formant joint.

Mais il existe aussi des cloches à joint hydraulique bien combiné. Faisons ici une remarque générale, parfois perdue de vue, sur l'aménagement des cloches : celles-ci devraient toujours être disposées de façon que, lors de la fermeture, le gaz restant dans la tuyauterie — donc, en général, du côté du fourneau — tende à presser la soupape sur son siège et non à la soulever. La disposition des cloches  $K_1$ ,  $K_2$  (accident n° 13, fig. 19 et 20) est déficiente à cet égard.

Nous reproduisons ci-contre (figures 33 et 34), un dispositif que nous avons vu dans une usine lorraine (Hayange) et qui était construit par la maison Zschocke de Kaiserslautern ; le joint est à alimentation continue, l'eau arrive par un ajutage tangentiel  $A$  (ou parfois par deux ajutages tangentiels) et sort par  $B$ . La sortie présente une difficulté, on n'a pas cru pouvoir la prendre directement au niveau supérieur de l'eau, puisque la poussière se dépose au fond de la rigole ; c'est pourquoi on provoque le départ par le fond, avec un branchement en siphon, de manière à maintenir la hauteur d'eau ; ce siphon est interrompu pour que l'on puisse constater en tout temps l'écoulement de l'eau sale ; une vanne spéciale  $V$  permet, en mettant les branches du siphon en court-circuit, de créer une chasse d'eau en vidant le joint directement, pour évacuer un dépôt qui se serait formé. L'entrée tangentielle de l'eau crée un déplacement circulaire de la masse d'eau, très favorable à l'entraînement des poussières.

Cet appareil était placé au sortir de l'épuration Zschocke ; à cet endroit le gaz, déjà très propre, ne justifiait pas tant de précautions ; de plus, au sortir des ventila-

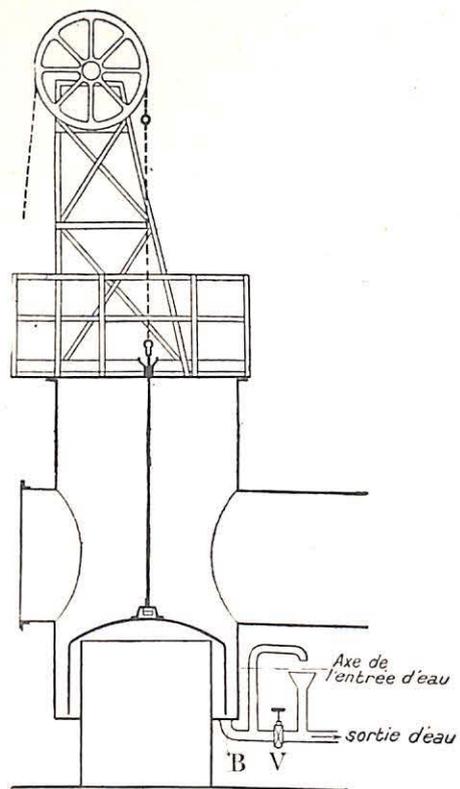


Fig. 33. — Elévation.

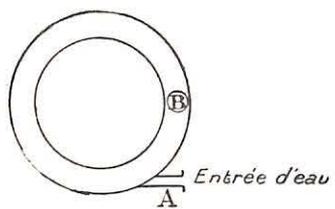


Fig. 34. — Vue en plan.  
Type de cloche à joint hydraulique construit par la Maison Zschocke  
(Usines de Wendel à Hayange).

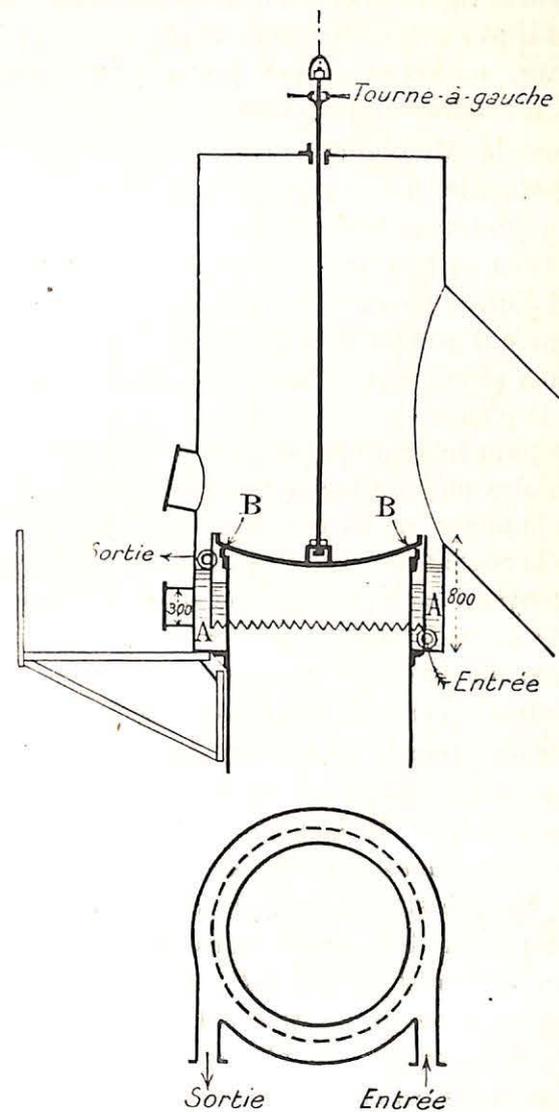


Fig. 34 bis. — Cloche à joint hydraulique A et à joint métallique rodé B.  
(Société anonyme de Sambre-et-Moselle.)

teurs, il se condense toujours assez d'eau pour alimenter suffisamment la rigole de la cloche. Aussi ce dispositif ingénieux n'est-il pas utilisé. S'il était applicable à proximité du fourneau, ne serait-ce que pendant les travaux de nettoyage, il rendrait de grands services.

A l'usine de Montignies-sur-Sambre de la Société de Sambre et Moselle, on compte appliquer un système de ce genre au fourneau n° 3 en construction ; seulement la sortie de l'eau se fera par un ajutage tangentiel disposé à 180° de l'ajutage d'entrée, et au niveau supérieur du joint d'eau, comme le montre le schéma (fig. 34bis). Les deux ajutages sont placés d'un même côté de la soupape, comme le montre le plan.

Outre le joint hydraulique *A*, le type de fermeture comportera en plus un joint métallique rodé en *B* (tout comme le type de joint sec fig. 37 ci-après).

D'après la Société de Sambre et Moselle, cette fermeture peut s'employer dans le gaz sale avec un bon courant d'eau.

En tout cas, les fermetures isolant le fourneau immédiatement près du gueulard ne pourront pas souvent être opérées hydrauliquement, à cause de la température et de la difficulté d'entretenir les appareils en bon état.

Mais il y a moyen de choisir des fermetures bien étudiées de manière à obtenir le maximum d'étanchéité ; à titre d'exemple, voici deux fermetures vues à la Société de Sambre et Moselle et qui offrent de sérieux avantages.

1° Le clapet (fig. 35), ouvert dans la position *A' B'*, se relève pour la fermeture en *AB* ; les deux parties qui viennent en contact sont des parties dressées, la couronne *a* (fig. 36) étant amovible. En plus de cette précaution, la tige de manœuvre est suspendue au câble de commande par l'intermédiaire d'un étrier permettant la rotation du clapet ; on peut donc roder celui-ci sur son siège et éliminer ainsi les poussières agglutinées qui empêcheraient

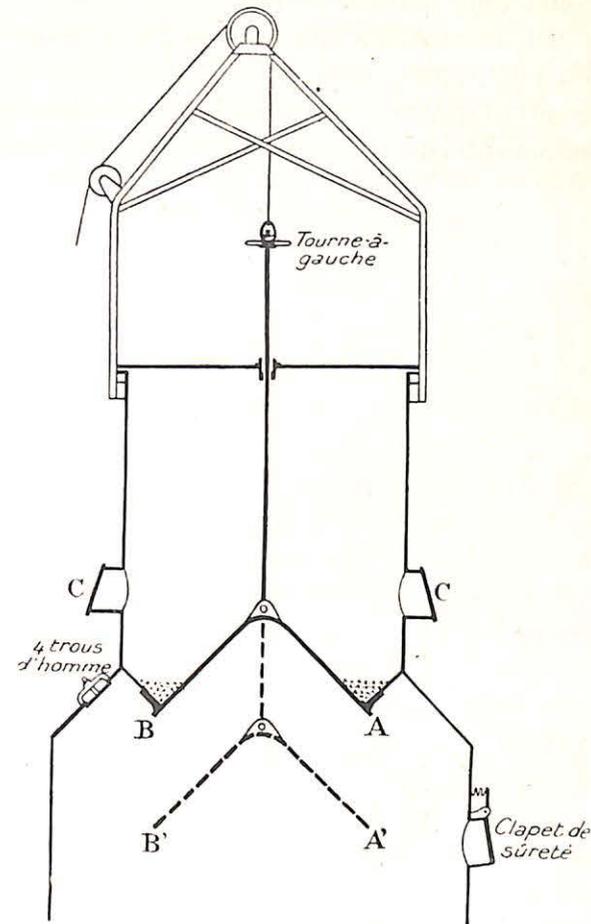


Fig. 35 — Type de fermeture par clapet conique avec parties de contact dressées (Soc. an. de Sambre et Moselle).  
CC, orifices pour jeter du sable dans le joint.

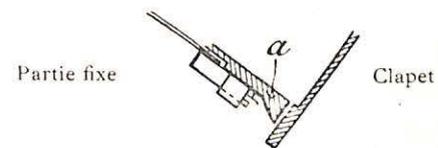


Fig. 36. — Agrandissement du contact du clapet, fig. 35 : la pièce mobile de droite est le bord du clapet ; le contact se prend sur la couronne *a*.

un bon contact des parties en prise, simplement en imprimant au tourne-à-gauche intercalé sur la tige quelques mouvements de rotation dans les deux sens.

2° Une autre fermeture, vue dans la même usine et digne d'une mention spéciale, est celle indiquée schématiquement

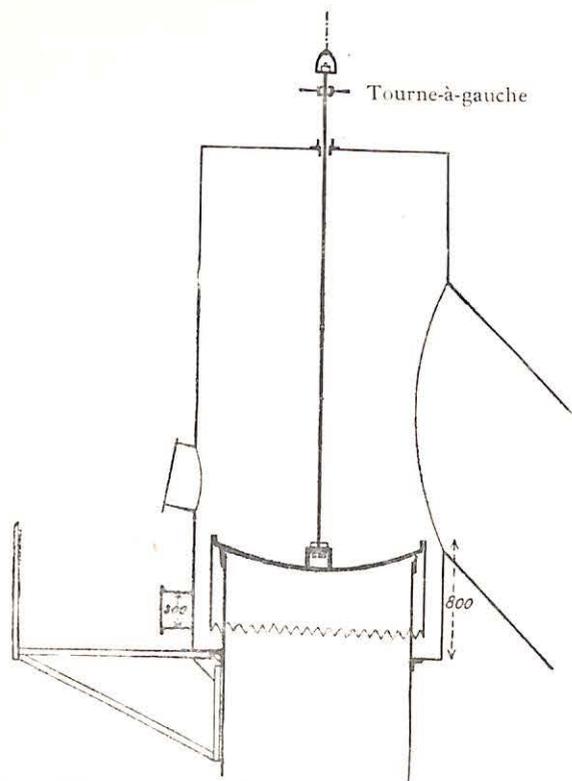


Fig. 37. — Cloche à joint sec, à bord inférieur denté, pouvant préparer son siège par rodage (Soc. an. de Sambre et Moselle).

ci-contre (fig. 37). Le clapet fermant la cloche porte à sa partie inférieure une couronne dentée qui lui permet, au moment de la fermeture, de creuser sa place dans les poussières accumulées dans la rigole; il suffit pour cela de donner un mouvement de rotation par le tourne-à-gauche inter-

calé sur la tige du clapet; de plus, à fond de course, le clapet repose sur un cercle dressé, ajusté au bord intérieur de la rigole du joint (voir figure) et on peut le roder sur son siège par un simple mouvement du tourne-à-gauche.

Enfin une ouverture latérale, de 300 <sup>m</sup>/<sub>m</sub>, permet d'enlever périodiquement les poussières et éventuellement de jeter du sable pour compléter le joint.

B) VENTILATION DES CONDUITES AVANT L'ENTRÉE DES OUVRIERS. — Supposons effectuées les diverses opérations qu'exige l'arrêt d'un fourneau et admettons que les parties à visiter soient isolées d'une manière irréprochable, évitant tout afflux de gaz.

Il faut encore assainir la conduite avant d'y laisser pénétrer les ouvriers; généralement, on se contente d'ouvrir tous les clapets ménagés sur la tuyauterie; à notre avis, on ne peut absolument pas compter sur l'efficacité de ce système, d'autant plus que le gaz de haut-fourneau est légèrement plus dense que l'air; un certain assainissement se produira incontestablement, mais d'une façon très irrégulière et n'offrant pas de sécurité.

Il faut absolument créer un courant d'air balayant complètement le gaz contenu dans les canalisations; mais une précaution essentielle, souvent oubliée — nous en avons vu plusieurs cas en relatant les accidents — est d'avoir soin de refermer tous les clapets intermédiaires qui auraient pu être ouverts pour les manœuvres de l'arrêt du fourneau et de ne laisser ouvert que le premier clapet, immédiatement après la fermeture assurant l'isolement de la tuyauterie, sans quoi le ventilateur aspirera en court-circuit par l'orifice le plus rapproché laissé ouvert et aura peu ou point d'effet sur la partie extrême.

Comment créer ce courant ventilateur? Assez souvent on laisse tourner les appareils situés à l'extrémité de

l'épuration, ventilateurs ou Theisen commandés par la centrale à gaz, jusqu'à leur arrêt par défaut de gaz ou par amortissement de la force vive. Ce procédé ne paraît pas suffisant.

Il vaudrait incontestablement mieux avoir à l'extrémité de la conduite un ventilateur qui puisse être commandé d'une façon indépendante de la centrale à gaz.

Dans certaines usines, on fait aspirer sur la tuyauterie une des cheminées de l'usine, en laissant la communication avec un Cowper, par exemple.

Une fois la ventilation achevée — et d'après le système employé, elle pourra durer 1/2 heure à 1 heure ou plus — on pourra rouvrir tous les clapets et les laisser ouverts un certain temps avant de laisser pénétrer les ouvriers.

Il serait désirable, avant de laisser pénétrer les ouvriers, d'opérer un contrôle constatant l'absence d'oxyde de carbone; l'article 19 de l'arrêté royal du 30 mars 1905 le prescrit du reste en son premier alinéa. Ce desideratum n'est pas facile à réaliser, car il faut naturellement une opération simple, facile à exécuter et donnant rapidement des indications.

A ce sujet, un procédé qui nous paraît suffisamment pratique, est celui employé par le Service médical de l'Inspection du Travail de Belgique. Voici comment M. le Dr Gilbert, Inspecteur général du Travail, a décrit la méthode au Congrès des maladies professionnelles tenu à Milan en 1906 :

« La méthode employée par le Service médical pour la recherche de l'oxyde de carbone est une variante du procédé de M. John Haldane : elle est basée sur la modification de coloration que subit l'hémoglobine en présence de CO.

» On se sert d'une solution sanguine voisine de 1 % et

variable d'ailleurs avec le sens chromatique de l'observateur. Des expériences sur les différents animaux de laboratoire ont permis de conclure que l'animal de choix est le rat blanc, dont l'hémoglobine normale a une teinte plus brune que l'hémoglobine du cobaye, du lapin et surtout du pigeon (1).

» Pour les expériences qui doivent se faire à l'atelier, on prépare d'avance un certain nombre de fioles de 100 grammes remplies de la solution sanguine (2); sur place on en réserve une pour les comparaisons colorimétriques; on vide successivement les autres à l'endroit précis où l'on veut prélever l'échantillon d'air. On a soin toutefois de laisser dans chacune des fioles 4 à 5 centimètres cubes de solution.

» Après agitation pendant au moins 10 minutes, il suffit de comparer la teinte du liquide en expérience avec la teinte de la solution tenue en réserve : deux éprouvettes de même calibre (3) servent de colorimètre.

» La méthode est très sensible mais elle n'est pas à l'abri de toute critique. En effet, certains gaz, que l'on rencontre assez communément dans l'industrie, agissent pour leur propre compte sur la coloration des solutions sanguines et peuvent, au moins dans les cas où la limite de visibilité est près d'être atteinte, donner lieu à des erreurs d'interprétation, soit en faisant croire à la présence d'oxyde de carbone dans une atmosphère qui n'en contient pas, soit, plus souvent, en dissimulant par la décoloration produite, l'effet de l'oxyde de carbone réellement existant. Parmi les gaz essayés à ce point de vue, les vapeurs nitreuses, les

(1) A défaut de rat blanc, on peut utiliser l'un de ces derniers animaux, surtout pour les essais dans les canalisations à gaz de haut-fourneau.

(2) Celle-ci s'obtient donc en recueillant le sang chaud de l'animal sacrifié, tout en l'agitant vivement pour le débriner et en diluant ensuite à 100 volumes à l'aide d'eau distillée.

(3) Deux tubes à essai identiques suffisent à cet effet.

dégagements chloreux et sulfureux doivent surtout fixer l'attention.

» Au reste, les inconvénients de la méthode sont compensés par un grand avantage. Il est clair en effet que toute atmosphère capable d'altérer aussi rapidement et d'une manière aussi manifeste l'hémoglobine du sang est une atmosphère nuisible à la santé, quelles que soient les substances qui lui donnent ce caractère.

» De même la question de dosage paraît fort secondaire : l'oxyde de carbone est un toxique du sang tellement redoutable qu'il suffit que sa présence soit constatée pour qu'il soit nécessaire de modifier d'urgence les conditions d'aération ou de ventilation. »

Grâce à l'amabilité de M. le Dr Vandermierden, Inspecteur du Travail à l'administration centrale à Bruxelles, nous avons pu, en sa compagnie, essayer la méthode aux usines Cockerill à Seraing, avec la bienveillante autorisation de M. le Directeur général Ad. Greiner (1).

Un premier essai, fait à proximité d'un jet de gaz (prise de gaz d'un manomètre) a donné une réaction très nette, résultat attendu.

Deux essais ont été faits ensuite sur les boues humides des canalisations : on ouvrait la trappe d'un tuyau vertical de vidange, on agitait les boues qui sortaient pendant que l'on déversait lentement le contenu d'une fiole au-dessus de ces boues. Les deux essais ont été négatifs. Les boues humides ne semblent donc pas dégager d'oxyde de carbone dans ces conditions.

Les poussières sèches recueillies dans la seconde bouteille près du fourneau ont de même donné un résultat négatif.

(1) Nous devons ici des remerciements spéciaux, pour leur obligeant concours, à M. Hiertz, Ingénieur en chef du service des hauts-fourneaux, et à son adjoint, M. l'Ingénieur Cousin.

Deux autres essais ont été opérés ensuite sur les poussières déposées dans la première bouteille immédiatement voisine du fourneau. La fiole était vidée lentement au-dessus d'un chenal où s'écoulait le flux de poussières. Les essais ont donné une coloration appréciable. D'après cela, les poussières sèches seraient bien plus capables de retenir physiquement de l'oxyde de carbone que les boues de gaz épuré.

Arrêtons-nous un instant à ces résultats donnés par les boues : ils confirment ce que le simple raisonnement permet déjà de déduire de la composition des gaz de hauts-fourneaux : ceux-ci ne renferment que des produits pratiquement insolubles dans l'eau, à l'exclusion de  $\text{CO}_2$  dont la solubilité est appréciable, mais dont le rôle en l'espèce est insignifiant ; les boues ne pourraient donc contenir du gaz que par occlusion physique ou mécanique ; les particules solides qui seraient capables d'absorber du gaz — c'est-à-dire uniquement les poussières de coke — sont entourées et imprégnées d'eau, au point que toute absorption semble difficile dans ces conditions.

La présence de l'eau et les faibles dimensions des particules solides rendent de même peu vraisemblable une occlusion mécanique, retenant du gaz dans les intervalles.

Remarquons que les conditions sont autres pour les poussières sèches et grenues déposées dans les premières bouteilles contre le fourneau et pour lesquelles, par suite de la sécheresse et de la grosseur des grains, peuvent se produire à la fois une absorption physique et un entraînement mécanique.

Quoi qu'il en soit, les poussières et les boues incommodes les ouvriers par leur odeur nauséabonde (1), c'est là

(1) La cause de cette odeur écœurante est, d'après certains, la présence de cyanures ; cette odeur rappelle celle que dégagent, dans nos villes, au moment où on les met à nu, les terrains traversés par des tuyauteries à gaz d'éclairage.

un fait que chaque nettoyage de tuyauteries renouvelle : certains ouvriers se sentant mal doivent quitter le travail, précaution indispensable, car en restant ils courent le risque de tomber la face dans les boues ou poussières et d'être victimes d'une asphyxie comme on le serait par une chute dans un corps liquide ou pulvérulent quelconque; mais les poussières ne paraissent pas pouvoir provoquer, par leur simple présence, d'asphyxie rapide ni d'intoxication par l'oxyde de carbone; les accidents que certains ont cru pouvoir leur attribuer nous paraissent plutôt dûs à un repassage des gaz par des fermetures non étanches, bien qu'une opinion absolue et catégorique soit à écarter dans l'état actuel des choses.

Les essais faits à la Société Cockerill, qui n'avaient du reste pour but que de fixer les idées, montrent que la méthode exposée plus haut est susceptible de donner des résultats assez pratiques. Tout au moins mérite-t-elle d'être essayée dans les usines métallurgiques; son emploi n'offre aucune difficulté, d'autant plus que ces établissements possèdent tous un service médical organisé. Le procédé n'exige aucun matériel, aucune analyse et donne des résultats immédiats, puisqu'il suffit d'agiter pendant 10 minutes l'éprouvette essayée.

Il existe de nombreux écrits sur le moyen de déceler l'oxyde de carbone, ce qui prouve la difficulté du problème; Il faut bien dire que le procédé qui consiste, pour s'assurer de l'inocuité d'une atmosphère, à introduire une cage avec une souris ou un autre petit animal n'est guère pratique et peut donner des mécomptes, car les manifestations rapides et violentes d'intoxication n'apparaissent qu'à des teneurs élevées, supérieures à la limite de salubrité de l'atmosphère.

Le procédé du Docteur Gréhan utilise l'action du CO sur l'hémoglobine; il consiste à fixer l'oxyde de carbone

par le sang d'un mammifère vivant, à extraire ensuite les gaz d'un volume donné de ce sang et à analyser ces gaz; ce n'est évidemment qu'un procédé de laboratoire scientifique et non un détecteur industriel. Il en est de même des procédés basés sur la spectroscopie, en usage dans les recherches de médecine légale.

Plusieurs procédés chimiques ont été imaginés, qui tous emploient les propriétés réductrices de CO : de ce chef, ils exigent la suppression préalable des autres gaz réducteurs de l'atmosphère (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>) ou bien la certitude que ceux-ci manquent, ce qui est à peu près le cas pour le gaz des hauts-fourneaux.

Un de ces procédés fait réagir le gaz à examiner sur l'anhydride iodique :  $I_2 O_5 + 5 CO = 5 CO_2 + I_2$  : l'apparition de l'iode mis en liberté, en si petite dose que ce soit, est marquée par la coloration bleue caractéristique de l'empois d'amidon. Cette réaction a même été employée quantitativement en dosant CO<sub>2</sub> (Gautier) ou I<sub>2</sub> (Nicloux).

Le chlorure d'or et le chlorure d'argent sont réduits également par l'oxyde de carbone, l'or donnant un dépôt pourpre, l'argent un dépôt noirâtre.

Le chlorure de palladium donne une réaction plus nette et c'est pourquoi il a été employé par divers expérimentateurs. L'appareil Nowicki, qui emploie cette réaction, semble être un véritable détecteur industriel; à ce titre nous en donnerons la description; le dispositif très simple préconisé par M. Romuald Nowicki (1), chef chimiste des charbonnages de Witkowitz (Mährisch-Ostrau), consiste en un tube de verre dûment protégé par une armature métallique et muni de deux robinets; on ouvre ces robinets et par l'un d'eux, à l'aide d'une poire en caoutchouc, on rem-

(1) Voir *Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen*, n° 43 du 28 octobre 1911; la note technique n° 293 du 15 décembre 1911 du Comité central des houillères de France signale cet appareil.

plit l'appareil de l'atmosphère à examiner (1), jusqu'à être certain que l'air remplissant l'appareil ait été expulsé par le second robinet. On ferme alors les deux robinets. le second porte une pince où est fixée la bande de papier humecté de chlorure de palladium : l'oxyde de carbone réagit et noircit la bande d'autant plus rapidement que sa teneur est plus forte. On note donc le temps nécessaire à la réaction.

M. Nowicki donne même une table donnant les teneurs en fonction de la durée de réaction; nous en extrayons ce qui suit :

% (en volume) de CO	La réaction est visible après :	Le papier est complète- ment noirci après :
0.01	11 minutes	60 minutes
0.10	1 minute	9 id.
0.25	44 secondes	6 id.
0.75	20 id.	3 id.
1.00	16 id.	2 id.
2.00	15 id.	2 id.

L'appareil, très portatif, peut se mettre en poche; il donne des indications très rapides; de plus, il est très peu coûteux (2).

Nous avons essayé l'appareil à la Société Cockerill; des différentes expériences que nous avons effectuées, il résulte que le procédé donne des indications nettes: le papier humecté de chlorure de palladium a une couleur jaune rosé, sur laquelle on voit se former de petites taches grises qui s'étendent bientôt à toute la surface et donnent au papier une teinte grise ou noire suivant la teneur. La température influe beaucoup sur la rapidité de la réaction: c'est ainsi que le même gaz, prélevé d'abord à la prise

(1) Le gaz prélevé de la sorte passe d'abord dans un tube dessiccateur logé dans l'appareil, à l'intérieur du tube principal.

(2) A titre de renseignement, M. Nowicki mentionne que la firme Carl Glazzel de Marish-Ostrau fournit l'appareil en étui, avec réactifs, pour 26.50 couronnes soit fr. 27.85.

d'un manomètre où sa température n'était que de quelques degrés à peine — le thermomètre marquait 4° sous zéro le jour de ces essais — puis à un endroit où il avait 30° environ, a donné dans le premier cas la coloration noire complète en un temps double de celui du second cas.

Il résulte de là que les indications quantitatives citées par M. Nowicki supposent des conditions de température déterminées; de plus, les temps au bout desquels le papier est complètement noirci sont bien supérieurs à ceux qui résulteraient du tableau donné ci-dessus: c'est ainsi que le gaz, à 30° C., contenant de 20 à 25 % de CO, a demandé 3 à 5 minutes pour noircir la bande de papier (dès la fin de la première minute, la réaction était visible). Cette grande durée provient peut-être de ce que M. Nowicki aurait gradué son appareil avec un mélange gazeux ne contenant que de l'air et du CO pur, tandis que, dans le gaz complexe de haut-fourneau, les autres constituants, CO<sub>2</sub> notamment, pourraient retarder la réaction.

Si l'on voulait donc utiliser quantitativement l'appareil Nowicki, une série d'essais méthodiques seraient nécessaires pour déterminer l'influence des divers facteurs.

Mais ces indications quantitatives sont accessoires, étant donné qu'un endroit contenant de l'oxyde de carbone, en quelque quantité que ce soit, est dangereux: il vaut donc mieux considérer l'appareil comme donnant simplement une indication de danger.

A ce point de vue, les essais opérés ont montré que l'appareil est sensible: la réaction s'est marquée très nette non seulement en plein gaz mais aussi à l'air libre, par exemple à proximité d'une fuite de gaz, près d'un bourrage non étanche, etc...

L'appareil mériterait d'être essayé dans nos usines; son emploi amènerait sans doute l'un ou l'autre perfectionnement qui adapterait l'appareil aux conditions spéciales dans lesquelles il devrait être utilisé.

C) ORGANISATION DU TRAVAIL. — Après toutes ces précautions, la visite des canalisations se fera dans des conditions satisfaisantes de sécurité; cependant, malgré tout, le travail reste dangereux et exige une surveillance toute spéciale. Une organisation méthodique est nécessaire et la présence d'un agent supérieur, adjoint immédiat de la direction, est désirable pour assurer la coordination du travail et empêcher que de fausses manœuvres aux vannes ne soient commises par l'une ou l'autre équipe.

Il ne faut naturellement pas laisser d'ouvrier isolé dans ce genre de travail; on peut recommander de munir les ouvriers d'une ceinture de sûreté reliée à une corde tenue par leurs camarades restés à l'extérieur, bien que généralement il soit très difficile d'opérer un sauvetage sans entrer dans la conduite; un surveillant doit être attaché spécialement à une équipe de 3 ou 4 hommes et, après avoir vérifié personnellement l'absence de danger, se tenir en communication verbale avec les ouvriers entrés dans la conduite; ceux-ci doivent se relayer à des intervalles très courts. De préférence, il faut choisir les ouvriers connaissant les dangers du gaz et nous trouvons absolument défectueux le système qui consiste à remettre à des entrepreneurs et des ouvriers étrangers le soin de la visite et du nettoyage des tuyauteries. Il faut de même écarter les ouvriers pris d'ivresse et les alcooliques, beaucoup moins résistants à l'action de l'oxyde de carbone.

Il va de soi que toutes les canalisations doivent être surmontées d'une passerelle avec garde-corps, de façon à faciliter les opérations de visite et le sauvetage immédiat; c'est là une précaution primordiale. Les clapets ou trous d'homme doivent être assez rapprochés, de même que les orifices ménagés à la partie inférieure des conduites pour que les ouvriers n'aient pas à accumuler les poussières sur de longues distances avant de pouvoir les évacuer. Une

bonne disposition, vue dans plusieurs usines (fig. 38), place les ouvertures supérieures ou trous d'homme en quinconce avec les descentes, une distance de 5 mètres existant entre deux orifices de la même série: on remarquera combien cette disposition facilite le nettoyage de l'extérieur: le nettoyage ne se pratique par l'intérieur que lorsque la plus grande partie des poussières a été poussée vers la décharge par des ringards ou balais. Nous signalerons plus loin comment ce système a été poussé à la limite dans certaines usines.

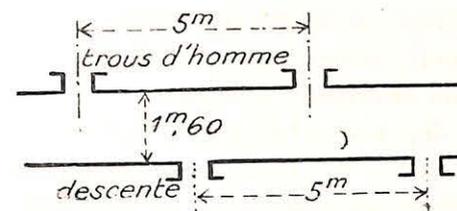


Fig. 38. — Schéma des dispositions en quinconce des trous d'homme et des descentes ou vidanges.

Les canalisations de gaz devraient toujours être placées de façon à pouvoir facilement recueillir les poussières dans des tuyaux de vidange verticaux, pas trop espacés, sans que des tuyauteries sous-jacentes rendent la chose impossible. Parfois ces tuyaux de vidange sont constitués par les colonnes creuses qui supportent la canalisation aérienne, disposition recommandable. Si deux tuyauteries doivent se placer à peu près dans le même plan vertical, il faut mettre en dessous celle qui véhicule le gaz le plus sale.

Les canaux souterrains, qui étaient la règle autrefois, sont de plus en plus abandonnés; ils avaient peut-être l'avantage d'offrir plus de facilité pour un sauvetage éventuel, tout se passant près du niveau du sol; mais leur étanchéité laisse souvent à désirer et ils offrent d'autres inconvénients, d'entretien et de surveillance difficiles notamment.

Pendant les opérations de la visite des tuyauteries, les appareils de sauvetage doivent être prêts à fonctionner pour porter secours aux ouvriers qui viendraient à être incommodés. En quoi doivent consister ces appareils de sauvetage ? Dans les usines luxembourgeoises et lorraines on a des postes équipés d'appareils respiratoires, constamment tenus en état de fonctionnement. Quelques usines belges sont pourvues d'un outillage semblable, mais souvent réduit à un ou deux appareils.

Il faut naturellement, pour que ces appareils puissent être utiles, qu'une partie du personnel, comprenant des ouvriers de tous les postes, soit exercé à leur usage. Il faut de plus que, lors des visites, ces appareils aient été vérifiés au préalable et déposés tout à proximité de l'endroit où l'on travaille, voire même qu'un ou deux ouvriers se tiennent prêts, l'appareil endossé, de façon qu'ils n'aient plus qu'à mettre le masque ou l'embouchure pour se porter au secours immédiatement.

Mais ces appareils sont assez encombrants pour pénétrer dans les conduites et, à moins que celles-ci ne soient de grande dimension, — par exemple 2 mètres à 2<sup>m</sup>50 de diamètre, ainsi qu'on en voit beaucoup dans les grosses usines lorraines — ils sont d'un emploi pénible.

Ils sont précieux, par exemple, — et nous connaissons plusieurs usines où ils ont été employés à cet usage avec succès, — pour effectuer en marche, sans pénétrer dans la conduite, l'une ou l'autre réparation bénigne, telle la réfection d'un joint donnant une fuite de gaz abondante, le lutage d'un clapet non étanche, etc.

Dans certains cas, il sera pratique d'employer les appareils à vent soufflé : le sauveteur, muni d'un casque rudimentaire, reste en communication par un tuyau en caoutchouc avec une pompe installée dans l'air frais et manœuvrée par deux ouvriers. Le sauveteur a souvent plus

de confiance dans ce genre d'appareil, mais l'installation de la pompe et du raccord n'est pas sans présenter des difficultés quand il s'agit de visiter des canalisations aériennes : la pompe foulante doit généralement rester sur le sol et la disposition du raccord flexible amène facilement des obstructions de la conduite à air, malgré la protection du caoutchouc par spirale ou autrement.

Indépendamment des appareils respiratoires, il faut — et ceux-ci sont encore plus indispensables — des appareils à respiration artificielle. Ils sont constitués par une bonbonne d'oxygène comprimé, dont on envoie le contenu (après détente) dans les poumons de la personne victime de l'asphyxie. Dans l'appareil le plus courant, la victime est couchée sur le sol et tandis que l'on provoque le fonctionnement du poumon en écartant et ramenant les bras, un opérateur ouvre et ferme la communication de l'oxygène avec les poumons. Il faut donc que les mouvements des opérateurs soient bien concordants pour faire coïncider l'aspiration par le patient avec l'échappement d'oxygène de l'appareil et c'est en somme un point délicat, surtout dans le désarroi où l'on se trouve après un accident. De plus, les mouvements devraient être plus ou moins lents, proportionnés à la capacité thoracique du patient. C'est à ce double inconvénient que remédie le *Pulmotor*, appareil entièrement automatique dont voici une courte description.

Le *Pulmotor* (1) comprend, outre la bonbonne d'oxygène et le détendeur, un dispositif spécial consistant en un soufflet en cuir B, en forme d'accordéon, dont le mouvement commande l'action des soupapes d'aspiration et d'expiration. Les deux schémas ci-dessous (fig. 39 et 40) extraits d'une brochure de Draeger, font comprendre le fonctionnement.

(1) Fabriqué par la maison Draeger, de Lübeck.

Dans la première position (aspiration), on voit que l'éjecteur S aspire de l'air frais en F ; cet air se mélange à l'oxygène détendu livré par l'injecteur, et est refoulé dans la boîte de distribution L en alimentant, par une faible dérivation le soufflet de gauche, qui se gonfle lentement ; l'air gagne par le flexible d'aller A le masque nasal M placé sur la figure du patient et le poumon P représenté schématiquement : une fois celui-ci rempli, l'excédent d'air vient par le flexible de retour R remplir le soufflet B, qui se

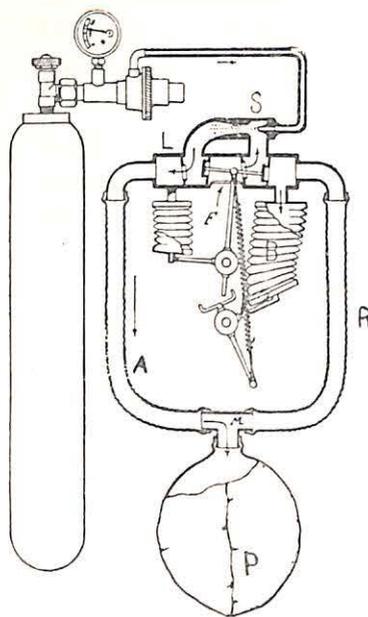


Fig. 39. — Aspiration.

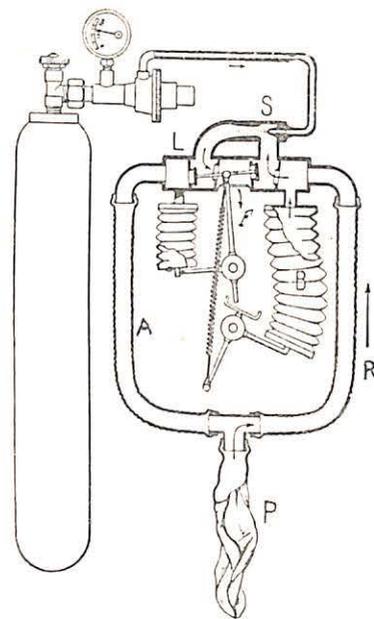


Fig. 40. — Expiration.

gonfle et entraîne dans son mouvement le levier à fourche au point d'en produire l'inversion, comme le montre la deuxième position : le levier a produit la fermeture à gauche de la soupape d'admission et l'ouverture, à droite, de celle d'émission ; on voit que l'éjecteur aspire cette fois

l'air du poumon P et le rejette en F ; le vide produit dégonfle le soufflet B et celui-ci, par son affaissement, produit une nouvelle inversion du levier à fourche mettant les soupapes dans la position d'admission. On voit donc que le mouvement est absolument automatique ; la vitesse est réglée par la capacité des poumons de la victime et sera d'autant plus rapide que cette capacité sera faible.

L'appareil est réglé de façon à réaliser à l'aspiration une pression de 20 centimètres d'eau et à l'expiration une *dépression* de 25 centimètres.

L'appareil du Dr Brat, très bien combiné aussi, envoie au patient de l'oxygène pur ; on règle par une manette les mouvements d'aspiration ou d'expiration, cette manette agit sur les soupapes de l'appareil de façon que l'oxygène soit foulé dans ou aspiré des poumons de la victime. Ces mouvements sont réglés par le sauveteur lui-même.

Dans tous les cas, il faut avoir soin de maintenir la langue de la victime hors de la bouche pour qu'elle ne vienne pas obstruer les canaux de la respiration.

Nous avons dit plus haut que la visite et le nettoyage des tuyauteries devaient être un travail particulièrement organisé ; chaque surveillant doit avoir sa besogne bien clairement indiquée et limitée ; les points à visiter doivent être bien désignés. Il importe donc que l'on sache à l'avance, autant qu'il est possible, l'état des tuyauteries. A ce sujet, nous avons vu, aux usines d'Auboué de la Société anonyme des Hauts-fourneaux et Fonderies de Pont à-Mousson, une organisation qui mérite d'être signalée :

Il existe un plan schématique de l'usine, avec indication des tuyauteries, vannes, etc. Ces tuyauteries sont représentées par des teintes différentes suivant qu'elles véhiculent du gaz sale, du gaz épuré primaire, du gaz épuré secondaire. Dans les usines anciennes, où les tuyauteries s'entre-

croisent en un fouillis parfois inextricable, pourquoi ne réaliserait-on pas cette distinction non pas seulement au schéma, mais dans l'usine, en affectant des teintes de peinture différentes pour les divers circuits? On objectera que le personnel de l'usine, habitué, démêle de suite ces tuyauteries diverses, rien déjà que par les diamètres; en supposant que cela soit vrai pour certains contremaîtres, l'assertion est en tout cas sujette à caution pour les ingénieurs et directeurs qui ont trop d'occupations diverses, et enfin cela ferait gagner du temps à tout le monde (1).

Sur ce schéma, les tronçons sont réperés par des lettres qui renvoient au tableau accompagnant le schéma. Ce tableau donne, pour chaque tronçon, les résultats mensuels des sondages des poussières dans les canalisations: ces sondages se pratiquent d'une manière très simple en laissant descendre une tige métallique dans les orifices placés sur la génératrice supérieure des tuyauteries: on a ainsi la hauteur des poussières; au dessous on indique la dernière date du nettoyage. Le chef de service a ainsi tous les éléments pour apprécier l'opportunité d'un nettoyage partiel ou total.

Nous reproduisons ci-contre, pour fixer les idées, le plan relatif à l'usine d'Auboué (fig. 41), avec les indications du rapport mensuel d'octobre 1911.

(1) Ces lignes étaient déjà écrites lorsqu'a paru dans le *Glückauf* (no 48 du 2 décembre 1911) un article sur l'unification des couleurs des tuyauteries dans les établissements industriels: la question a été jugée d'un intérêt suffisant, en Allemagne, pour constituer une commission dont le rapport vient d'être publié. Elle conclut à réserver une couleur unique, distincte, pour chaque fluide véhiculé dans les tuyauteries d'usine: eau, air comprimé, vapeur, gaz, etc.; des raies transversales indiquent le degré de compression ou de pureté du fluide. Dans les usines à hauts fourneaux, il suffirait de placer ces signes distinctifs de distance en distance et spécialement aux endroits enchevêtrés, croisements de canalisations, etc.

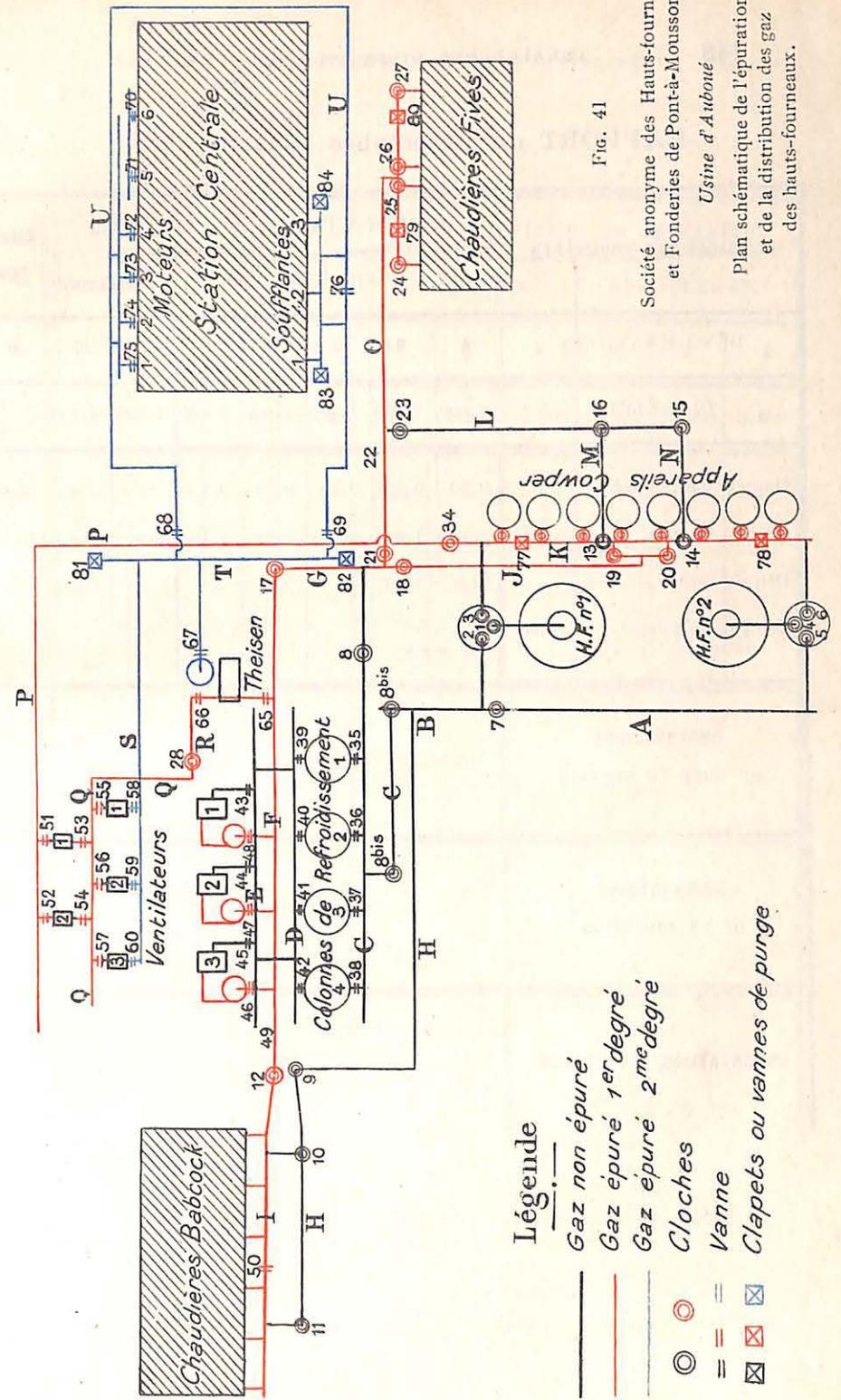


Fig. 41

Société anonyme des Hauts-fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson

Usine d'Auboué

Plan schématique de l'épuration et de la distribution des gaz des hauts-fourneaux.

## RAPPORT du 10 octobre 1911.

SONDAGES DES POUSSIÈRES	ÉPURATION 1 <sup>er</sup> DEGRÉ								CHAUDIÈRES BABCOCK	APPAREILS COWPERS	CHAUDIÈRES FIVES					ÉPURATION 2 <sup>me</sup> DEGRÉ					
	ASPIRATION				Refolement						ASPIRATION					REFOULEMENT					
DÉNOMINATIONS	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
DIAMÈTRES	2.000	2.250	1.800	1.600	1.600	1.600	1.800	1.800 1.200	1.200	1.800	1.500	1.500	1.300	1.300	1.500	1.000	1.000	0.800	0.800	0.800	0.800
Hauteur des poussières . . .	0.90	0.75	0.15	0.10	0.45	»	»	»	»	»	0.80	»	»	»	»	0.10	»	»	»	»	»
Hauteur libre . . . . .	1.10	1.50	1.65	1.50	1.15	»	»	»	»	»	0.70	»	»	»	»	0.90	»	»	»	»	»
Date du dernier nettoyage . .	20 août 1911																				
Temps écoulé depuis le dernier nettoyage . . . . .	50 jours																				
OBSERVATIONS DU CHEF DE SERVICE	Néant ( <i>signé</i> ) MARTEL.																				
OBSERVATIONS DE LA DIRECTION																					
OBSERVATIONS GÉNÉRALES																					

Auboué, le 10 octobre 1911.

D) NETTOYAGE MÉCANIQUE DES TUYAUTERIES. — La visite et le nettoyage des tuyauteries à gaz constitue toujours, en somme, un travail dangereux ; c'est en même temps une sujétion, car elle nécessite des arrêts des fourneaux qui ne seraient pas peut-être indispensables pour d'autres objets. Aussi la suppression de ces nettoyages a-t-elle été l'objet d'essais divers.

Certaines usines (Angleur, Ougrée, Hayange, usines Legallais, Metz et C<sup>ie</sup>, à Esch-sur-Alzette, etc.) cherchent à espacer le plus possible les visites en provoquant, dans les tuyauteries, des chasses d'eau sous pression qui enlèvent une bonne partie des poussières. Le procédé réussit très bien dans les canalisations légèrement inclinées et où le gaz circule humide, parce qu'alors la plus grande partie du dépôt forme des boues que la chasse d'eau véhicule jusqu'à une descente ou tuyau vertical de vidange.

Il ne faut pas considérer son efficacité comme absolue, car il se forme parfois dans ces tuyauteries des agglutinations s'accroissant par croûtes successives jusqu'à obstruer la section.

Nous tenons même d'un ingénieur d'une des principales usines lorraines l'échec du procédé généralisé : on s'était dit qu'en faisant passer constamment une certaine hauteur d'eau dans les conduites, l'on éviterait le dépôt des poussières : mais les poussières ne sont pas toujours mouillées par l'eau et une fois qu'une croûte a pu se former au-

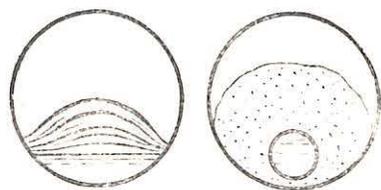


Fig. 42. — Schéma indiquant la possibilité de l'obstruction d'une conduite malgré une circulation d'eau continue.

dessus de la surface du liquide, cette croûte s'augmente par couches successives (fig. 42), formant comme un pont

au-dessus de la partie où circule l'eau et restreignant de plus en plus l'espace réservé aux gaz, comme l'indique le schéma de droite où circule un chenal circulaire d'eau (chenal qui pourrait avoir une autre forme) tout entouré de concrétions. Ce fait prouve que l'action de l'eau n'est efficace que lorsqu'elle agit sous forme de jet pulvérisé ou de pluie entourant les poussières.

A la Donnermarckhütte, on a eu recours à un moyen ingénieux pour enlever les poussières pendant la marche : la conduite est sectionnée en divers tronçons I, II, III, comme l'indique le croquis ; dans chaque tronçon tourne une vis hélicoïde ramenant les poussières aux deux extrémités à des descentes qui les évacuent vers le sol. Le gaz,

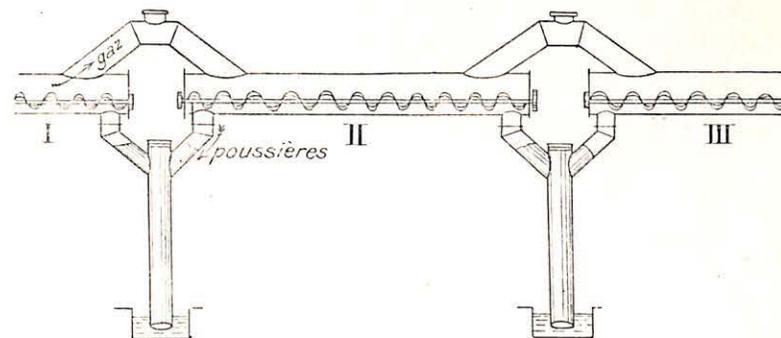


Fig. 43. — Schéma d'un dispositif de nettoyage automatique des conduites essayé à la Donnermarckhütte.

au contraire passe d'un tronçon à l'autre par des parties inclinées avec clapet médian.

Cette solution est naturellement coûteuse ; outre une certaine complication pour la commande des vis hélicoïdes, elle exige de plus grands diamètres de conduite, puisqu'une partie de la section est occupée par l'appareil. Nous avons demandé à la Direction de l'usine de la Donnermarckhütte si la pratique de l'appareil n'avait pas révélé l'un ou l'autre inconvénient. La Société nous a fait savoir que la vis,

installée dans du gaz non épuré, avait été arrêtée par suite de l'insuffisance de la force motrice, prévue trop faible pour la rotation dans les poussières. D'autre part elle est inutilisable dans les boues déposées par les gaz épurés ; quant à l'essayer sur les autres tuyauteries où elle aurait pu s'appliquer, les dépenses auraient été disproportionnées à l'effet à obtenir, ces tuyauteries ayant été prévues précédemment avec un diamètre très fort pour que les nettoyages soient très espacés.

L'essai de la Donnermarckhütte ne permet donc pas de conclusion définitive.

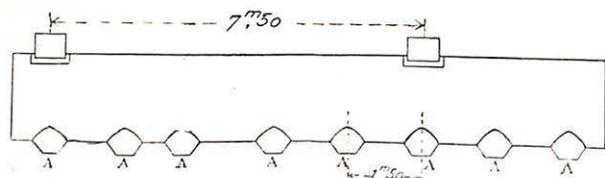


Fig. 44. — Schéma d'une tuyauterie à clapets de vidange rapprochés, pour réaliser le nettoyage automatique de la canalisation. (Usine d'Auboué de la Soc. an. de Pont-à-Mousson).

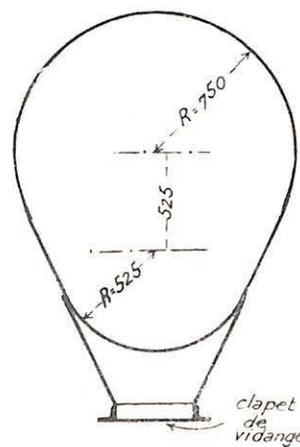


Fig. 45. — Coupe transversale de la tuyauterie représentée schématiquement à la fig. 44.

L'emploi de diamètres largement proportionnés permet évidemment de tolérer un dépôt assez considérable de poussières avant de procéder aux nettoyages, ce qui rend ceux-ci moins fréquents.

D'autres dispositions réalisent à peu près le nettoyage automatique des canalisations : dans un de ces systèmes, on donne à la tuyauterie une section ovoïde (fig. 45), de façon à rassembler vers la génératrice inférieure tout le dépôt de poussières ; la conduite porte (fig. 44) une série de clapets de

vidange jointifs ou à peu près, par où l'on vide périodiquement les poussières accumulées dans la conduite. Ces clapets sont disposés en cône (fig. 46), de façon à déverser

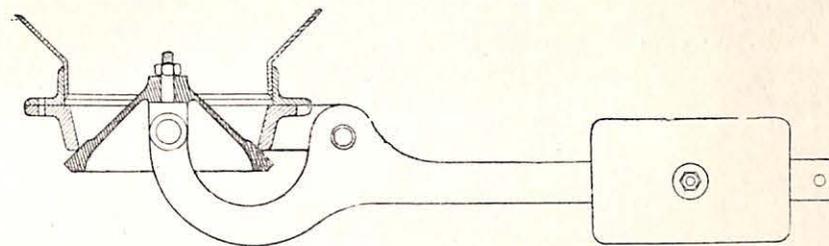


Fig. 46. — Détail des clapets de vidange indiqués schématiquement fig. 44 et 45

les poussières lorsqu'on manœuvre le contrepoids. Nous avons vu ce dispositif adopté dans les parties nouvelles de la canalisation à l'usine d'Auboué de la Société anonyme de Pont-à-Mousson. Il existe ailleurs déjà.

Un autre système consiste à employer des conduites en zig-zag. C'est le cas vu notamment à l'Adolf-Emile Hütte, de la Gelsenkirchener Bergwerks A. G. à Esch-sur-Alzette, pour la partie des canalisations située entre les fourneaux et l'épuration primaire ; la tuyauterie consiste donc en une succession de parties inclinées très fortement de façon à dessiner en quelque sorte une succession de V alignés les uns à la suite des autres ; les pointes supérieures servent de sièges aux clapets d'explosion, les pointes inférieures sont prolongées par des tuyaux verticaux avec vannes de vidange, pour recueillir les poussières qui glissent le long des deux branches inclinées.

Ce dispositif est naturellement coûteux et encombrant ; la question du coût peut être rapidement contrebalancée par l'économie sur les nettoyages. La place, dans nos centres industriels anciens, fait toujours défaut, mais dans les nouvelles usines l'emploi méthodique des tuyauteries

en zig-zag entre le fourneau et le collecteur d'épuration primaire semble un perfectionnement tout indiqué pour supprimer les nettoyages de ces conduites qui sont la principale source de danger parce qu'ils sont les plus fréquents.

BRUXELLES, janvier 1912.

## TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS — But et division du travail. — Ses conclusions générales . . . . .	65
I. INTRODUCTION. — Classification des accidents étudiés . . . . .	72
II. ASPHYXIES EN PLEIN AIR . . . . .	75
III. Remarques relatives à ces accidents . . . . .	83
IV. ASPHYXIES DANS DES GALERIES OUVERTES . . . . .	85
V. Remarques relatives à ces accidents . . . . .	88
VI. ASPHYXIES AUX MASSIFS DE CHAUDIÈRES ALIMENTÉES PAR DES GAZ DE HAUTS-FOURNEAUX . . . . .	89
VII. Remarques relatives à ces accidents . . . . .	94
VIII. DIVERS . . . . .	95
IX. Remarques relatives à ces accidents . . . . .	101
X. ASPHYXIES DANS LES CANALISATIONS . . . . .	101
XI. ETUDE DES ACCIDENTS SURVENUS PENDANT LA VISITE DES TUYAUTERIES :	
GÉNÉRALITÉS : marche générale de l'épuration, diverses parties de la tuyauterie, fréquence des nettoyages . . . . .	114
A. ISOLEMENT DES TUYAUTERIES. . . . .	117
Dispositifs divers :	
Joints pleins . . . . .	118
Fermetures doubles. . . . .	119
Sectionnement des tuyauteries . . . . .	120
Joints hydrauliques, exemples divers . . . . .	121
Fermetures bien étudiées au cas où le joint hydraulique n'est pas possible. . . . .	128
B. VENTILATION DES CONDUITES AVANT L'ENTRÉE DES OUVRIERS . . . . .	131
Moyens de contrôler l'absence d'oxyde de carbone . . . . .	132
Procédé de l'Inspection médicale du travail de Belgique. . . . .	132
Essais faits à la Société Cockerill . . . . .	134
Procédé Nowicki . . . . .	137

C. ORGANISATION DU TRAVAIL :	
Surveillance . . . . .	140
Disposition des tuyauteries . . . . .	140
Appareils de sauvetage . . . . .	142
Appareils de respiration artificielle. Le <i>Pulmotor</i> . . . . .	143
Plan schématique des tuyauteries d'une usine . . . . .	147
D. ESSAIS DE NETTOYAGE MÉCANIQUE DES TUYAUTERIES :	
Emploi de chasses d'eau sous pression . . . . .	150
Vis hélicoïde de vidange de la Donnermarkhütte . . . . .	151
Tuyauteries à clapets de vidange jointifs . . . . .	152
Tuyauteries en zig-zag . . . . .	153

