

NOTES DIVERSES

NOTE

SUR UNE

Explosion de Chaudière

PAR

G. DESENFANS

Ingénieur des Mines.

Le 2 avril 1908, une explosion de chaudière se produisit dans le chantier d'un couvent que construisaient, sur le territoire d'Estaimpuis, MM. Bayart père et fils, entrepreneurs de travaux publics à Roubaix.

Cette explosion entraîna la mort d'une fillette qui se trouvait dans une ruelle adjacente au chantier et occasionna au chauffeur des brûlures sans gravité.

La chaudière, construite en 1900 par Ziegler frères, de Dunkerque, était verticale, à foyer intérieur, avec deux tubes transversaux et une cheminée centrale; elle était montée sur un châssis métallique qui portait, ainsi que la machine, une pompe d'épuisement, la pompe alimentaire et un tambour de treuil. La machine pouvait actionner par courroie, séparément ou simultanément, un broyeur à mortier et une bétonneuse. Le châssis métallique était monté sur essieux; les quatre roues ayant été enlevées lors de la mise en place, il reposait, par l'intermédiaire de poutrelles, sur une aire aplanie du sol, à l'endroit figuré au plan des lieux donné ci-après.

La chaudière était timbrée à 8 kilogr. par centimètre carré et présentait les dimensions et épaisseurs suivantes (fig. 1 à 4):

	Hauteur ou longueur	Diamètre	Epaisseur
Corps cylindrique	2 ^m 54	1 ^m 40	10 ^m /m
Fonds bombés	—	—	11 ^m /m
Foyer intérieur	1 ^m 65	1 ^m 15	13 ^m /m
Ciel du foyer	—	1 ^m 15	12 ^m /m
Bouilleurs	1 ^m 15	0 ^m 305	12 ^m /m
Cheminée	1 ^m 09	0 ^m 275	12 ^m /m

Les tôles sont en acier.

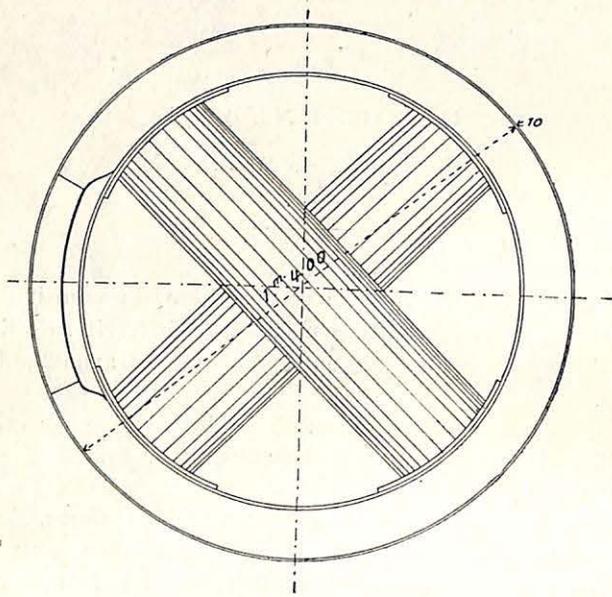


Fig. 1.

La chaudière a subi l'épreuve officielle chez le constructeur, à la pression de 8 kilogr. par centimètre carré, le 6 mars 1900.

Achetée par les propriétaires actuels, en juin 1903, à Ziegler frères, elle fonctionna, avec des interruptions de faibles durées, pendant dix-huit mois consécutifs ; nettoyée en août 1907, après un chômage prolongé, elle fut visitée à cette époque par un ouvrier qui s'occupa surtout de la remise en état d'entretien de la machine, des

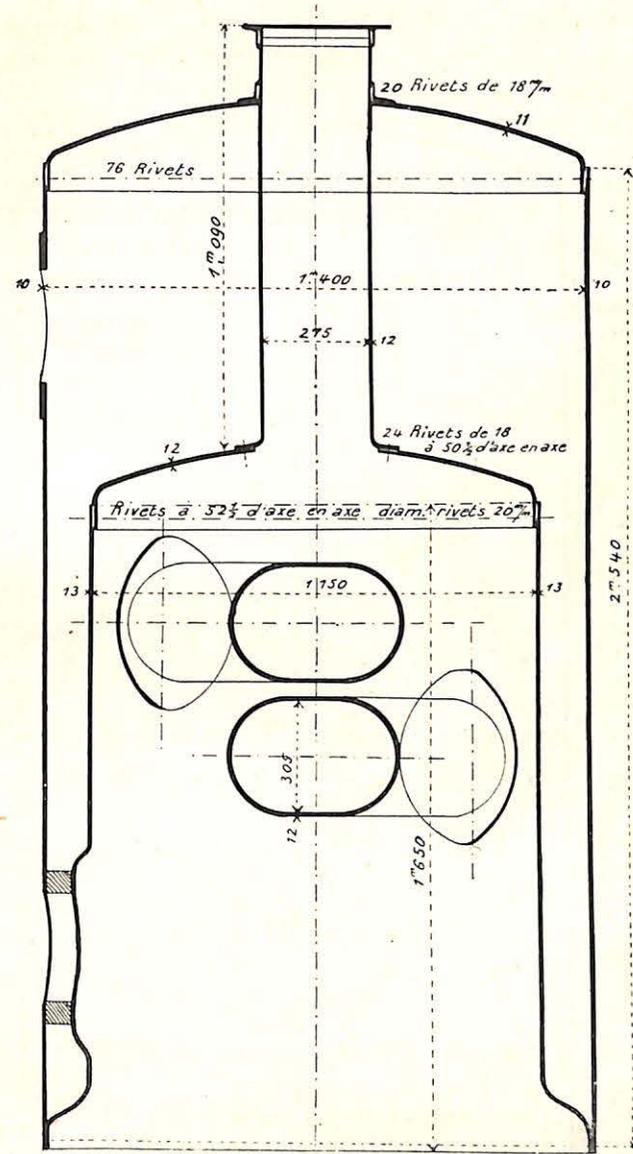


Fig. 2.

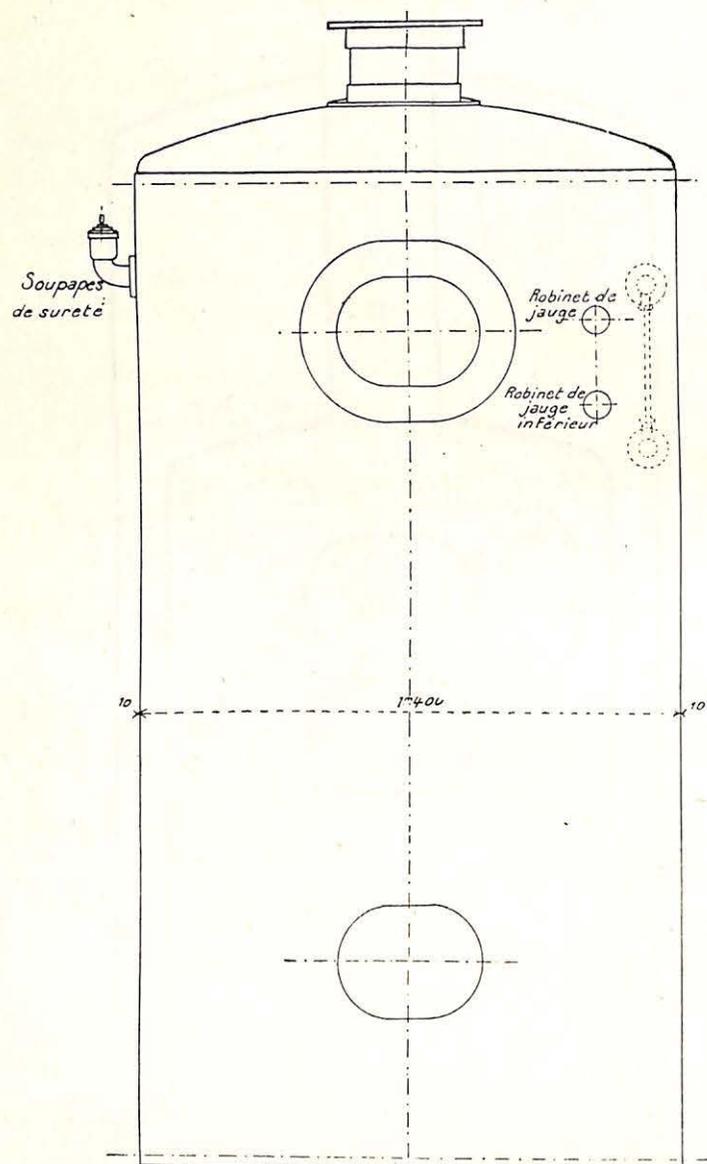


Fig. 3.

appareils de sûreté, et de la vérification des joints. Elle fut remise à feu en août 1907 et fonctionna sans interruption jusqu'en novembre de la même année ; après quoi, elle fut remise sous un hangar jusqu'au commencement de mars 1908, époque où elle arriva au chantier d'Estaimpuis.

Elle possédait les appareils de sûreté suivants :

Un tube indicateur dont le verre était brisé :

Deux soupapes jumelles de 35 ^m/_m de diamètre à recouvrement horizontal de 1 ^m/_m, guidées par quatre ailettes et équilibrées par levier et ressorts (fig. 5) ;

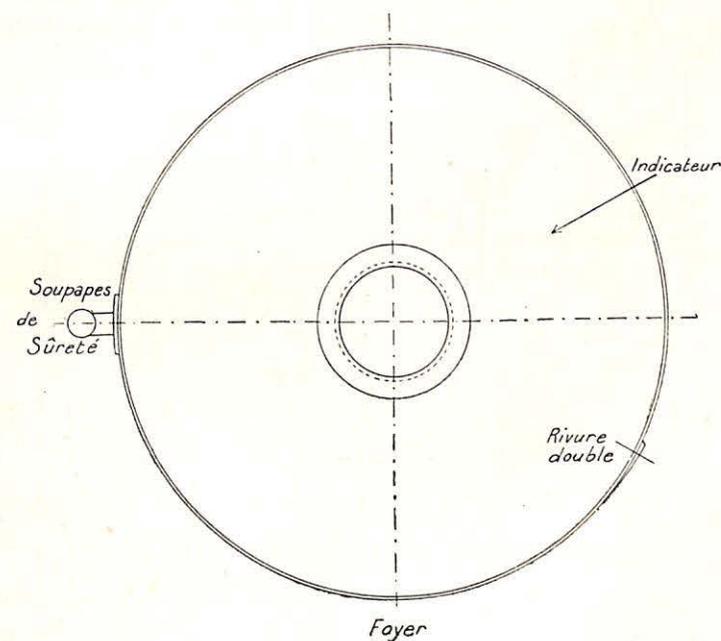


Fig. 4.

Un manomètre métallique du système Bourdon gradué jusque 12 kilogr.

La chaudière ne portait ni plomb fusible ni index du niveau de l'eau.

*
* *

On n'est pas fixé exactement sur la date de la mise en marche de la chaudière, mais on s'accorde cependant à la placer le 12 ou le 13 mars ;

le poste de chauffeur-mécanicien fut confié à un ouvrier de la région, entré au service de l'entrepreneur vers le 6 mars, et qui prétendait avoir conduit des machines à battre le grain dans les environs.

Les débuts de la mise en marche furent marqués par des inconvénients multiples : les joints fuyaient, la pompe d'alimentation fonctionnait mal, l'une des soupapes de sûreté se levait prématurément. Le chauffeur consacra toute une journée à porter remède à cette situation. Le tube indicateur du niveau de l'eau se brisa le lendemain de la mise en marche et fut remplacé le jour même. Le tube résista jusqu'au 25 mars, jour où il se brisa de nouveau et ne fut plus remplacé. L'une des soupapes, qui se levait lorsque la pression atteignait environ 3 1/2 kilogr., fut calée par le chauffeur

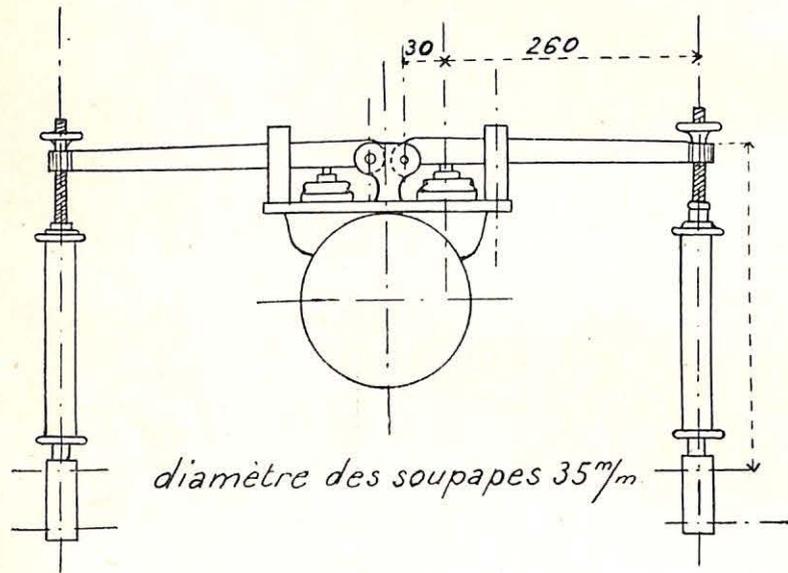
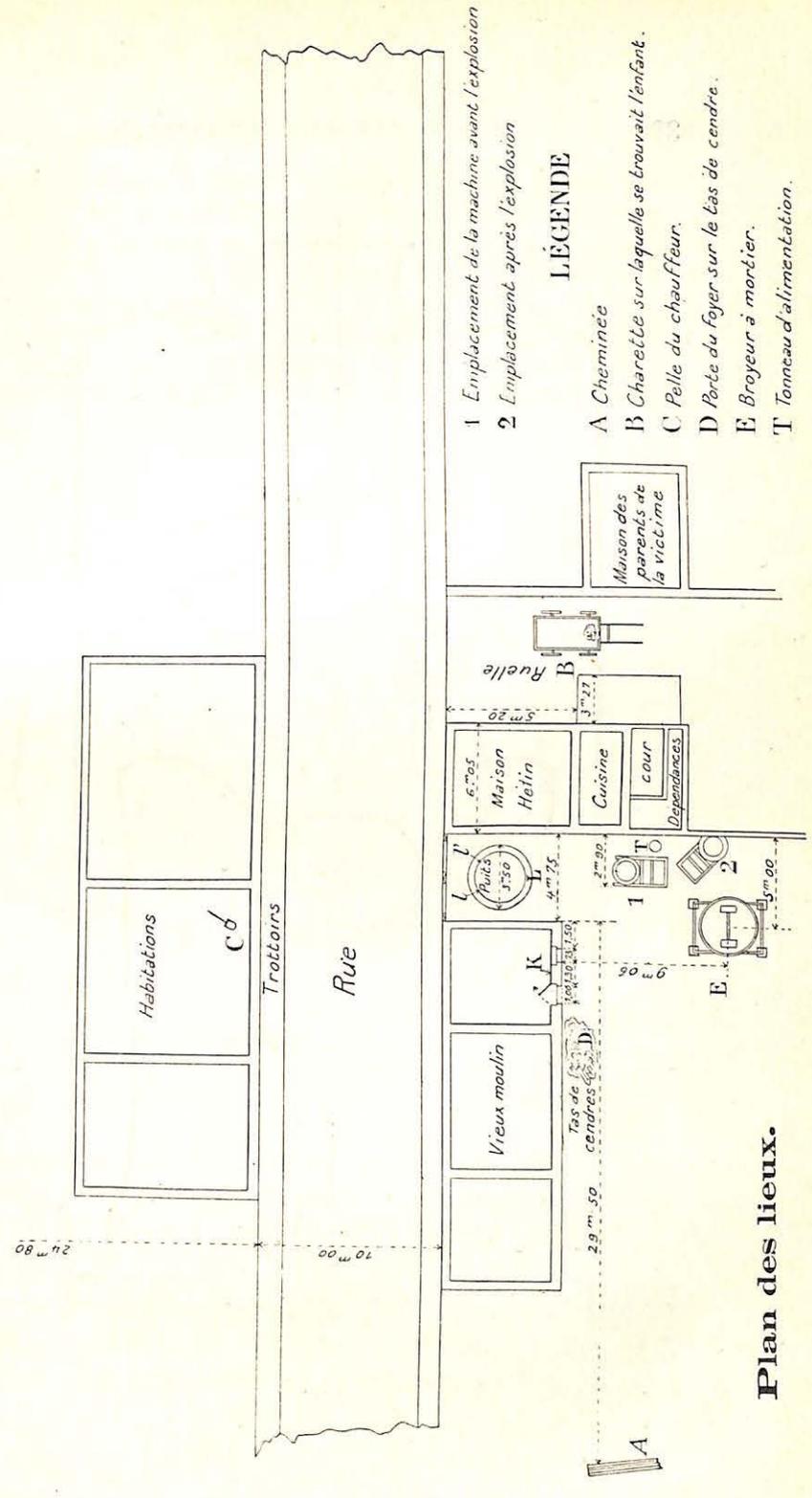
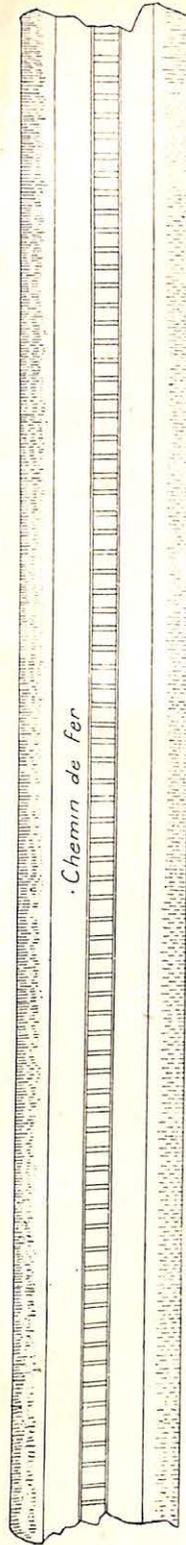


Fig. 5.

le 13 ou le 14 mars, et resta dans cet état jusqu'au moment de l'explosion.

Le 30 mars, le chauffeur s'était présenté au chantier en état d'ivresse ; il fut remplacé, le lendemain, par un manœuvre qui se trouvait au service de l'entrepreneur depuis quelques jours. Si l'on peut conserver des doutes sur les aptitudes professionnelles du premier chauffeur, ces doutes doivent disparaître au sujet du second, pour faire place à la certitude qu'on se trouve en présence d'un chauffeur



LÉGENDE

- 1 Emplacement de la machine avant l'explosion
- 2 Emplacement après l'explosion
- A Cheminée
- B Charrette sur laquelle se trouvait l'enfant.
- C Pèle du chauffeur.
- D Porte du foyer sur le tas de cendre.
- E Broyeur à mortier.
- T Tonneau d'alimentation.

Plan des lieux.

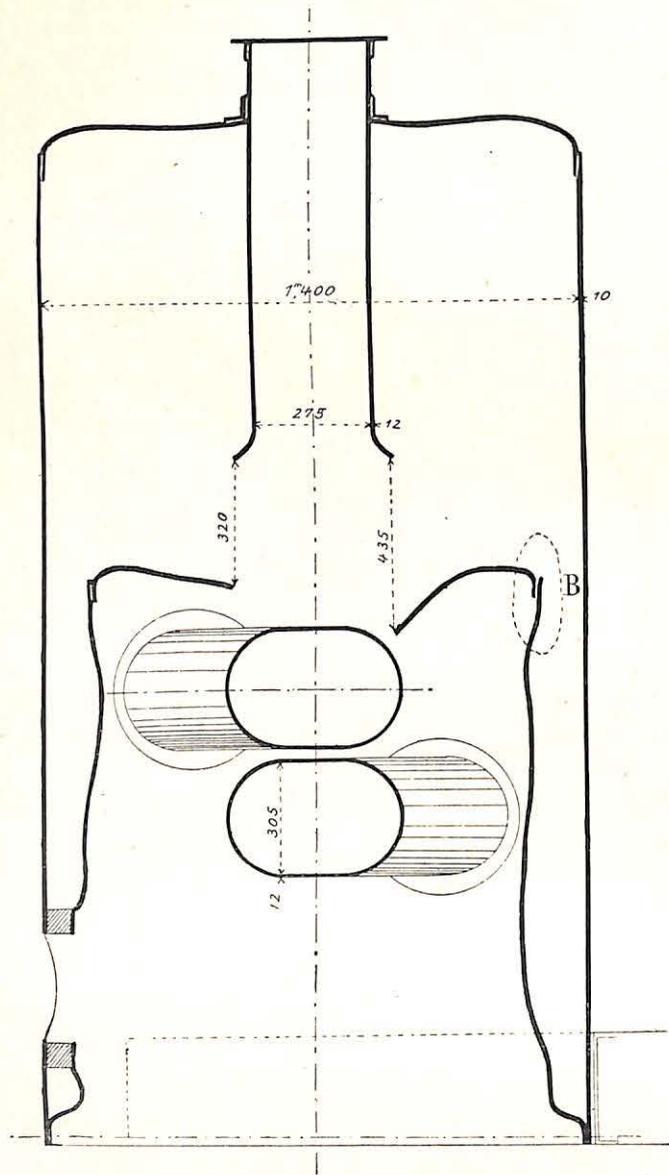


Fig. 6.

d'occasion, plutôt manœuvre que chauffeur-mécanicien ; plusieurs de ses actes attestent chez lui la méconnaissance des rudiments de son métier, ainsi que nous le verrons.

Il prit son service le 31 mars à 6 heures du matin et conduisit les appareils à vapeur jusqu'au 2 avril, jour de l'explosion.

Le 2 avril, vers 5 heures du soir, au moment où, d'après la déclaration du chauffeur, l'alimentation, commencée un quart d'heure auparavant, venait de cesser et où la machine actionnait seulement

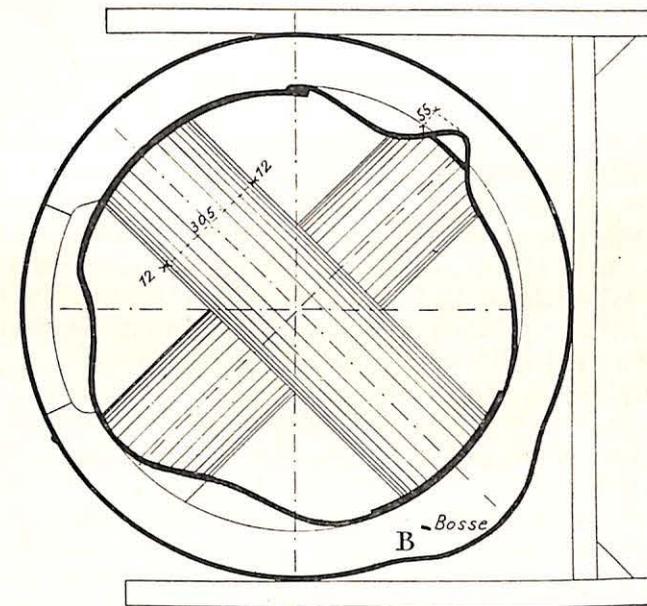


Fig. 7.

le broyeur à mortier, on entendit un sifflement suivi d'une violente détonation. La chaudière subit un déplacement de quelques mètres, se retourna et retomba sur un mur qu'elle démolit partiellement.

La cheminée extérieure fut projetée au point *A* du plan I ; la porte du foyer, arrachée de ses gonds, fut lancée en *K* contre le mur d'un bureau et retomba ensuite sur un tas de cendres en *D*. La pelle du chauffeur alla se planter dans la toiture d'une maison voisine, en *C*. Devant le foyer de la chaudière, un pan de maçonnerie *L*, appar-

tenant au mur circulaire qui entoure un puits, fut arraché et des lézardes *l* et *l'* se produisirent sur la partie diamétralement opposée ; une large porte charretière en bois, située en face du puits, se déversa dans la rue ; des briques furent lancées ; on en retrouva jusque dans le talus du chemin de fer. Le clapet-registre de la cheminée, du poids de 7 kilogr., lancé au-dessus d'une maison, retomba, à 13 mètres de distance, sur la tête d'une fillette de 4 ans qui jouait sur un camion et qui eut le crâne défoncé. Le chauffeur, qui se trouvait près de la chaudière, reçut des brûlures sans gravité. (Plan et photographies.)

Le corps cylindrique de la chaudière a peu souffert ; on remarque près du foyer un léger défoncement de la tôle ; plus haut, à peu près à la hauteur du ciel du foyer, l'enveloppe porte une bosse dont l'emplacement, la forme et les dimensions sont indiquées en *B* aux figures 6 et 7.

Le foyer intérieur a été particulièrement affecté par l'explosion ; ses déformations sont également indiquées aux figures 6 et 7 et les photographies complètent ces indications.

Les deux premières représentent la chaudière retournée, sous deux aspects ; la 3^e et la 4^e montrent le foyer intérieur après enlèvement partiel de l'enveloppe.

Le ciel du foyer est repoussé vers le bas et est complètement détaché de la cheminée centrale. Les vingt-quatre rivets, de 18^{m/m} de diamètre, qui assemblent cette cheminée au ciel du foyer ont tous été rompus. La section de rupture atteste que ces rivets ont travaillé à la traction. Le métal paraît de bonne qualité. Six demi-rivets occupent encore leur logement.

A l'emplacement des tubes transversaux qui sont restés intacts, la tôle du foyer n'est pas déformée, ce qui prouve que ces tubes ont constitué un entretoilage efficace.

La chaudière est très peu incrustée ; on ne remarque aucun amincissement des tôles, qui ne sont ni déchirées ni fendues et ne portent pas trace de défaut grave.

Le ciel du foyer présente des taches bleuâtres sur la face directement au contact de l'eau, et sur l'autre face également.

Les appareils de sûreté dont la chaudière était munie n'ont été ni brisés ni emportés, sauf le manomètre qui, avec sa tubulure, avait été arraché de la chaudière ; il gisait sur le sol, près de celle-ci ; l'arrachement a été provoqué par le heurt sur le mur et n'est pas un effet direct de l'explosion. Ce manomètre n'a aucune avarie ; contrôlé avec un manomètre-étalon, il a donné des indications correctes.

Les soupapes de sûreté ainsi que les appareils indicateurs du niveau de l'eau n'ont pas été endommagés.

L'une des soupapes était calée à l'aide d'une fiche en bois taillée en biseau, qui serrait fortement dans l'étrier-guide du levier ; les tiges filetées étaient rouillées et la manœuvre des vis de serrage n'est plus possible ; les tiges ne portaient pas de bagues d'arrêt.

Les soupapes, comme les autres appareils de sûreté, ont été démontés le surlendemain de l'accident et ont été transportés dans les ateliers de M. Louis Carton, à Tournai, où ils ont été examinés.

Les soupapes ont été remontées sur une tôle cintrée au diamètre de la chaudière dans la position qu'elles occupaient avant l'explosion et de façon à donner aux ressorts la tension qu'ils avaient en service ; elles ont été essayées ensuite à la pression hydraulique. La soupape non calée ne se soulève pas, alors même qu'on pousse la pression au delà de 9 kgs ; toutefois, de minces filets d'eau s'échappent aux environs de 5 kgs. La soupape calée ne bougeait pas, mais laissait également passer de l'eau en minces filets. Un niveau d'eau très sensible, placé sur les leviers, n'a donné aucune indication de dénivellation.

(Je profite à cette place de l'occasion qui m'est offerte de remercier M. Louis Carton, ainsi que les ingénieurs Léonard et Louis Carton, ses fils, qui ont mis obligeamment à ma disposition leur outillage et leur personnel.)

Les robinets de jauge n'étaient pas incrustés ; toutefois, le robinet inférieur se manœuvrait avec difficulté. Les robinets sont placés à 220^{m/m} d'écartement sur une même génératrice du corps cylindrique. Le robinet inférieur se trouve à 85^{m/m} au-dessus du ciel du foyer.

Tubulures de l'indicateur. — Elles se trouvent à 430^{m/m} d'écartement, la tubulure inférieure étant à 64^{m/m} au-dessous du ciel du foyer. Ces deux tubulures n'étaient pas obstruées. (Fig. 3 et 4.)

Alimentation. — La pompe alimentaire est actionnée directement par la machine ; le tuyau d'aspiration plonge dans un tonneau rempli au fur et à mesure des besoins ; ce tuyau porte, près de la pompe, un robinet manœuvrable à la main, qui a été trouvé fermé. Sur la tuyauterie de refoulement se trouve une soupape de retenue à fonctionnement automatique, en bon état. Entre la pompe et la soupape de retenue se trouve un robinet à boisseau, à tête carrée, manœuvrable à l'aide d'une clef amovible ; ce robinet était à demi ouvert. Avec cette disposition, la pompe alimentaire fonctionne toujours ; pour arrêter l'alimentation, il suffit de fermer le robinet

placé sur la conduite d'aspiration. Nous avons vu que ce robinet était fermé.

La seule personne qui ait vu le chauffeur et la chaudière immédiatement avant l'accident n'a pu donner aucun renseignement sur les conditions de marche de celle-ci. Personne n'a pu dire quelle était la pression de la vapeur, ni si les soupapes soufflaient ; un ouvrier a seulement déclaré qu'une demi-heure environ avant l'accident, la pression était de 9 atmosphères ; on est également sans renseignement sur la hauteur du niveau de l'eau dans la chaudière.

Nous sommes donc obligés de recourir à plusieurs hypothèses pour expliquer l'accident et nous envisagerons successivement la surpression et le manque d'eau, d'autres causes, telles que vices de construction, surchauffe des tôles par incrustation, devant être à priori écartées.

I. — Surpression.

Une surpression peut se produire brusquement ou graduellement.

Si l'on se rapporte à la déclaration du chauffeur, d'ailleurs confirmée par la constatation de la fermeture du robinet intercalé sur la conduite d'aspiration, on doit conclure que l'explosion ne s'est pas produite pendant la période d'alimentation. Ceci exclut l'hypothèse d'une vaporisation subite occasionnée par le contact de l'eau sur des tôles surchauffées. Cet événement aurait été, en effet, accompagné d'une vaporisation rapide et abondante qui eût amené dans la chaudière une surpression très élevée ; l'explosion due à une telle surpression se fût traduite par des effets mécaniques d'une extrême violence. Or, nous ne constatons rien de semblable : les effets de l'explosion se bornent en effet à des déformations des tôles, à la rupture de la couronne de rivets qui assemblent le ciel du foyer à la cheminée centrale et à la projection d'éléments tels que la porte du foyer, la cheminée intérieure, etc., pièces non soumises à pression en temps normal et conséquemment assemblées d'une façon peu rigide à la chaudière. Nous pensons donc avoir la preuve suffisante qu'il n'y a pas eu surpression instantanée et très élevée, due à l'alimentation sur des tôles rougies, mais plus vraisemblablement une surpression graduelle et modérée. Le calage de l'une des soupapes, l'inaptitude de l'autre à se lever, la déclaration d'un témoin qui a entendu le chauffeur lui dire qu'une demi-heure avant l'accident la pression était de 9 atmosphères sans que les soupapes ne soufflassent, militent en faveur de l'hypothèse d'une surpression survenue progressivement à

l'insu du chauffeur. D'autre part, outre le caractère relativement modéré des effets mécaniques de l'explosion, le fait que le manomètre gradué jusque 12 kgs n'a pas été faussé, semble suffisant pour établir l'impossibilité d'une élévation excessive de la pression, dont on peut évaluer la limite à 15 kgs par centimètre carré.

Les vingt-quatre éléments qui composent la rivure simple qui assemble le ciel du foyer à la cheminée ont résisté à la traction, ainsi que le montrent la déformation des tôles et l'aspect de la cassure.

En désignant par

n , le nombre de rivets,

d , le diamètre de ces rivets,

t , la charge de rupture du métal des rivets,

P , la pression en kilogrammes par centimètre carré,

S , la surface annulaire sur laquelle l'effort de haut en bas s'est exercé,

on établit facilement la relation :

$$n \frac{\pi d^2}{4} t = PS$$

En adoptant $P = 15$, et en résolvant par rapport à t , nous obtenons, pour la charge de rupture des rivets, 22.3 kgs par millimètre carré.

Or, on emploie généralement, dans la fabrication des rivets, un métal dont la charge de rupture varie entre 36 et 44 kgs par millimètre carré. La faible résistance trouvée s'explique par une altération du métal due vraisemblablement à la surchauffe occasionnée par manque d'eau.

II. — Manque d'eau.

La fermeture du robinet intercalé sur la conduite d'aspiration ne prouve pas que la dernière alimentation n'a pas été faite trop tardivement. D'autre part, les taches bleuâtres observées au ciel du foyer montrent que les tôles ont été surchauffées ; la déformation du ciel du foyer, la rupture des rivets qui assemblent cette tôle à la cheminée centrale, au point où les gaz et flammes convergent, et où, par conséquent, la température est la plus élevée, prouvent qu'il y a eu manque d'eau. Ce manque d'eau est d'ailleurs explicable en l'absence d'appareils indicateurs du niveau de l'eau : le tube en verre manquait et les robinets de jauge n'étaient pas utilisés. Le chauffeur déclare qu'il s'assurait de la situation du plan d'eau dans la chaudière en

ouvrant la tubulure à eau du tube indicateur ; il est permis de douter de cette déclaration. En tous cas, il lui était plus facile et surtout plus utile de manœuvrer les robinets de jauge qui lui eussent donné des indications certaines. A noter que le chauffeur et ceux qui l'ont vu opérer déclarent que l'eau jaillissait sans pression de la tubulure à eau ; cela s'explique aisément : l'eau sortant de bas en haut, le chauffeur n'ouvrait que faiblement pour ne pas se brûler et refermait tout aussitôt la valve. Dans ces conditions, les indications que pouvait donner la tubulure à eau ne sont rien moins que suspectes. La chaudière ne portait pas de plomb fusible au ciel du foyer, ni de sifflet d'alarme.

Le manque d'eau seul suffit à expliquer l'explosion, tandis que la surpression progressive, la seule possible comme nous l'avons démontré, est insuffisante pour provoquer l'explosion sans le secours d'un manque d'eau.

Ceci nous porte à envisager la possibilité *d'un manque d'eau et d'une surpression* ; c'est l'hypothèse la plus vraisemblable.

En effet, la mise hors service des soupapes de sûreté, l'absence de verre indicateur et de sifflet d'alarme ont permis à cette situation anormale de se produire sans qu'elle fût révélée au chauffeur et à son entourage.

Nimy, le 25 mars 1909.
