

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

4628

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294680

ASCENSEURS

PLANS INCLINÉS ET ÉCLUSES

x
1,634

ANGERS. — IMPRIMERIE DE A. BURDIN, RUE GARNIER, 4.

II^o 10 947

ASCENSEURS PLANS INCLINÉS ET ÉCLUSES

POUR LE RACHAT
DES GRANDES CHUTES DES CANAUX

CHUTE DE 41 MÈTRES
DE LA DESCENTE EN SAÔNE
DU CANAL DE LA MARNE A LA SAÔNE

PAR
GUSTAVE CADART
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Extrait des *Nouvelles Annales de la Construction.*

F. Nr. 22 645



PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET C^o, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A-LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1898
Tous droits réservés.

F. 11
53

ASCENSEURS

PLANS ENGLAIS ET ÉCARTS

POUR LE CALCUL

DES GRANDES CHUTES DES CABLES

CHUTE DE 41 MÈTRES

DE LA DESCENTE EN BAÏNE

DE CABLE DE LA MARNE À LA SAÏNE



114628



Akc. Nr. 2885/50

INTRODUCTION

Le tracé du canal en construction de la Marne à la Saône présente, entre le bief de partage et la traversée de la route nationale n° 67 près de Villegusien, sur une longueur d'un peu plus de 3 *km*, une chute de 44 *m*.

Cette chute peut être facilement fractionnée en petites chutes partielles en adoptant un tracé par écluses dans le thalweg de la vallée ou en deux grandes chutes de 20,50 *m* en suivant le flanc du coteau de rive gauche. Elle peut l'être aussi, mais dans des conditions moins avantageuses, en quatre chutes de 10,25 *m*, en suivant le coteau de rive droite (voir pl. 4).

Un concours a été ouvert par M. le Ministre des Travaux Publics entre divers grands constructeurs français et étrangers pour l'étude d'appareils mécaniques susceptibles de racheter la chute de 44 *m*, en la fractionnant en quatre chutes partielles au plus, et les projets présentés au concours ont été comparés aux deux projets de tracés par écluses qu'avaient étudiés les ingénieurs et qui comportaient, l'un 10 écluses de 3,50 *m* et deux de 3 *m* de chute, l'autre 8 écluses de 5,125 *m* de chute avec bassins d'épargne et rigole latérale régulatrice des niveaux des biefs courts.

Le tracé par écluses de 5,125 *m* de chute (fig. 2 et 5, pl. 1) a été adopté par une décision ministérielle du 18 mai 1893

et une autre décision du 4 juin 1894 a alloué deux prix, l'un de 20 000 fr à MM. James et Alexander Leslie, l'autre de 10 000 fr, à la Compagnie de Fives-Lille, auteurs des projets d'appareils mécaniques qui avaient été classés en première et en seconde ligne par une Commission spéciale nommée par arrêté ministériel du 31 août 1893 et composée de MM. Flaman, inspecteur général des Ponts et Chaussées, président; Fleury, membre de la Société des Ingénieurs civils, rapporteur; Molinos, président du Conseil d'administration de la Société anonyme de touage de la Basse-Seine et de l'Oise; Lestelle, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Lodin, ingénieur en chef des Mines; Cadart, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, faisant fonctions d'ingénieur en chef et Galliot, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, membres.

Les rapports et les calculs, que les ingénieurs ont été conduits à établir pour discuter et comparer les divers projets présentés au concours et pour dégager la meilleure solution applicable à la grande chute du canal de la Marne à la Saône, constituent, ainsi que l'a déclaré la Commission spéciale, un véritable traité des appareils mécaniques susceptibles de racheter les grandes chutes des canaux de navigation, le seul qui soit réellement au courant des progrès réalisés dans ce genre d'appareils, et que tous les ingénieurs et constructeurs, chargés d'établir ou d'améliorer des canaux ou de collaborer à leur construction, ne pourront désormais se dispenser de consulter et d'étudier.

Aussi, M. le Ministre des Travaux Publics, par une décision du 29 avril 1897, a-t-il ordonné le dépôt des projets présentés au concours, des rapports *in extenso* des ingénieurs et de la Commission spéciale, ainsi que du cahier des calculs dressés à l'appui des rapports (1), lesquels forment ensemble trois

(1) Ce cahier renferme notamment les calculs complets du mouvement des ascenseurs, pourvus ou non de compensateurs, et ceux du fonctionnement des tampons d'inertie formés par un rétrécissement de la partie inférieure du pot des presses hydrauliques, qui constituent des freins d'une grande puissance mettant les ascenseurs à l'abri de tout accident.

volumes de plus de 800 pages, à la bibliothèque de l'École Nationale des Ponts et Chaussées (28, rue des Saints-Pères), où les ingénieurs et constructeurs, ayant à s'occuper de questions analogues, pourront les consulter.

La présente étude est un résumé de ces rapports, dégagé de tous les calculs théoriques et de toutes les considérations trop spéciales au canal de la Marne à la Saône. Elle renferme tout ce que les ingénieurs et constructeurs qui veulent se tenir au courant des progrès réalisés dans l'établissement des canaux doivent nécessairement connaître.

ASCENSEURS, PLANS INCLINÉS ET ÉCLUSES

CHUTE DE 41 MÈTRES

DE LA DESCENTE EN SAÔNE

DU CANAL DE LA MARNE A LA SAÔNE

CHAPITRE PREMIER

PROJETS PRÉSENTÉS AU CONCOURS

Treize projets avaient été présentés au concours. Ce sont les suivants.

I. — Ascenseurs hydrauliques.

1° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.

2° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par les mêmes.

3° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par l'usine de Fives-Lille.

4° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par la même usine.

5° Projet à quatre chutes de 10,25 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par MM. Clark, Standfield et Clark, et l'usine Cail.

6° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par les mêmes.

7° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant, à chaque chute, un seul sas équilibré par des accumulateurs, présenté par les mêmes.

II. — *Ascenseurs flottants.*

8° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par M. Seyrig.

III. — *Ascenseurs funiculaires.*

9° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.

10° Projet à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par MM. Leslie.

IV. — *Plans inclinés.*

11° Projet à deux plans au $1/12$ de 20,50 m de hauteur, comportant deux sas à chaque plan, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.

12° Projet à un plan au $1/10$ de 41 m de hauteur, comportant deux sas, présenté par MM. Thomasset, Vollot et C^{ie}.

13° Projet à un plan au $1/67$ comportant un seul sas, présenté par les mêmes.

Avant de dire en quelques mots quels sont les principaux éléments de chacun de ces projets, il convient de justifier la classification ci-dessus des appareils mécaniques en quatre catégories et de donner les caractères distinctifs de chacune d'elles.

La hauteur de chute dans une écluse ordinaire est forcément très restreinte, tant à cause de la rapide augmentation du cube des maçonneries que de celle de la dépense d'eau, qui croissent toutes deux rapidement avec cette hauteur. Un seul moyen d'éviter l'énorme accroissement des constructions et de la dépense d'eau avec la hauteur de chute, tout en maintenant le bateau à flot, a été trouvé jusqu'ici; il consiste à rendre le sas mobile et à le faire passer du niveau du bief amont à celui du bief aval ou réciproquement, avec l'eau et le bateau qu'il contient. Le poids d'un sas mobile étant nécessairement fort considérable, on a eu l'idée de l'équilibrer soit par un sas sem-

blable, soit par un contrepoids ; et la nécessité de cet équilibre est telle, en présence de l'énorme poids du sas, que l'on peut dire *a priori* que l'émission de l'idée de rendre le sas mobile n'était raisonnable qu'à la condition d'être accompagnée de celle de l'équilibrer.

Les sas étant mobiles, on peut soit les faire mouvoir verticalement, soit les traîner sur des rampes ; dans le premier cas, les appareils prennent le nom d'ascenseurs ; dans le second, celui de plans inclinés.

Dans les plans inclinés, l'équilibre du sas est obtenu en l'accouplant, au moyen de ses chaînes ou câbles d'attelage, soit avec un autre sas, soit avec un ou plusieurs contrepoids dont le mouvement est inverse du sien.

Dans les ascenseurs, l'équilibre peut être obtenu de deux façons : ou bien en fixant le sas sur un ou plusieurs flotteurs complètement immergés dans l'eau dont le déplacement soit égal au poids total de l'ensemble du sas et des flotteurs, c'est le cas de l'ascenseur flottant ; ou bien en faisant jouer à l'un des sas le rôle d'un des plateaux d'une balance et à l'autre sas ou aux contrepoids destinés à le contrebalancer, le rôle de l'autre plateau. Si la balance est hydraulique, c'est-à-dire si elle est formée de deux presses hydrauliques égales communiquant par un tuyau et dont les pistons portent les sas, les ascenseurs sont dits hydrauliques. Si les sas sont suspendus par des chaînes passant sur des poulies de renvoi supérieures, les ascenseurs sont dits funiculaires.

Tous les systèmes que nous venons de définir ont été imaginés depuis un temps plus ou moins long et tous, sauf les ascenseurs flottants, ont déjà été construits et fonctionnent pour des bateaux de faible tonnage. (Plans inclinés à sas mobiles de Blackhill et de Georgetown, — ascenseur hydraulique d'Anderton, — ascenseur funiculaire du Great-Western Canal, sans parler des grands ascenseurs hydrauliques des Fontinettes et de la Louvière, dont la construction est postérieure à l'ouverture du concours.) Les auteurs des projets du concours

n'ont donc pas imaginé de système nouveau ; ils se sont bornés à amplifier et à perfectionner les appareils déjà exécutés ou proposés.

§ 1^{er}. — ASCENSEURS HYDRAULIQUES

Les ascenseurs hydrauliques se composent essentiellement, comme nous l'avons dit, de deux presses hydrauliques ou de deux groupes de presses hydrauliques communiquant par un tuyau. Le piston de l'une des presses, dans le premier cas, ou les pistons des presses de l'un des groupes, dans le second, portent un sas mobile, tandis que le piston de l'autre presse ou les pistons de l'autre groupe de presses portent, soit un second sas ayant même poids que le premier, soit un ou plusieurs contrepoids ayant également même poids que le sas et dont le mouvement est inverse du sien. Le mouvement est toujours produit, comme dans une machine d'Atwood, au moyen d'un léger poids additionnel que l'on donne au sas que l'on veut faire descendre. Ce poids additionnel n'est autre qu'une mince tranche d'eau supplémentaire répartie sur toute la surface du sas. Nous avons à peine besoin de faire remarquer que l'eau contenue dans les presses et dans le tuyau qui les réunit se trouve naturellement comprimée à une pression exprimée par le quotient du poids d'un sas plein et du piston plongeur de la presse par la section horizontale de ce piston, et d'ajouter que, comme des fuites se produisent infailliblement dans les presse-étoupes et dans les joints des presses, il est nécessaire d'avoir, pour les réparer, une réserve d'eau comprimée par un accumulateur à une pression un peu supérieure à celle à laquelle est soumise l'eau des presses.

Les ascenseurs hydrauliques se divisent :

1^o Au point de vue du nombre des presses, en ascenseurs à presse unique pour chaque sas, et en ascenseurs à presses multiples.

2^o Au point de vue du nombre des sas, en ascenseurs à

deux sas voisins s'équilibrant entre eux, en ascenseurs à sas unique équilibré par un ou plusieurs accumulateurs contre-poids, et en ascenseurs à sas unique à chaque chute équilibré par le sas de la chute suivante, les presses des deux sas étant reliées par une longue conduite forcée.

Toutes ces variantes d'ascenseurs hydrauliques se présentent dans les projets du concours.

L'ascenseur hydraulique d'Anderton est composé de deux sas voisins équilibrés reposant chacun sur un piston de presse unique; mais il présente ceci de particulier que l'équilibre des deux sas est détruit pendant la période finale de chaque mouvement; le sas descendant s'immerge, en effet, au bas de sa chute, dans le bief aval qui, dans l'espèce, n'est autre que la rivière Weaver, il y perd une partie de son poids et le mouvement cesse. On ferme alors la communication entre les deux presses, on laisse échapper un peu d'eau de la presse du sas descendant pour laisser celui-ci tomber au niveau inférieur, tandis qu'on introduit une égale quantité d'eau comprimée, empruntée à l'accumulateur, dans la presse du sas montant pour l'élever au niveau supérieur.

Tous les concurrents ont spontanément et unanimement reconnu qu'il n'était pas possible de conserver cette disposition en amplifiant le système d'Anderton de façon à lui permettre de transporter des bateaux de 300 t, en raison de l'énorme travail mécanique à produire pour faire parcourir au sas montant la dernière partie de sa course, et tous ont renoncé à laisser le sas descendant s'immerger dans le bief aval; ils le font descendre dans une cale constamment tenue à sec.

Dès lors, l'extrémité aval du sas mobile est disposée comme son extrémité amont. Toutes deux se terminent par des portes mobiles que la pression de l'eau du sas pousse vers l'extérieur.

Le bief amont se termine et le bief aval commence par des portes mobiles semblables à celles du sas. Quand le sas est au haut de sa course, sa porte amont se trouve tout contre la porte du bief amont; quand il est au bas de sa course, sa porte

aval se trouve tout contre celle du bief aval. Dans ces deux positions, un joint étanche est établi entre le fond et les parois du sas mobile et les extrémités des biefs, et il suffit d'ouvrir soit la porte amont du sas et celle du bief amont lorsque le sas est au haut de sa course, soit la porte aval du sas et celle du bief aval lorsqu'il est au bas, pour établir la libre communication du sas avec le bief amont dans le premier cas, ou celle du sas avec le bief aval dans le second, et pour permettre le passage des bateaux des biefs dans le sas ou du sas dans les biefs.

Pour introduire dans le sas qui est au haut de sa course la surcharge d'eau nécessaire pour produire le mouvement, il suffit de ne laisser parcourir aux sas, à chaque opération, qu'une hauteur inférieure à la différence des niveaux des deux biefs du double de l'épaisseur de la tranche d'eau additionnelle de surcharge. Au haut de sa course, le sas est arrêté lorsque son plan d'eau est en contre-bas du plan d'eau du bief amont de l'épaisseur de la tranche d'eau de surcharge, et cette surcharge s'introduit d'elle-même lorsque le sas est mis en communication avec le bief amont. Au bas de sa course, le sas est arrêté lorsque son plan d'eau est en contre-haut du plan d'eau du bief aval de l'épaisseur de cette même tranche d'eau, et la surcharge s'évacue également d'elle-même lorsque la communication entre le sas et le bief aval est établie.

Des soupapes ou valves manœuvrées toutes par des leviers ou des rouets rassemblés dans un même pavillon permettent d'établir ou d'intercepter la communication entre les deux presses ou entre les deux groupes de presses de chaque sas et la communication entre chaque presse et chaque groupe de presses avec l'accumulateur de réserve d'eau comprimée d'une part et avec l'air libre d'autre part.

Il est aisé de comprendre que toute fausse manœuvre, tout dépassement de parcours peuvent être facilement corrigés par l'usage des valves de l'accumulateur et des valves d'évacuation après fermeture de la valve de communication entre les deux presses ou entre les deux groupes de presses.

Il est une autre modification à l'appareil d'Anderton que tous les concurrents ont également proposée.

Il est nécessaire de guider les sas dans leur mouvement. A Anderton, ce guidage est assuré par des charpentes construites à leurs extrémités amont et aval. Cette disposition est vicieuse pour plusieurs raisons sur lesquelles nous aurons à revenir, et dont la principale est la nécessité de laisser à la charpente métallique du sas la possibilité de se dilater longitudinalement, ce qui exige entre le sas et le guidage un jeu très notable qui fait perdre à celui-ci la plus grande partie de son utilité. Les concurrents ont été unanimes à reconnaître la nécessité de placer les guidages au milieu de la longueur du sas, dans la même section transversale que les presses ; et tous ont projeté un guidage central et déclaré vicieuse la disposition adoptée à Anderton, sans en excepter les auteurs de ce premier ascenseur qui reconnaissent hautement la faute qu'ils y ont commise.

Lorsque les sas sont en mouvement, toutes les fois qu'ils parcourent un mètre, le plongeur du sas descendant s'immerge d'un mètre dans l'eau de la presse et y subit une perte de poids égale au poids du volume d'eau qu'il déplace par mètre courant, tandis que le plongeur du sas montant émerge de la même quantité et cesse de subir la même perte de poids. Si donc ces pertes de poids n'étaient pas contrebalancées, la charge additionnelle motrice diminuerait, à chaque mètre de course, du double du déplacement d'un mètre courant de plongeur.

Les compensateurs, imaginés d'abord par M. Clark pour le projet de l'ascenseur des Fontinettes, sont des appareils ayant pour but d'augmenter, à chaque instant du mouvement, le poids du sas descendant exactement de la perte de poids que subit son plongeur en s'immergeant dans l'eau de la presse, et de diminuer le poids du sas montant du gain de poids que subit son plongeur, ou plutôt de la perte de poids qu'il cesse de subir, en émergeant de la presse.

Toutes ces dispositions sont communes à tous les projets •

d'ascenseurs hydrauliques du concours, sauf que ceux présentés par la Compagnie Fives-Lille ne comportent pas d'appareils compensateurs.

Projet n° 1 à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.

(Planche 2)

Le projet n° 1, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot, fractionne la chute de 41 m en deux chutes partielles de 20,50 m, et établit, à chaque chute, deux sas s'équilibrant l'un l'autre. Le guidage central unique est formé par des colonnes en fonte convenablement contreventées. Il porte à sa partie supérieure une solide plateforme à laquelle les sas peuvent être suspendus par des verrous, qui sont de longues tiges pendantes en fer rond terminées inférieurement par des talons en queue d'aronde. Ces queues d'aronde passent librement dans des ouvertures oblongues que portent les saillies-guides du sas, lorsque celui-ci monte. La rotation simultanée des verrous étant ensuite produite par une presse hydraulique établie sur la plateforme supérieure fixe, le sas ne peut redescendre sans venir s'appuyer sur les talons des verrous. Ce système de suspension, qui nécessite le renforcement du guidage et de la plateforme supérieure, entraîne une dépense de 140 000 fr.

Les sas ont 40 m de longueur, 6 m de largeur entre bordés, 2,15 m ou 2 m de mouillage suivant qu'ils renferment ou non la surcharge additionnelle motrice. Ils sont fermés par des portes à guillotine qui peuvent être rendues solidaires de celles qui ferment les abouts des biefs et être levées avec elles par des presses hydrauliques agissant sur des chaînes renvoyées par des poulies placées sur des charpentes fixes qui surmontent les abouts des biefs. Le joint étanche entre le sas et les biefs coupés verticalement se fait, comme aux Fontinettes,

par un tuyau en caoutchouc ou en cuir qu'on peut gonfler d'eau ou d'air comprimé.

Chaque sas repose par son centre sur un piston plongeur unique en fonte de 1,80 m de diamètre. La pression dans la presse est de 34 kg par centimètre carré. La presse, en fonte également, a 1,91 m de diamètre intérieur et 0,18 m d'épaisseur. Les presses communiquent entre elles à leur partie supérieure par un tuyau d'accouplement en fonte de 0,35 m de diamètre et de 0,04 m d'épaisseur.

Les compensateurs sont de lourdes chaînes pesant 634 kg par mètre courant qui passent sur des poulies supérieures, elles sont fixées par une de leurs extrémités à des anses qui surmontent le sas et tendues à l'autre extrémité par des contrepoids descendant dans l'intérieur des colonnes de la charpente de guidage (fig. 10 et 11, pl. 2).

Les accumulateurs sont au nombre de deux et peuvent fournir chacun 1130 l d'eau sous une pression de 35 kg. Ils sont approvisionnés d'eau comprimée par des machines à colonne d'eau, dont l'arrêt et la mise en marche sont commandés automatiquement par les mouvements des caisses des accumulateurs.

Des treuils hydrauliques de 35 t sont établis sur les plateformes fixes supérieures pour faciliter les réparations et permettre la mise en place des tronçons des presses et des plongeurs. Enfin, des cabestans à eau comprimée halent les bateaux à leur entrée et à leur sortie des sas.

Les appareils à eau comprimée sont, comme on le voit, très nombreux dans ce projet.

A la suite de l'accident, consistant dans la rupture de la virole supérieure d'une des presses, survenu le 18 avril 1882 à l'ascenseur d'Anderton, et de la correspondance qu'il échangea à ce sujet avec les ingénieurs du canal de la Marne à la Saône, M. Barret modifia quelques parties de son projet et le compléta par l'addition d'un certain nombre de dispositifs nouveaux :

1° L'encuvement en fonte des puits des presses est remplacé par une chemise en maçonnerie de 4,20 *m* de diamètre intérieur, doublée intérieurement à sa partie supérieure sur une hauteur de 2 *m* d'un anneau en fonte contre lequel la virole supérieure de la presse est solidement contreventée.

2° La virole supérieure de la presse est alésée sur toute sa hauteur de 2 *m*, de manière à servir de guide au plongeur en ne lui laissant aucun jeu appréciable.

3° La partie inférieure de la presse, sur une hauteur de 2,25 *m* est disposée en forme de cône à génératrice courbe, de manière à réduire graduellement le jeu total du plongeur dans la presse de 0,110 *m* à 0,004 *m*. Comme l'eau de la presse doit toujours, pour permettre le mouvement de descente du sas, s'échapper de dessous le plongeur pour s'élever jusqu'au tuyau de communication par le jeu laissé entre le plongeur et la presse, la réduction de l'orifice annulaire par lequel l'eau s'échappe de dessous le plongeur constituerait un frein des plus énergiques en cas d'accident se traduisant par une chute brusque du sas. M. Barret donne à cette disposition, qui présente de grandes ressemblances avec le frein hydraulique des affûts de pièces d'artillerie de siège, le nom de tampon d'inertie, par analogie avec le tampon d'arrêt du grand pont tournant de Marseille, construit par lui sur le même principe.

4° Dans le but de mettre les sas à l'abri de tout accident en cas de rupture du tuyau de communication entre les presses, M. Barret établit sur ce tuyau, près des points où il pénètre dans chacune des presses, des soupapes de sûreté qui se fermeraient automatiquement et isoleraient les presses si une large ouverture se produisait dans le tuyau. Chaque soupape de sûreté se compose d'une chapelle en fonte dans laquelle peut se mouvoir un piston dont la base supérieure porte une tige ou déplaceur traversant dans un presse-étoupes le toit de la chapelle. La base supérieure du piston est toujours soumise à la pression de la presse, car elle communique avec elle par une large ouverture tubulaire ménagée dans l'une

des parois latérales de la chapelle. La base inférieure du piston, lorsqu'elle vient s'appliquer sur son siège, ferme toute communication entre la presse et le tuyau d'accouplement. Lorsque le piston, dont la course est très faible, est soulevé, l'eau peut s'écouler de la presse vers le tuyau ou *vice versa* par une section étranglée dont la face supérieure est formée par la base inférieure du piston.

Dans les conditions ordinaires, le piston est tenu levé par l'excès de la pression qui s'exerce sur sa base inférieure, laquelle dépasse celle qui s'exerce sur sa face supérieure de la pression correspondante à la surface du déplaceur. Mais, s'il se produit une fuite importante dans le tuyau d'accouplement, un courant intense s'établit de la presse vers le tuyau, la pression baisse dans l'étranglement et, par suite, sur la base inférieure du piston, et celui-ci se précipite presque instantanément sur son siège. M. Barret se propose de régler les soupapes de telle sorte que leur fermeture se produise en un quart de seconde et il estime qu'il n'en résultera qu'un surcroît de pression de 3 *kg* par centimètre carré dans la presse. Douze soupapes de sûreté de ce système avaient déjà été établies par M. Barret avant 1882 au grand pont tournant des bassins de radoub de Marseille, aux accumulateurs des docks de la même ville et aux accumulateurs de plusieurs forges et aciéries utilisant l'eau comprimée comme force motrice, telles que celles de Denain, de Neuves-Maisons, de Pompey, de Terre-Noire. Ces soupapes n'ont jamais fait défaut, bien qu'elles aient été l'objet des expériences les plus variées, notamment celle adaptée à la presse du grand pont tournant de Marseille, qui supporte un poids aussi lourd qu'un sas d'ascenseur et où la pression de l'eau atteint 270 *kg* par centimètre carré.

5° Le programme du concours renfermant la condition que l'ascenseur d'amont M (fig. 1 et 3, pl. 1) soit disposé de manière à permettre une variation de 0,50 *m* du niveau du plan d'eau du bief de partage, M. Barret rend mobiles les verrous

de suspension des sas de cet ascenseur, de manière à leur permettre une course de 0,50 m. A cet effet, les verrous sont munis de roues dentées en acier formant écrous, mues par une vis sans fin. Les vis des écrous des huit verrous d'un sas sont commandées par une transmission d'arbres, qui reçoit le mouvement de la machine hydraulique des treuils supérieurs.

6° Quatre appuis mobiles sont établis pour chaque sas sur le fond de la cale sèche dans le but de supporter le sas qui est au bas de sa course pendant l'entrée et la sortie des bateaux, ainsi que pendant la période de repos. Ces appuis peuvent être levés ou abaissés, suivant les légères variations du bief aval, à l'aide de vis actionnées par une machine hydraulique spéciale.

7° En raison du poids considérable du collier du presse-étoupes des presses et de l'impossibilité de le soulever à la main pour changer la garniture, M. Barret établit un mécanisme consistant en une combinaison d'arbres, de roues dentées et de vis sans fin, qui permet de soulever verticalement, d'une quantité suffisante pour refaire la garniture, le collier du presse-étoupes, tout en le maintenant supporté par les vis de serrage.

8° Les sas sont entourés, au milieu de leur longueur, d'une robuste ceinture rectangulaire dont le côté inférieur est formé par le chevêtre par l'intermédiaire duquel le sas repose sur le plongeur et dont le côté supérieur, de même force que le chevêtre, est surélevé au-dessus des chargements des bateaux et sert d'organe de suspension du sas par les verrous. De chacune des extrémités de ce côté supérieur de la ceinture partent deux forts tirants longitudinaux obliques, formés, comme la ceinture elle-même, de poutres à caisson, qui vont soutenir les extrémités du sas pour s'opposer à sa flexion. (Ces dispositions ne sont pas figurées sur la planche 2.)

9° Enfin, les galets ou patins de guidage, au nombre de 24 par sas, sont reportés, les uns aux extrémités du côté supérieur, les autres aux extrémités du côté inférieur de la cein-

ture, et leur espacement vertical est ainsi porté de 4,90 m à 9 m. Des coins mobiles, mus par des vis de rappel, permettent de déplacer les galets ou patins. Les galets de guidage dans le sens longitudinal, en nombre double des galets de guidage dans le sens transversal, sont accouplés deux à deux par des balanciers.

Les additions énumérées ci-dessus sous les nos 6, 7, 8 et 9 entraîneraient une dépense importante qui n'a pas été évaluée par M. Barret, et qui n'est pas comprise dans l'estimation du prix d'établissement.

Les mécanismes du mouvement des verrous, ceux du mouvement des appuis sur la cale sèche, ceux permettant le soulèvement des presse-étoupes et les treuils hydrauliques supérieurs compliquent singulièrement l'appareil en y introduisant un nombre considérable de presses hydrauliques, de garnitures, d'engrenages, d'arbres de transmission, fort onéreux à acquérir et à entretenir. Ils donnent de plus aux ascenseurs de M. Barret le caractère de machines très complexes, sujettes à de fréquents dérangements, et nécessitant un personnel fort expérimenté. Leur utilité paraît d'ailleurs d'autant plus contestable que leur absence aux ascenseurs d'Anderton, des Fontinettes et de la Louvière n'y a jamais provoqué la moindre difficulté d'exploitation.

Projet n° 2, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.

(Planche 2)

Les dispositions de ce projet sont identiques à celles du projet précédemment étudié, sauf qu'un seul sas est établi à chaque chute, la presse de l'ascenseur d'amont M étant reliée à celle de l'ascenseur d'aval N par une longue conduite sous-pression, dont M. Barret avait fixé la longueur à 1630 m, mais qui devrait avoir en réalité 1718,24 m.

Les deux sas qui s'équilibrent et dont les presses sont

accouplées rachètent deux chutes successives du canal et il existe entre les deux presses une dénivellation égale à la chute. Les appareils compensateurs ne suffisent plus pour assurer l'égalité des pressions sur les fonds des plongeurs et il faut encore donner au sas de la chute inférieure un lest permanent qui peut être placé, soit dans l'intérieur du plongeur, soit dans le sas lui-même; dans le projet qui nous occupe, ce lest est de 52,16 *t* et consiste en gueuses de fonte.

La course du sas N devant toujours rester rigoureusement égale à celle du sas M, la possibilité de variation de 0,50 *m* du plan d'eau du bief de partage implique une possibilité de variation de 0,25 *m* du bief intermédiaire. La tête amont du sas mobile M doit présenter une surface plane verticale de jonction assez étendue pour que le joint étanche avec le bief de partage puisse se faire dans deux positions différant entre elles de 0,50 *m*, comme dans le projet précédent; mais, dans le projet actuel, la tête aval du sas M et la tête amont du sas N doivent, en outre, présenter une surface de jonction assez étendue pour que le joint étanche avec le bief intermédiaire puisse se faire dans deux positions différant entre elles de 0,25 *m*.

De plus, la nécessité de tenir toujours le bief intermédiaire à un niveau qui soit exactement la moyenne arithmétique des niveaux des deux biefs extrêmes constitue une assez grande sujétion et exige que le bief intermédiaire soit pourvu d'un déversoir régulateur à hausses mobiles d'un assez grand développement.

La conduite d'accouplement entre les presses des ascenseurs M et N est prévue en fonte; elle est calculée en vue d'une pression de service de 40 *kg* par centimètre carré. La vitesse par seconde de l'eau dans la conduite est fixée à 1,30 *m*. Les frottements qui se produisent dans cette conduite nécessitent une augmentation de 30 *t* de la charge additionnelle motrice qui atteint ainsi 54 *t*. Pour loger cette surcharge, la profondeur des sas doit être augmentée de 0,10 *m*. La pression maxima dans les presses est portée à 37 *kg* par centimètre carré.

Enfin, à la différence du projet à deux sas par chute, les valves de manœuvre posées sur la conduite d'accouplement doivent être au nombre de deux, une près de chaque presse, et les sas ne peuvent se mouvoir qu'après que les deux valves ont été ouvertes par les deux éclusiers.

Projet n° 3, à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par l'usine Fives-Lille.

(Planche 3)

Les ascenseurs de l'usine Fives-Lille sont beaucoup moins compliqués que ceux de M. Barret. Ils ne comportent ni treuils hydrauliques supérieurs, ni machines hydrauliques pour le soulèvement des verrous, des presse-étoupes et des appuis des cales sèches, ni appareils compensateurs. Le mouvement des sas, au lieu d'être un mouvement sensiblement uniforme, comme dans les ascenseurs de M. Barret, est, par suite de l'absence de compensateurs, un mouvement retardé, comme dans les ascenseurs en service à Anderton, aux Fontinettes et à la Louvière, ce qui facilite singulièrement le démarrage et l'arrêt des sas.

Pour que l'augmentation de la charge additionnelle motrice résultant de l'absence de compensateurs soit moins considérable, l'usine de Fives-Lille adopte des presses de faible diamètre à forte pression. Elle avait d'abord proposé des presses en acier coulé de 1,25 m de diamètre et de 0,065 m d'épaisseur, recevant des plongeurs en fonte de 1,20 m de diamètre et de 0,08 m d'épaisseur ; la pression de l'eau de la presse eût été ainsi de 69 kg par centimètre carré. Par une lettre du 13 juin 1882, la Compagnie a porté de 1,20 m à 1,40 m le diamètre des plongeurs, modification qui ramène la pression à 51 kg par centimètre carré.

Les cales sèches sont arasées à 0,40 m en contre-bas de la position des sas abaissés et les presses sont prolongées, à leur partie inférieure, par des parties rétrécies de 0,40 m de hauteur

formant tampons d'inertie, dans lesquelles les plongeurs ne pénétreraient qu'en cas d'accident, mais où ils ne s'engagent point dans les manœuvres ordinaires.

Ces tampons ne sont point tronçonniques comme ceux de M. Barret, mais cylindriques et alésés exactement au diamètre des plongeurs. Quand les plongeurs s'y sont engagés, l'eau ne peut plus s'échapper que par quatre rainures verticales creusées dans les parois et mesurant chacune 0,080 *m* de largeur sur 0,025 *m* de profondeur à la partie supérieure et 0,025 *m* de largeur sur 0,010 *m* de profondeur seulement à la partie inférieure des tampons.

La conduite d'accouplement entre les presses est fortement étranglée à ses points de pénétration dans les presses, où son diamètre se réduit à 0,45 *m* et même à 0,41 *m* aux points où se trouvent les soupapes. Ces étranglements, qui ne produisent que des pertes de charge peu importantes dans la marche normale de l'appareil, en raison de la faible vitesse de l'écoulement de l'eau, constituent de puissants modérateurs de la vitesse de chute des sas en cas de rupture de la conduite d'accouplement, puisqu'ils réduisent considérablement la section des seuls orifices par lesquels les presses pourraient se vider. Ils ont, en outre, l'avantage d'atténuer l'affaiblissement des presses aux points de pénétration de la conduite d'accouplement.

Le sas n'est pas relié au plongeur d'une manière rigide. Une sorte d'articulation est ménagée entre le plongeur, qui se termine à son sommet par une calotte sphérique convexe, et le sommier en fonte sur lequel repose le chevêtre, dont la base inférieure est une calotte sphérique concave. Le plongeur n'est, pour l'usine Fives-Lille, qu'une colonne supportant le poids du sas; son axe pourrait ne pas rester rigoureusement parallèle aux guidages, qui doivent seuls assurer l'horizontalité du sas.

Les portes qui ferment les sas et les extrémités des biefs sont des portes rabattantes tournant autour de leur arête in-

férieure et manœuvrées par de petites presses latérales. Elles se couchent dans des logettes ménagées dans le fond des sas à leurs extrémités. Cette disposition oblige à allonger les sas du double de la hauteur des portes. La longueur des sas est ainsi de 45 *m* entre les bordés des portes relevées ; leur largeur est de 5,60 *m*, leur mouillage minimum de 1,95 *m*. La section transversale mouillée des sas n'est ainsi que de 10,92 *m*² ; elle paraît trop faible pour permettre l'entrée facile d'un bateau chargé.

Le guidage est central et d'une force considérable. Il est formé de pilônes verticaux en tôle contreboutés par des pilônes obliques. Tous ces pilônes sont des caissons rectangulaires ou carrés, dont les faces sont des charpentes métalliques en treillis, et sont solidement entretoisés, notamment à leur pied. L'empatement total à la base du guidage atteint 31,84 *m* dans le sens transversal et 16,50 *m* dans le sens longitudinal.

Le sas s'appuie sur le guidage fixe par de longues règles verticales en acier coulé, au nombre de huit par sas, dont les principales ont 8 *m* de longueur.

Les verrous permettant la suspension du sas au haut de sa course sont d'un système tout autre que ceux de M. Barret. Ce sont des parallépipèdes rectangles en acier forgé de 0,45 *m* de longueur, 0,45 *m* de hauteur et 0,07 *m* de largeur placés latéralement au sas dans sa partie centrale, deux sur chaque face, et susceptibles d'un mouvement longitudinal qui est produit automatiquement par le rabattement et le relèvement de la porte d'amont du sas. Ces verrous, dans la position qu'ils occupent lorsque la porte est rabattue, se trouvent au-dessus de l'about supérieur de cinq plates-bandes en tôle de 0,012 *m* d'épaisseur fixées sur les arêtes intérieures des pilônes de guidage et descendant jusqu'au sol. Les verrous ne suspendent pas le sas à chaque opération. Ils viendraient seulement prendre contact avec l'about des plates-bandes si, le sas étant au haut de sa course, il descendait légèrement par suite d'une fuite dans la presse qui le supporte. Ils ne sont

plus que des appareils de sécurité; la suspension du sas supérieur sera exceptionnelle, de même que le repos du sas inférieur sur la cale sèche, qui est arasée à 0,40 m en contrebas de la position normale de ce sas, et les presses demeureront presque toujours en pression. C'est encore là une différence essentielle avec le projet de M. Barret, dans lequel les presses ne sont en pression que pendant la durée du mouvement des sas, ce qui soumettrait le métal qui les constitue à de nombreuses alternatives d'extension et de retrait et les placerait dans des conditions défectueuses au point de vue de la résistance (Lois de Wöhler).

Projet n° 4, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par l'usine Fives-Lille.

(Planche 3)

La compagnie Fives-Lille s'est bornée à indiquer que, pour passer du projet à deux sas au projet à un seul sas par chute, il suffisait de supprimer, dans le guidage, le pilône central et ses contrefiches en rapprochant les pilônes extrêmes, d'ajouter un lest de 23,185 t au sas de la chute inférieure N, d'augmenter de 18 t la surcharge additionnelle motrice, qui serait ainsi portée de 41 à 59 t, et de relier les presses des deux sas par une longue conduite de 0,30 m de diamètre pénétrant dans les presses par deux étranglements de 0,13 m ou de 0,18 m de diamètre, au choix de l'Administration. Elle aurait dû ajouter que la hauteur et le poids des sas devaient être augmentés pour permettre le logement de la nouvelle surcharge motrice.

Avec le diamètre de plongeur de 1,20 m primitivement indiqué par la Compagnie, la pression maxima dans les presses serait de 71 kg par centimètre carré et le mouvement des sas s'opérerait en 3 minutes 25 secondes si on fixait à 0,18 m le diamètre des étranglements de la conduite d'accouplement aux points de pénétration dans les

presses, ou en 3 minutes 45 secondes, si on fixait ce diamètre à 0,13 m. L'adoption du diamètre de 0,13 m pour les étranglements n'augmenterait donc que de 20 secondes la durée du mouvement des sas dans le fonctionnement normal, tandis qu'elle réduirait à 0,77 m par seconde, la vitesse de chute des sas, en cas de rupture de la conduite d'accouplement.

Projet n° 5, à quatre chutes de 10,25 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par MM. Clark, Standfield et Clark et l'usine Cail ou projet A.

(Planche 4)

Dans les trois projets n° 5, 6 et 7 présentés par MM. Clark, Standfield et Clark et l'usine Cail, les presses sont en acier coulé, de grand diamètre et à faible pression; il n'existe ni tampons d'inertie au fond des presses, ni verrous de suspension des sas. Les portes des biefs et des sas sont à guillotine; celles des biefs sont suspendues à des charpentes fixes et équilibrées par des contre-poids; celles des sas peuvent être accrochées et suspendues à celles des biefs. Leur mouvement est assuré par des treuils à main.

Le guidage principal est central; il se compose de deux pilônes en tôle à treillis en forme de pyramides triangulaires, placés latéralement au sas au milieu de sa longueur, dont les sommets sont reliés entre eux par trois poutres à treillis, espacées d'un mètre et d'un mètre de hauteur, supportant une passerelle. Les règles de guidage, fixées aux parois latérales du sas, sont en acier et ont 5,50 m de longueur. Les guidages accessoires empêchant le sas de pivoter autour d'un axe vertical sont formés par le mur de soutènement du bief amont et par deux tours édifiées en face de l'extrémité aval du sas et renfermant, l'une l'accumulateur, l'autre le réservoir du compensateur. Les sommets des pilônes du guidage métallique central sont reliés aux maçonneries d'amont et aux tours d'aval, au niveau des chemins de halage du bief

amont, par des poutres de contreventement portant des passerelles.

Le système de compensation adopté par MM. Clark, Standfield et Clark consiste à introduire, à tout instant, dans le sas lorsqu'il descend, ou à en retirer, lorsqu'il monte, un poids d'eau égal à l'augmentation ou à la diminution du déplacement du ou des plongeurs qui le portent, lesquels s'immergent dans la ou les presses, ou en émergent. Il suffit, pour cela, que le sas et le réservoir cylindrique édifié dans la tour d'aval, dont la section horizontale est égale à celle du ou des plongeurs, constituent un système de deux vases communicants. Un tuyau horizontal fixe part du fond du réservoir et aboutit sous le sas; un tuyau vertical télescopique, formé d'éléments réunis par des presse-étoupes, part de l'extrémité du tuyau horizontal et débouche dans le sas juste au-dessous du niveau minimum du plan d'eau. (Il ne débouche pas au fond du sas pour éviter le danger d'une vidange du sas en cas d'accident à la tuyauterie). Ce système d'appareils compensateurs augmente l'écart entre le mouillage minimum et le mouillage maximum du sas et nécessite des bordés latéraux d'une assez grande hauteur.

Sur la conduite d'accouplement, à côté de la valve de manœuvre à la main, se trouve un robinet-papillon modérateur qui est fermé graduellement par le sas lui-même, lorsqu'il parcourt le dernier élément de sa course descendante. Un contrepoids ouvre à nouveau cette valve modératrice automatique dès que le sas est complètement arrêté (voir fig. 9 à 12). Toutes ces dispositions sont communes aux trois projets n^{os} 5, 6 et 7.

Dans le projet n^o 5, comportant quatre ascenseurs de 10,25 *m* de chute à un seul sas par chute, le sas, de 40,55 *m* de longueur entre les bordés des portes, 6 *m* de largeur et 2 *m* de mouillage, est porté par un plongeur central unique en fonte de 2 *m* de diamètre et de 0,05 *m* d'épaisseur. La presse en acier coulé a 2,10 *m* de diamètre et

0,05 *m* d'épaisseur. La pression maxima de l'eau y est de 25 *kg* seulement par centimètre carré. Le fond de la presse devait reposer sur la fondation en béton par l'intermédiaire d'un plancher en bois qui pourrait donner lieu à des tassements et qu'il convient de supprimer. Les conduites d'accouplement, qui réunissent entre elles les presses du premier et du second et celles du troisième et du quatrième ascenseurs, sont en fonte et ont 0,45 *m* de diamètre. Elles ne sont pas étranglées à leurs points de pénétration dans les presses; mais, à la suite de l'accident survenu à l'ascenseur d'Anderton, MM. Clark, Standfield et Clark, pour ne point affaiblir les viroles supérieures des presses aux points de pénétration, ont divisé les extrémités des conduites d'accouplement en grappes de conduites plus petites et substitué plusieurs petites tubulures de pénétration à des tubulures uniques. Cette modification, qui est complétée par un renforcement considérable du métal des presses autour des tubulures, est applicable également aux projets nos 6 et 7.

Le lest permanent à donner aux sas des second et quatrième ascenseurs est de 32,220 *t*. Le diamètre des conduites reliant aux sas les réservoirs des compensateurs est de 0,41 *m*. Avec la vitesse de 0,057 *m* par seconde admise pour le mouvement des sas, la perte de charge dans ces conduites sera de 0,50 *m*, en sorte que les plans d'eau des réservoirs compensateurs seront toujours en retard de 0,50 *m* sur ceux des sas pendant qu'ils seront en mouvement. Une augmentation de 3 *t* de la surcharge additionnelle motrice sera nécessaire pour compenser ce retard, et cette surcharge devra être ainsi de 38 *t* pour obtenir une vitesse de mouvement des sas de 0,057 *m* par seconde. Si on voulait obtenir une vitesse des sas de 0,085 *m* par seconde, la surcharge devrait être portée à 63 *t*.

Projet n° 6, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, accouplé par une longue conduite avec celui de la chute suivante, présenté par MM. Clark, Standfield et Clark et l'usine Cail ou 1^{er} projet B.

(Planche 4)

Ce qui caractérise les projets nos 6 et 7 et les différencie de tous ceux analysés précédemment, c'est que le sas n'est plus porté par un plongeur unique placé sous son centre, mais qu'il est suspendu à un chevêtre transversal placé au milieu de sa longueur et en contre-haut du chargement des bateaux, chevêtre qui repose par ses extrémités sur deux plongeurs latéraux au sas. Les presses sont ainsi relevées de 7,50 m par rapport à la position qu'eût occupée une presse centrale unique. La distance verticale entre le centre de gravité du système mobile au haut de sa course et le niveau des presse-étoupes des presses est diminuée de 7,50 m et ces presse-étoupes deviennent facilement accessibles et toujours visibles. Le sas présente la forme d'un panier dont le grand chevêtre transversal supérieur serait l'anse. Ses parois latérales sont formées de deux grandes poutres américaines d'égale résistance en forme de caissons dont la hauteur est de 7,97 m au milieu et de 3,30 m aux extrémités. A la différence de tous les projets précédents, ce sont leurs semelles inférieures et non plus leurs semelles supérieures qui sont horizontales. La cale sèche est donc elle-même horizontale et beaucoup moins profonde au milieu que celles des projets précédents. Le sas a 40,68 m de longueur entre les bordés des portes, 5,80 m de largeur libre et 2 m de mouillage minimum. Les plongeurs en fonte, distants de 8,92 m d'axe en axe, ont 1,42 m de diamètre et 0,035 m d'épaisseur. Les presses en acier coulé ont 1,54 m de diamètre et 0,035 m d'épaisseur; la pression maxima de l'eau y est de 30 kg par centimètre carré. Les deux presses d'un même sas communiquent entre elles par une conduite de 0,35 m de diamètre

pourvue, près des points de pénétration, de deux valves de sûreté qui restent toujours ouvertes en temps ordinaire. Les conduites de 0,35 m des deux ascenseurs M et N sont réunies entre elles par la longue conduite d'accouplement et c'est celle-ci qui porte à chacune de ses extrémités une valve de manœuvre et une valve-papillon modératrice.

Le sas est guidé à deux niveaux différents : au niveau du chevêtre par des règles de 2 m de hauteur fixées aux extrémités du chevêtre et aux chapiteaux des plongeurs et au niveau des semelles inférieures des poutres américaines par des règles de 1,50 m de hauteur reliées à ces poutres par des charpentes en tôle pourvues de vides annulaires embrassant les presses. La hauteur totale guidée est ainsi de 7,47 m.

Le lest permanent donné au sas inférieur N est de 64,932 t. MM. Clark, Standfield et Clark avaient fixé à 0,45 m le diamètre de la conduite d'accouplement entre les ascenseurs M et N, à 0,41 m celui de la conduite reliant les sas aux réservoirs des compensateurs et à 0,068 m par seconde la vitesse de mouvement des sas. Ces diamètres et cette vitesse nous paraissent trop faibles. Le mouvement des sas exigerait, en effet, 5 minutes; la perte de charge dans les conduites des compensateurs atteindrait 0,80 m et la surcharge motrice 72 t. Il conviendrait de réduire à 4 minutes la durée du mouvement des sas, en portant leur vitesse à 0,085 m par seconde; il faudrait pour cela donner 0,50 m de diamètre à la conduite d'accouplement et à celle des compensateurs, et la surcharge motrice ne serait plus que de 49,5 t.

Projet n° 7, à deux chutes de 20,50 m, comportant à chaque chute un seul sas équilibré par des accumulateurs, présenté par MM. Clark, Standfield et Clark et l'usine Cail ou deuxième projet B.

(Planche 4)

Les dispositions de ce projet sont absolument identiques à celles du précédent, sauf que la longue conduite d'accouple-

ment reliant l'ascenseur M à l'ascenseur N est supprimée, et que ces deux ascenseurs, bien que ne comportant chacun qu'un seul sas, sont absolument indépendants l'un de l'autre. Dans chacun d'eux le sas est équilibré par deux accumulateurs contrepoids logés dans deux tours supplémentaires, à demi encastrées dans le mur de soutènement du bief amont. Ces accumulateurs contrepoids ont des presses et des plongeurs identiques à ceux du sas, sauf que la hauteur des presses et la course des plongeurs sont augmentées de 1,50 m, ce qui leur permet de remplir à la fois le rôle d'accumulateurs contrepoids et d'accumulateurs de réserve. L'accumulateur de réserve qui, dans les deux projets précédents, occupait une des tours d'aval est supprimé et cette tour, conservée par raison de symétrie, reçoit la machine à colonne d'eau, qui n'exige plus la construction d'un bâtiment spécial pour l'abriter.

Les accumulateurs contrepoids ne pouvant recevoir ni la charge d'eau additionnelle motrice ni l'eau du réservoir du compensateur et leur poids demeurant constant, la charge additionnelle motrice du sas et la section du réservoir du compensateur sont toutes deux doublées. Le poids fixe des accumulateurs est réglé à la moyenne arithmétique entre le poids du sas renfermant cette charge motrice doublée et celui du sas ne la renfermant pas. Quant au système compensateur, il est bien clair qu'il fonctionne aussi bien en alourdissant le sas descendant du double du déplacement de ses plongeurs qu'en l'alourdissant de ce déplacement et en éléguissant les contrepoids d'autant.

La conduite d'accouplement qui réunit les milieux des conduites de 0,35 m de connexion entre les deux presses du sas et entre les deux presses des accumulateurs a 0,50 m de diamètre. Le mouvement du sas s'effectue en 4 minutes avec une vitesse de 0,085 m par seconde. Le réservoir du compensateur a 2,84 m de diamètre. Il communique avec le sas par une conduite de 0,59 m de diamètre donnant lieu à une perte de charge de 0,90 m. La surcharge additionnelle motrice, qui

sert pour une double manœuvre, est de 52 *t*. Il eût été préférable de relier au sas le réservoir du compensateur par deux conduites jumelles de 0,50 *m*, ce qui eût réduit la perte de charge à 0,47 *m* et la charge motrice à 46,5 *t*. La surcharge et l'eau du compensateur, lorsqu'elles sont ensemble dans le sas, augmentent son poids de 182 *t* et son mouillage de 0,77 *m*. Aussi est-il nécessaire de renforcer et de surélever le sas.

§ II. — ASCENCEURS FLOTTANTS.

Projet n° 8, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par M. Seyrig.

(Planche 5)

Les deux ascenseurs M et N sont complètement indépendants l'un de l'autre.

Chacun d'eux se compose d'un seul sas mobile de 44,90 *m* de longueur totale, 43,40 *m* de longueur entre les bordés des portes relevées, 6 *m* de largeur et 2,10 *m* de mouillage, reposant, par l'intermédiaire de quatre tours métalliques carrées de 20,80 *m* de hauteur, sur quatre flotteurs de 14,50 *m* de hauteur, immergés dans un nombre égal de puits, et formés chacun d'une partie cylindrique de 5 *m* de diamètre et de 13 *m* de hauteur terminée par deux troncs de cône de 0,75 *m* de hauteur. La hauteur totale du système mobile entre la base des flotteurs et la lisse des garde-corps du sas est ainsi de 39,80 *m*. Les puits maçonnés des flotteurs ont 5,70 *m* de diamètre à leur partie inférieure sur une hauteur de 23 *m* et 7,30 *m* de diamètre à leur partie supérieure. Ils sont fondés à 37,80 *m* en contre-bas du radier de la cale sèche et à 41,55 *m* en contre-bas du plan d'eau du bief aval. La hauteur totale des parties fixes de l'ouvrage entre la fondation des puits et les chemins de halage du bief amont atteint 62,65 *m*.

Le poids total du système est un peu supérieur au poids de

l'eau déplacée par les flotteurs et le mouvement est produit par une presse hydraulique placée sous le centre du sas et fonctionnant sous une très faible pression; cette presse est reliée à un petit réservoir à air libre de 9 m de diamètre établi sur le coteau; il suffit de la mettre en communication avec ce réservoir pour faire monter le sas ou avec le bief d'aval pour le faire descendre. Il n'y a donc dans ce projet ni accumulateur ni surcharge motrice, et le mouillage dans le sas demeure constant.

Les portes sont rabattantes, comme celles des projets de l'usine Fives-Lille; elles sont formées de caissons étanches et manœuvrées à l'aide de chaînes et de treuils à main.

Les joints étanches entre les sas et les biefs seront assurés soit, comme à l'ascenseur de la Louvière, au moyen de coins mobiles manœuvrés par de petites presses hydrauliques, véritables petites portions de canal terminées verticalement du côté du bief et suivant un fruit du dixième du côté du sas, soit, comme à l'ascenseur des Fontinettes et comme dans les projets précédemment analysés, par une poche de caoutchouc qu'on peut gonfler d'eau ou d'air comprimé.

Le sas est guidé à ses quatre angles par les maçonneries du mur de soutènement du bief amont et par deux tours en maçonnerie édifiées sur les abouts des berges du bief aval. Chaque flotteur est en outre guidé à sa base par quatre galets avec un jeu de 0,05 m.

La presse qui provoque le mouvement est un cylindre en tôle de 1,25 m de diamètre et de 0,007 m d'épaisseur qui est à la fois porté par le fond du puits et suspendu à sa margelle, disposition dont l'accident d'Anderton a montré les graves inconvénients.

La configuration du terrain conduit à se servir du même réservoir à air libre ou de deux réservoirs voisins pour la manœuvre des deux ascenseurs M et N. Ce réservoir devrait être établi à 25 m en contre-haut du plan d'eau du bief de partage et alimenté par des pompes actionnées par deux

machines à vapeur de 10 *chvx* de force. La conduite qui le relierait à la presse de l'ascenseur N devrait avoir 0,32 *m* de diamètre et 2 *km* de longueur ; elle coûterait près de 75 000 *fr.* L'excès de poids du système mobile sur le déplacement des flotteurs devrait être réglé à 42 *t.* La pression maxima de l'eau dans la presse de manœuvre serait de 7,3 *kg* par centimètre carré. La force motrice diminue notablement pendant le mouvement par suite de l'immersion ou de l'émer-sion du plongeur de la presse de manœuvre et des fers des tours métalliques reliant le sas aux flotteurs. Elle diminue de 1,5 *t* pour chaque mètre de parcours. Tout compte tenu des pertes de charge dans les conduites, la force motrice varie de 32 *t* au départ à 1 *t* à l'arrivée. Le mouvement retardé que produirait cette force décroissante aurait sans doute besoin d'être modéré dans la première partie de la course du sas et les valves, commandées par des tiroirs, qu'a projetées M. Seyrig, paraissent ne pas pouvoir se prêter facilement à des ouvertures partielles. Mais c'est là un point de détail qu'il serait bien facile de modifier.

Des taquets d'arrêt heurtés par le sas, lorsqu'il arrive à fin de course, provoquent automatiquement la fermeture des valves. Des pulsomètres sont placés à l'intérieur des flotteurs pour l'épuisement des eaux d'infiltration.

§ III. — ASCENSEURS FUNICULAIRES.

Projet n° 9, à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.

(Planche 6)

Chaque ascenseur est logé dans un vaste bâtiment de 40,41 *m* de longueur, 16,40 *m* de largeur et 43,75 *m* de hauteur dans œuvre, comportant deux gros murs longitudinaux et un gros mur de refend séparant les deux sas, murs qui portent un pont métallique de 1,50 *m* d'épaisseur, auquel les sas sont suspendus. Il se compose de deux sas identiques s'équilibrant entre eux.

Chaque sas est surmonté de onze anses transversales, réparties sur sa longueur, au-dessous desquelles passent les chargements des bateaux; c'est au moyen des poulies folles que portent les milieux des parties supérieures de ces anses que le sas est suspendu aux chaînes. Les chaînes sont au nombre de vingt : deux poulies de suspension sont fixées à chacune des anses intermédiaires, une seule à chacune des deux anses extrêmes. Les chaînes de suspension sont attelées à leurs deux extrémités, par l'intermédiaire de balances hydrostatiques sur lesquelles nous reviendrons, à la plateforme métallique supérieure qui est elle-même portée par les deux gros murs longitudinaux du vaste bâtiment qui renferme l'appareil et par le mur de refend longitudinal construit suivant son axe (fig. 2). Chaque chaîne part d'un de ses points d'attache à la plateforme supérieure, descend verticalement, vient embrasser la partie inférieure d'une poulie d'anse du premier sas, remonte verticalement, passe sur une poulie calée invariablement sur un arbre longitudinal continu porté par la plateforme supérieure, arbre qui porte les vingt poulies et qui, par sa rotation, provoque le mouvement ; elle court ensuite horizontalement au-dessus de la plateforme et passe sur une troisième poulie portée, comme la seconde, par la plateforme supérieure, mais non calée sur un arbre longitudinal continu et, par conséquent, indépendante de ses voisines ; la chaîne descend ensuite verticalement, embrasse la partie inférieure d'une poulie d'anse du second sas et remonte enfin pour se terminer à son second point d'attache à la plateforme supérieure par une seconde balance hydrostatique.

Pour compenser le poids des chaînes de suspension qui alourdissent tantôt un sas, tantôt l'autre, des chaînes d'équilibre pendent au-dessous des sas ; elles sont au nombre de neuf et servent à la fois aux deux sas ; chacune de leurs extrémités est attachée au milieu de la largeur du dessous d'un sas, au droit des neuf anses intermédiaires.

La surcharge que prend le sas au haut de sa course représente les neuf dixièmes des frottements à vaincre. Le mouvement est produit par une machine à colonne d'eau qui fait

tourner l'arbre longitudinal moteur sur lequel sont calées les vingt premières poulies de la plateforme supérieure. Le mécanicien est ainsi absolument maître du mouvement, qu'il peut modérer et arrêter à volonté. Quatre freins hydrauliques d'une grande puissance peuvent néanmoins agir sur l'arbre moteur en différents points de sa longueur. M. Barret expose qu'ils doivent donner un surcroît de sécurité et prévenir tout accident. Nous estimons que ces freins constituent une superfétation, car, du moment où le mouvement cesse naturellement en cas d'accident puisque la surcharge seule est insuffisante pour le produire, nous ne voyons pas quel peut être le rôle des freins.

Vingt-deux verrous permettent de suspendre à la plateforme supérieure chacun des sas au haut de sa course par les extrémités des traverses supérieures de ses anses ; la longueur des verrous en contre-bas de la plateforme est variable, et cette variation permet la suspension des sas dans toutes les positions qu'ils peuvent être appelés à occuper suivant les variations du plan d'eau du bief amont.

Les sas, fermés par des portes à guillotine identiques à celles des projets n^{os} 1 et 2, ont 39 *m* de longueur utile entre les bordés des portes, 40 *m* de longueur totale, 5,70 *m* de largeur utile, 2 *m* de mouillage lorsqu'ils ne renferment pas la surcharge additionnelle motrice et 2,18 *m* lorsqu'ils la renferment.

Le guidage n'a ici qu'une importance très secondaire ; il est assuré par des rainures en fonte, placées aux angles du sas, qui embrassent des règles en fonte en forme de T fixées sur les murs.

Les chaînes de suspension, d'un développement total de 1200 *m* par ascenseur, sont des chaînes Galle du type Neustadt à trois cours de mailles de 0,185 *m* de longueur utile et renferment 6500 articulations. L'écartement des cours de mailles est maintenu soit par des renflements des fuseaux, soit, ce qui est bien préférable, par des bagues emboîtées sur les fuseaux. Les mailles ne touchent jamais les gorges des poulies. Le

contact ne s'établit qu'entre les bagues formant les renflements des fuseaux et deux couronnes à empreintes en saillie sur les gorges des poulies (voir les fig. 4 à 10). Cette disposition est fort ingénieuse en ce qu'elle localise les frottements et l'usure sur les bagues, qu'il est toujours facile de remplacer à peu de frais.

Dans l'une des lignes, les poulies de suspension sont, comme il a été dit, calées sur un même arbre continu, l'arbre moteur, de 0,30 m de diamètre. Dans l'autre ligne, les poulies sont, sauf les extrêmes, réunies par groupes de deux calées sur un même élément de l'arbre discontinu. Ces groupements sont regrettables, car ils ne permettent plus de régler l'égale tension des chaînes, mais tout au plus l'égale tension moyenne des groupes de deux chaînes. Il serait d'ailleurs facile de supprimer cet inconvénient en rendant l'une des deux poulies de chaque groupe folle sur l'arbre.

Chaque sas peut être suspendu par ses anses à la plateforme supérieure par l'intermédiaire de deux rangées de onze verrous. Comme ceux des projets Nos 1 et 2, ces verrous sont des tiges pendantes passant dans des ouvertures oblongues des anses et terminées inférieurement par des talons en queue d'aronde (Voir fig. 11 à 15). Ils sont suspendus par un double écrou vissé sur leur extrémité supérieure fileté, ce qui permet de régler leur position à la main et d'établir les talons dans un même plan horizontal, tout au moins d'une façon approximative. Le double écrou repose sur une douille en fer traversée par la tige pendante et portant un levier qui fait corps avec elle. Les extrémités des onze leviers d'une même rangée de verrous sont articulées sur une même tringle longitudinale, dont le mouvement de va-et-vient, que peut lui imprimer une petite presse hydraulique de 0,10 m de diamètre et de 0,60 m de course, produit une rotation de 90° des onze verrous de la rangée. Les verrous de l'ascenseur N ne renferment pas d'autres organes. Ceux de l'ascenseur M sont plus complexes en raison de la variation possible de 0,50 m du plan d'eau du bief de partage. Leur partie fileté a 0,70 m de lon-

gueur et l'écrou qui y est vissé forme le moyeu d'une roue dentée engrenée par une vis sans fin. Les onze vis sans fin des verrous d'une même rangée sont filetées sur un même arbre longitudinal. Les quatre arbres, qui correspondent aux quatre rangées de verrous de l'ascenseur M, sont, par l'intermédiaire d'arbres transversaux, commandés par une machine hydraulique spéciale à trois cylindres à simple effet dite machine des vérins. La mise en marche de cette machine, dans un sens ou dans l'autre, permet de lever ou d'abaisser simultanément d'une même quantité les 44 verrous de l'ascenseur M, en suivant les variations du plan d'eau du bief de partage. Par contre, tous les écrous devenant solidaires les uns des autres, il devient impossible de tourner séparément ces écrous à la main, comme on pouvait le faire dans l'ascenseur N, et on ne peut plus rectifier la position des verrous qu'en écartant préalablement les arbres longitudinaux portant les vis sans fin.

Les balances hydrostatiques, au nombre de 40 par ascenseur, par l'intermédiaire desquelles les abouts des 20 chaînes de suspension sont fixés à la plateforme supérieure, ont un triple but : régler uniformément la tension des chaînes, déposer les sas sur les talons des verrous et les en retirer, modifier la course des sas suivant les variations des niveaux des plans d'eau des biefs.

Dans l'ascenseur N (voir fig. 18), chaque balance hydrostatique se compose d'une presse hydraulique verticale de 0,28 m de diamètre et de 0,20 m de course, dont le bâti est boulonné sur la plateforme supérieure. Le piston creux de cette presse est surmonté d'une couronne en saillie par laquelle il repose directement sur les bords supérieurs de la presse toutes les fois qu'il est à fond de course et qu'il n'y a pas d'eau comprimée dans la presse. La tige en fer rond qui forme l'about de la chaîne de suspension traverse dans deux presse-étoupes le fond de la presse et le fond du piston, en leurs centres, s'élève à l'intérieur du piston, en traverse le couvercle et se termine au-dessus de lui par une partie filetée qui reçoit un

double écrou s'appuyant sur ce couvercle. Si de l'eau comprimée est introduite dans la presse, le piston est soulevé ainsi que la tige formant l'about de la chaîne. Au-dessus de la presse, cette tige présente un trou dans lequel on peut introduire une clavette en coin, ce qui permet de la suspendre provisoirement dans une position quelconque, par l'intermédiaire de la clavette, à une pièce solidaire de la plateforme supérieure. La clavette étant placée, on évacue l'eau comprimée; le piston retombe, mais la tige reste en place; les écrous sont ainsi dégagés et on peut, à l'aide d'une clef à main, les amener le long de la tige filetée à telle position qu'on désire obtenir. Pour dégager la clavette, on introduit à nouveau dans la presse de l'eau comprimée, qu'on évacue ensuite lentement.

La manœuvre qui vient d'être décrite, supposée faite simultanément aux 40 balances hydrostatiques de l'ascenseur N, permet de faire varier la course des sas. Elle permet aussi, d'après M. Barret, de régler les chaînes de manière à ce qu'elles subissent toutes une même tension. Si on introduit, dit-il, de l'eau comprimée dans toutes les balances *pendant un temps très court*, les pistons, ayant tous des sections égales, soumettent toutes les chaînes à des tensions égales; mais les chemins parcourus par eux, pendant le temps très court que dure l'admission de l'eau comprimée, sont inversement proportionnels aux tensions qu'avaient les chaînes avant l'expérience. Une fois les clavettes mises en place, l'eau évacuée et les pistons retombés, il suffit d'amener les écrous à une hauteur uniforme au-dessus des couvercles, hauteur calculée d'ailleurs en vue de la course des sas qu'on veut obtenir, pour que, après l'expérience, les tensions des chaînes soient toutes égales.

Bien des réserves paraissent pouvoir être formulées à ce sujet. Est-il pratiquement possible d'admettre l'eau comprimée dans les balances hydrostatiques pendant un temps très court, — suffisamment court pour qu'aucun des pistons ne soit poussé à fond de course et pour que la proportionnalité inverse des chemins parcourus aux tensions initiales subsiste encore, alors

que M. Barret déclare lui-même que cette proportionnalité cesse bientôt dès que les chemins parcourus ne sont plus très petits, — et cependant pendant un temps qui soit aussi suffisamment long, non seulement pour que la pression de l'eau ait le temps de parvenir à toutes les balances, mais encore pour que les inégalités des trajets que l'eau comprimée doit effectuer dans les conduites pour parvenir sous les divers pistons n'ait pas d'influence appréciable sur les chemins parcourus par ces pistons? Nous sommes loin de pouvoir garantir cette possibilité. En l'admettant cependant, quelle prodigieuse habileté une pareille manœuvre ne suppose-t-elle pas de la part du mécanicien! Quels soins ne faudrait-il pas prendre pour que les trois joints étanches de chacune des 40 balances hydrostatiques fussent toujours en si bon état qu'il n'y eût aucune fuite pendant tout le temps qui s'écoulerait entre l'envoi de l'eau comprimée et le moment où les 40 clavettes auraient été successivement mises en place! La détermination de la hauteur à laquelle les écrous devraient être amenés, à chaque opération de réglage, en contre-haut de la partie supérieure des pistons, pour que la position des sas au repos demeurât celle commandée par les niveaux des biefs à ce moment, présente des difficultés et nécessite à la fois des mesurages méticuleux par rapport à des repères sûrs et des calculs très exacts. Le report de cette hauteur sur les différentes tiges exige aussi des mesurages d'une extrême précision. Pourra-t-on trouver, réunies chez le même individu, tant de qualités diverses : la science, la faculté d'observation, la précision dans les mesurages, l'exactitude dans les calculs, les soins continus et assidus, une invraisemblable habileté dans la main?

Quant au dépôt du sas sur les verrous et à son dégagement, il s'opère facilement en envoyant, alors que le sas inférieur repose sur les appuis de la cale sèche, de l'eau comprimée dans les vingt balances qui se trouvent du côté du sas supérieur et en profitant du moment où le sas est ainsi momentanément surélevé par les balances au-dessus de sa position normale

pour faire tourner les verrous de 90° à l'aide de la machine des vérins. Ce dépôt du sas sur les verrous serait fait immédiatement après chaque mouvement des sas.

Les dispositions et les manœuvres des balances hydrostatiques de l'ascenseur N sont, on le voit, loin d'être simples. Mais celles de l'ascenseur M sont bien autrement complexes (Voir fig. 16 et 17). La course du piston est portée à 0,55 m. Ce piston se compose de deux parties : un disque plat qui en constitue la base, qui forme joint étanche avec la presse sur tout son pourtour comme un piston de machine à vapeur, et qui est traversé en son centre, où se trouve un presse-étoupes, par la tige d'about de la chaîne de suspension, et un tube d'un diamètre moindre fileté sur sa surface externe qui s'élève au-dessus du disque et fait corps avec lui. La tige d'about de la chaîne repose sur les bords supérieurs de ce tube par un fort écrou vissé sur son extrémité supérieure filetée. Une roue dentée, dont le moyeu est taraudé, est vissée sur la surface externe du tube, et c'est par l'intermédiaire de cette roue que le piston est suspendu à la presse lorsque celle-ci ne renferme pas d'eau comprimée et que la roue vient reposer sur ses bords supérieurs. La roue dentée engrène une vis sans fin. Les vingt vis sans fin correspondant à une rangée de balances sont montées sur un même arbre qui peut recevoir un mouvement de rotation de la même machine hydraulique dite des vérins qui produit déjà l'abaissement et le relèvement des verrous de l'ascenseur M.

Les presses hydrauliques des balances peuvent, à la volonté du mécanicien, recevoir alternativement de l'eau sous trois pressions différentes : de l'eau comprimée à 50 kg par centimètre carré provenant de l'accumulateur ordinaire qui actionne en même temps toutes les autres machines hydrauliques que comporte l'ascenseur, de l'eau comprimée à 45 kg et enfin de l'eau comprimée à 39 kg par centimètre carré, ces deux dernières provenant d'un accumulateur d'un système particulier, spécial à l'ascenseur M, et appelé par M. Barret accumulateur régulateur de pression.

Pour régler l'égale tension des chaînes, pour faire varier très légèrement la course des sas à la suite de petites variations des niveaux des biefs, pour déposer le sas sur les verrous, on opère exactement comme il a été dit pour l'ascenseur N, en ne se servant que de l'accumulateur ordinaire et, en outre, des clavettes pour les deux premières de ces trois opérations.

Mais, M. Barret estime qu'on ne saurait procéder d'une manière analogue pour produire une grande variation de la course des sas nécessitée par un changement important du niveau du bief de partage, car, l'admission devant alors demeurer longtemps ouverte, il ne serait plus permis d'espérer, dit-il, une marche uniforme de tous les pistons des balances.

Pour élever uniformément d'une quantité notable les abouts des chaînes, on admet dans les vingt balances de la rangée voisine du sas au haut de sa course de l'eau à la pression de 45 *kg*. Cette pression est un peu supérieure au demi-poids du sas renfermant la surcharge additionnelle, mais un peu inférieure à ce demi-poids augmenté de toutes les résistances passives que comporterait le mouvement. Ce mouvement ne se produit donc pas, mais il suffit d'un faible effort supplémentaire pour le provoquer et cet effort est demandé à la machine hydraulique dite des vérins. Pour les abaisser uniformément, on admet de même de l'eau à la pression de 39 *kg* et, dans ces conditions, il suffit également, pour provoquer l'abaissement, d'un faible effort supplémentaire, qui est demandé à la machine des vérins.

L'accumulateur régulateur de pression (fig. 21 à 24), qui fournit de l'eau à deux pressions différentes se compose d'un piston vertical en fonte fixe et creux renfermant de l'eau comprimée à son intérieur et d'une presse hydraulique en fonte mobile, solidaire de la caisse de charge et extérieure au piston. Le piston porte, à sa partie supérieure un premier presse-étoupes, auquel on peut accéder, lorsque la caisse de charge repose sur ses appuis, en déboulonnant le fond de la presse qui n'est qu'un couvercle mobile. La partie inférieure de la presse porte un second presse-étoupes qu'elle entraîne

dans son mouvement. Grâce à cette disposition, le vide annulaire compris entre la presse et le plongeur est clos de toutes parts et enfermé entre deux presse-étoupes. Un tuyau A (fig. 22), qui aboutit au pied du piston fixe et se prolonge à l'intérieur de ce piston sur toute sa hauteur permet de faire communiquer ce vide annulaire soit avec l'air libre, soit avec l'accumulateur ordinaire, qui fournit de l'eau à une pression de 50 *kg*. Enfin, un tuyau B part du pied du piston fixe et se rend à la conduite qui dessert les balances hydrostatiques. Lorsque le tuyau A communique avec l'air libre, l'appareil donne en B de l'eau à 39 *kg* de pression. Lorsque le tuyau A communique avec l'accumulateur ordinaire, le vide annulaire renferme de l'eau à une pression de 50 *kg* qui presse sur le presse-étoupes inférieur solidaire de la presse, ce qui équivaut à une augmentation du poids de la caisse de charge, et l'appareil donne en B de l'eau à 45 *kg* de pression par centimètre carré.

Les machines qui produisent le mouvement des sas en provoquant la rotation de l'arbre longitudinal continu d'une des rangées des poulies de suspension, sont au nombre de deux par ascenseur et de 20 chevaux de force chacune. Une seule suffit à produire le mouvement, l'autre étant en réserve. Au besoin, les deux machines peuvent joindre leurs efforts au moment du démarrage. Chaque machine se compose de trois cylindres hydrauliques à simple effet de 0, 165 *m* de diamètre et de 0, 16 *m* de course et marche à 30 tours par minute.

Deux freins hydrauliques puissants peuvent agir sur l'arbre continu moteur au quart et aux trois quarts de sa longueur (Voir fig. 19 et 20). Chaque frein se compose de deux secteurs en fonte, garnis de bois à leur intérieur, qui embrassent un tambour monté sur l'arbre et peuvent glisser sur leurs supports, de manière à se rapprocher ou à s'écarter du tambour. Un contrepoids les tient écartés en temps ordinaire. L'un des secteurs porte une presse hydraulique horizontale. La tête du plongeur de cette presse est un large plateau que

de longs boulons, passant en avant et en arrière du tambour, relie au secteur opposé. L'admission d'eau comprimée dans la presse refoule donc contre le tambour le secteur qui porte la presse, tandis qu'elle attire l'autre secteur contre ce même tambour par l'intermédiaire des boulons, du plateau et du plongeur. L'ensemble des deux freins est assez puissant pour arrêter le mouvement tant que l'excès du poids d'un des sas sur l'autre ne dépasse pas 150 tonnes.

Sauf peut-être que les freins peuvent être utiles pour immobiliser l'arbre moteur pendant la mise en service des balances hydrostatiques, ils nous paraissent constituer une superfétation. La conduite du mouvement par une machine hydraulique qui fait tourner l'arbre moteur permet, en effet, de commander et de régulariser à volonté le mouvement des sas, sans qu'il soit besoin des freins. Dans le cas d'un accident grave tel qu'une large déchirure d'un sas pendant le mouvement, accident assez improbable d'ailleurs, les freins ne rendraient pas de service appréciable puisqu'ils ne pourraient qu'immobiliser les sas jusqu'à ce que 150 m³ d'eau se fussent écoulés du sas déchiré, c'est-à-dire que retarder la chute sans l'éviter.

Dans chaque ascenseur, l'eau comprimée est fournie aux accumulateurs par deux machines à colonne d'eau à deux cylindres à double effet de 38 chevaux de force chacune.

La description qui précède montre suffisamment que les ascenseurs funiculaires, projetés par M. Barret, sont extrêmement compliqués. L'ensemble des ascenseurs M et N, en y comprenant les presses de manœuvre des portes et celles des cabestans hydrauliques, renferme trois accumulateurs dont un d'un type spécial et complexe, 153 cylindres à eau comprimée, 442 presse-étoupes, 15 355 organes à entretenir lubrifiés, dont 1300 fuseaux des chaînes de suspension et 2 355 organes de machines, ceux-ci exigeant un graissage soigné et régulier, 31 leviers ou volants de manœuvre, dont 21 sur la seule table du mécanicien de l'ascenseur M, qui devra être d'une bien grande habileté pour ne commettre aucune erreur.

Projet N° 10, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par MM. Leslie.

(Planche 7)

Un seul sas est établi à chaque chute ; il est équilibré par deux séries de contrepoids qui se meuvent latéralement au sas sur chacun de ses deux côtés. Ce sas mesure 40,00 m de longueur totale, 38,35 m de longueur utile, 5,25 m de largeur libre, 2,12 m de mouillage à la montée et 2,30 m à la descente.

Les chaînes Galle de suspension en acier sont au nombre de 22 : onze supportent chacun des deux côtés du sas, passent sur un nombre égal de grandes poulies en fonte de 3,00 m de diamètre, à jante polygonale à empreintes, dont chaque côté correspond à une maille, portées chacune par un pilône en tôlerie de 2,00 m sur 1,00 m, et viennent s'atteler par leur autre extrémité aux contrepoids extérieurs (fig. 1 à 4 et fig. 8 à 10).

Chacune des deux séries de contrepoids (fig. 11 et 12) se compose de 12 boîtes en tôle remplies de sable, 10 intermédiaires circulaires de 2,50 m de diamètre et 2 extrêmes rectangulaires de 2,50 m sur 1,00 m. Les chaînes viennent s'attacher dans les intervalles des boîtes, qui sont toutes reliées entre elles par une charpente métallique ; cette charpente devrait être suffisamment solide pour que, dans le cas de rupture d'une chaîne, les contrepoids se trouvassent soutenus par leurs voisins, et assez peu rigide pour que les allongements des chaînes de suspension se traduisissent par des flexions très apparentes au droit des chaînes qui se sont le plus allongées ; mais ces conditions désirables ne paraissent pas avoir été réalisées.

Une chaîne d'équilibre correspond à chaque chaîne de suspension et a même longueur qu'elle ; elle est attachée par une de ses extrémités à l'extérieur de la paroi latérale du sas, par l'autre à la charpente des contrepoids dans l'intervalle de

deux boîtes, et elle passe sur une poulie folle inférieure de 2,25 *m* de diamètre, portée comme la poulie supérieure, par le pilône en tôlerie. L'ensemble d'une chaîne de suspension et d'une chaîne d'équilibre forme ainsi une chaîne sans fin, dont le poids sur les divers organes se répartit exactement de la même manière dans toutes les positions. Les chaînes d'équilibre ne sont point tendues.

L'horizontalité du sas dans le sens longitudinal se trouve garantie par le fait que les onze poulies d'un même côté sont toutes calées sur une même ligne d'arbres et ne peuvent ainsi tourner l'une sans l'autre et par celui que leurs jantes sont à empreintes et que les chaînes ne peuvent glisser sur elles.

L'horizontalité du sas dans le sens transversal est assurée par 22 câbles de sûreté plats en fils d'acier de 0,050 *m* sur 0,013 *m* faiblement tendus (fig. 4). Onze de ces câbles réunissent le côté gauche du sas aux contrepoids de droite, en passant sur deux poulies supérieures de 1,00 *m* de diamètre, portées par les poutres à treillis transversales qui solidarisent deux à deux les extrémités supérieures des pilônes; les onze autres réunissent de la même manière le côté droit du sas aux contrepoids de gauche.

Les onze pilônes d'un même côté sont reliés longitudinalement à cinq niveaux différents. Grâce à ces liaisons longitudinales et transversales, l'ensemble des vingt-deux pilônes présente une grande solidité, qui le garantit contre un renversement transversal sous l'action du vent. Par surcroît de précaution, les charpentes transversales qui relient les parties supérieures des troisième et neuvième couples de pilônes se prolongent extérieurement et vont se fixer, par leurs extrémités, à des tours en maçonnerie construites en dehors de la course des contrepoids. Ces quatre tours de contreventement sont ainsi rendues solidaires de la charpente fixe et augmentent singulièrement sa stabilité (voir fig. 1 et 2).

Le mouvement descendant du sas est produit par l'addition d'une couche d'eau qui le rend plus lourd que les contrepoids de 18,22 *t*; son mouvement ascendant par l'enlèvement d'une

couche d'eau pesant 36, 44 *t*, qui le rend plus léger que les contrepoids de 18, 22 *t*. Le mouvement accéléré qui tend à se produire est modéré et peut être arrêté par 22 freins hydrauliques agissant sur les parties inférieures des jantes des 22 grandes poulies des chaînes de suspension (fig. 4 et 8). Les presses des freins de numéro pair sont actionnées par une conduite et un accumulateur différents de ceux des presses des freins de numéro impair. Il y a ainsi deux systèmes de freins indépendants, chacun d'eux pouvant suffire isolément. L'un des systèmes se serre automatiquement lorsque la vitesse s'accélère trop, grâce à l'action d'un régulateur à force centrifuge qui ouvre le robinet de l'accumulateur. Les freins de l'autre système ne peuvent être desserrés tant qu'il reste de l'eau dans l'espace nuisible compris entre la porte du sas et celle du bief avec lequel il est jonctionné et rendent tout mouvement du sas impossible avant que les portes ne soient refermées et l'espace nuisible vidé.

L'eau est comprimée dans les accumulateurs par deux machines à vapeur de 10 chevaux de force.

Les extrémités du sas et du bief sont fermées par des bateaux-portes, percés de ventelles, que l'on peut emmener flottants (fig. 5 à 7). Le joint étanche entre le sas et les biefs est réalisé par de simples fourrures en bois et par un serrage énergique que produisent des crochets portés par des leviers fixés au sas, qui viennent embrasser des goujons suspendus à des vis de rappel portées par les extrémités des biefs (fig. 3, 5 et 6).

Au bas de leur course, les contrepoids et le sas viennent reposer sur des appuis, dont les niveaux peuvent être modifiés à volonté (fig. 11 et 12). La variation des niveaux des appuis des contrepoids entraîne celle de la position du sas au haut de sa course et permet de suivre la variation du niveau du plan d'eau dans le bief supérieur.

Tel est le canevas général du projet de MM. Leslie; il réalise certainement le plus simple de tous les ascenseurs funiculaires qu'on puisse imaginer.

§ IV. — PLANS INCLINÉS

Projet n° 11 à deux plans au 1/12 de 20,50 m de hauteur, comportant deux sas à chaque plan, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.

(Planche 8)

Les deux plans inclinés M et N présentent une pente uniforme de 1/12; leurs longueurs respectives sont de 272,53 m et de 278,55 m, les courses des sas étant de 232,39 m et 238,41 m. Chacun de ces plans est parcouru par deux sas se mouvant parallèlement et en sens inverse. Les sas sont limités latéralement par deux grandes poutres dont les semelles supérieures sont horizontales, tandis que les semelles inférieures sont parallèles au plan incliné au 1/12; elles sont ainsi, la longueur des sas étant de 40 m, plus hautes de 3,33 m à leur extrémité aval qu'à leur extrémité amont; mais le bordé de fond du sas est naturellement horizontal, en sorte qu'il se trouve à l'extrémité aval des sas beaucoup au-dessus des semelles inférieures des poutres latérales (fig. 1). Ces semelles s'appuient chacune sur 28 essieux; l'ensemble du sas repose ainsi par 112 roues en fonte de 0,90 m de diamètre sur quatre rails Barlow en acier pesant 48 kg le mètre courant, formant deux voies de 1,10 m de largeur, reposant sur un radier en maçonnerie, et séparées par une entrevoie de 4,50 m (fig. 2 et 15). Une entrevoie de 2,30 m est ménagée entre la voie de droite du sas de gauche et la voie de gauche du sas de droite; la distance entre les axes des deux sas qui se meuvent parallèlement est ainsi de 9 m et le plan incliné présente, groupées en 4 voies de 1,10 m, huit files de rails, dont les extrêmes sont distantes de 15,70 m.

M. Barret emploie des chaînes Galle pour la traction des sas sur les plans inclinés et rejette *à priori* les câbles métalliques, tant parce qu'ils exigent des poulies de renvoi de trop grand diamètre que parce qu'ils ne présentent pas, à son avis, une sécurité absolue, en raison de l'inégalité d'usure des nombreux fils qui les composent et qui ne travaillent pas tous

de la même manière, notamment lors du passage sur les poulies de renvoi où des déchirements tendent à se produire, les rayons d'enroulement des fils extrêmes différant entre eux de toute l'épaisseur du câble.

Les chaînes Galle (fig. 5 à 7), au nombre de quatre pour chacun des sas, sont tout à fait indépendantes les unes des autres, et chacune d'elles occupe à tout instant deux fois la longueur du plan incliné, en sorte que l'équilibre est toujours conservé entre les diverses parties de la chaîne pendant toute la durée du mouvement. Chaque chaîne ayant 522 *m* de longueur et les mailles ayant 0,185 *m*, le nombre des fuseaux à entretenir lubrifiés d'huile est de 45200 dans l'ensemble des deux plans.

Les chaînes du sas de gauche, attachées sous le sas vers le quart antérieur de sa longueur, par l'intermédiaire de balances hydrostatiques (fig. 12) analogues à celles décrites dans le projet d'ascenseurs funiculaires de M. Barret, attaches qui permettent un mouvement de rappel et la vérification de l'égalité de tension des chaînes, viennent passer sur des barbotins à empreintes de 0,948 *m* de diamètre primitif (fig. 10, 11 et 14) calés sur un même arbre horizontal, perpendiculaire à l'axe du sas, placé sous la tête du bief amont, redescendent ensuite pour venir envelopper des barbotins fous de même diamètre placés sous la tête du bief aval (fig. 8 et 9) et remontent enfin pour s'attacher sous le sas à 4 *m* environ de son extrémité postérieure. Ce sont donc de véritables chaînes sans fin, dans lesquelles le brin supérieur fonctionne comme chaîne de traction à la montée et de retenue à la descente, tandis que le brin inférieur, qui est toujours placé directement au-dessous du premier, dans un même plan vertical parallèle à l'axe du sas, ne fonctionne que comme chaîne d'équilibre. La moitié de la longueur de chaque chaîne la plus voisine de l'attache à la partie postérieure du sas, ne servant qu'à équilibrer l'autre moitié et n'étant jamais appelée à résister aux efforts de traction, aurait pu être constituée en matériaux de même poids, mais de résistance et de prix moindres.

L'arbre horizontal qui porte les barbotins d'amont qu'entourent les chaînes du sas de gauche est assemblé bout à bout avec l'arbre correspondant dans le sas de droite. Si les chaînes du sas de droite étaient disposées exactement comme celles du sas de gauche, les deux sas ne pourraient se mouvoir que dans le même sens.

Par un artifice très ingénieux, M. Barret est arrivé à renverser le sens du mouvement du sas de droite : les chaînes de ce sas, attachées comme les premières, en diffèrent en ce qu'elles n'enveloppent pas les barbotins d'amont ; elles les effleurent seulement par leur brin inférieur, que deux poulies folles placées latéralement forcent à s'appliquer sur un certain arc de la partie supérieure de ces barbotins (fig. 43).

Pour obliger les deux brins supérieur et inférieur des chaînes Galle à demeurer parfaitement rectilignes sur toute la longueur du plan incliné sans avoir besoin de les tendre fortement, un fuseau sur cinq présente une longueur plus grande que les autres, dépasse la chaîne sur chacune de ses faces latérales, et porte une petite roue sur chacune de ses extrémités en saillie ; ces fuseaux spéciaux sont ainsi de véritables essieux minuscules, et chaque brin de chaîne devient une sorte de véhicule allongé porté par un grand nombre de roues (fig. 5 à 7). Une petite voie reçoit les deux files de roulettes de chaque brin de chaîne. Il y a ainsi sur toute la longueur du plan incliné et sous chacun des deux sas, dans la grande entrevoie de 4,50 m ménagée sous le sas, deux étages superposés de quatre voies formées chacune de deux fers en équerre à l'étage inférieur et de deux fers à \sqsubset à l'étage supérieur ; l'étage inférieur, placé sur le sol même du plan incliné, sert au roulement des brins inférieurs ; l'étage supérieur, surélevé par de petites fermes métalliques, à celui des brins supérieurs (fig. 46 et 47).

La vitesse de mouvement des sas est fixée à 0,60 m par seconde, ce qui correspond à une durée de mouvement de six minutes et demie, soit sept minutes avec le démarrage et l'arrêt.

Dans les élévateurs verticaux, la force motrice consistait

généralement dans une surcharge d'eau donnée au sas descendant ; le mouvement se faisant suivant la verticale, la totalité de cette surcharge était utilisée comme force motrice. Dans les plans inclinés, la composante parallèle au plan de la surcharge du sas descendant est seule utilisée ; aussi est-on conduit à embarquer des surcharges beaucoup plus considérables.

Dans le but de demeurer maître du mouvement et de n'avoir pas besoin d'avoir recours à des freins pour régler la marche, M. Barret n'embarque dans le sas qui doit descendre qu'une surcharge d'eau telle que sa composante parallèle au plan soit inférieure à l'ensemble des résistances passives du mouvement des deux sas et de leurs chaînes et ne soit égale qu'aux $\frac{6}{7}$ environ de la valeur de ces résistances. Il complète ensuite la force motrice nécessaire en faisant agir sur les arbres qui portent les barbotins d'amont des machines hydrauliques de 20 *chvx* de force, au nombre de deux par plan dont une de rechange, identiques à celles des ascenseurs funiculaires, et, en outre, au moment du démarrage, où les résistances sont plus grandes, par des presses hydrauliques spéciales, au nombre de quatre par plan, deux pour chaque sas, qu'il nomme presses de démarrage, dont les tiges des pistons accompagnent et poussent le sas montant pendant le premier élément de sa course (fig. 18). Ces mêmes presses, grâce à un ingénieux dispositif déjà appliqué aux ponts tournants du port de Marseille, fonctionnent comme tampons d'inertie pendant le parcours du dernier élément de la course du sas descendant et amortissent graduellement la vitesse acquise avant qu'il ne vienne toucher la tête du bief aval. Une partie de la presse est sillonnée de cannelures comme les tampons d'inertie de Fives-Lille. La partie postérieure forme un tampon d'inertie plus énergique encore, car elle est alésée au diamètre même du piston et l'eau ne peut s'en échapper, lorsque le piston s'y est engagé, que par un petit tube latéral en fer étiré. En même temps, l'eau déplacée par la grosse tige du piston s'échappe de la partie antérieure de la presse par une soupape automotrice (fig. 19), dont le

pourtour communique avec l'échappement et la face supérieure avec la conduite qui relie le tiroir à la presse.

La surcharge d'eau que M. Barret est amené à donner au sas descendant, pour que sa composante parallèle au plan soit sensiblement égale aux $\frac{6}{7}$ des résistances passives du système à l'état de mouvement uniforme, est de 159,6 *t* et elle occupe dans le sas, dont la largeur entre bordés est de 5,70 *m*, une hauteur de 0,70 *m*.

Dans le plan N, qui réunit deux biefs à niveau constant, le sas montant a un tirant d'eau de 2 *m*, le sas descendant un tirant d'eau de 2,70 *m*. Dans le plan M, les tirants d'eau pendant la marche sont les mêmes; mais les sas se présentent à la tête du bief amont dans la position convenable pour embarquer une surcharge de 0,70 *m* de hauteur lorsque ce bief est à son niveau minimum. Lorsqu'il se trouve à son niveau maximum, plus élevé de 0,50 *m*, la hauteur de la surcharge embarquée est portée à 1,20 *m*; le tirant d'eau maximum des sas est ainsi de 3,20 *m*.

L'excès de la surcharge embarquée sur celle de 0,70 *m* de hauteur, qui est seule conservée pendant le mouvement, est évacué par un siphon avant la mise en marche et déversé dans un bassin de retenue de 250 *m*³ de capacité, dont le niveau normal est à 2 *m* en contre-bas du plan d'eau le plus élevé du bief de partage. L'eau recueillie dans ce bassin est utilisée ensuite par les machines à colonne d'eau.

Lorsque les sas sont au repos, les chaînes sont détendues. A cette fin, les choses sont réglées de manière à ce que, lorsque le sas descendant est arrivé au contact de la tête du bief aval, le sas montant est encore à 0,10 *m* de distance de la tête du bief amont. A ce moment, le mouvement cesse et le sas montant est ensuite poussé à bloc par deux fortes bielles articulées sur les têtes des plongeurs de deux presses hydrauliques spéciales, dites presses de retenue, couchées sur le plan incliné (fig 20 et 21). Dès que le sas a atteint sa position normale de repos, des linguets, mobiles dans des rainures, se soulèvent automatiquement sous l'action de contrepoids et

retiennent les bielles pendant toute la durée du repos, les chaînes et les presses étant déchargées. Au moment du départ, les presses entrent de nouveau en action pendant un court instant pour décharger les linguets et permettre leur dégagement à la main.

Les dispositions des joints étanches entre les extrémités des sas et les têtes des biefs, celles des portes à guillotine des sas et des biefs, de leurs appareils de manœuvre et de sûreté, sont analogues à celles des organes semblables des projets de M. Barret précédemment analysés ; toutefois, les portes des sas sont ici plus solidement construites tant parce qu'elles sont plus hautes et supportent une charge d'eau plus considérable que dans les ascenseurs verticaux que pour leur permettre de résister, le cas échéant, s'il survenait un arrêt brusque du mouvement, au choc d'un bateau dont les amarres se seraient rompues.

Les pavillons des machines hydrauliques motrices actionnant les arbres des barbotins d'amont sont situés aux extrémités du bief amont et occupent sur les deux côtés des positions symétriques. Ils sont surmontés d'un étage pour logements et servent de supports à la charpente métallique, jetée au-dessus des têtes du bief amont, sur laquelle sont établis les appareils de manœuvre des portes d'amont, la bêche contenant l'eau des joints et le treuil roulant pour les réparations (fig. 3).

Des pavillons à peu près semblables sont situés aux extrémités du bief aval ; ils abritent les machines à colonne d'eau à quatre cylindres à double effet de 0,725 m de diamètre et de 0,70 m de course, les pompes et les deux accumulateurs et supportent la charpente jetée au-dessus des têtes du bief aval (fig. 4).

Les plans inclinés de M. Barret sont, on le voit, des appareils très complexes renfermant des organes extrêmement nombreux. Ils sont devenus beaucoup plus complexes encore par l'addition indiquée après coup de 448 presses hydrauliques nouvelles, une pour chacune des 112 roues des sas

que comportent les deux plans, dans le but d'assurer l'égalité de répartition du poids des sas sur les 112 roues qui les portent. Dans la disposition primitive, le sas reposait sur les boîtes à graisse des essieux par l'intermédiaire de clavettes en forme de coins, dont la position pouvait être réglée avec des écrous (fig. 15). L'addition consiste à faire de chaque clavette la tête du plongeur d'une balance hydrostatique, ce qui doit permettre de vérifier de temps en temps que toutes les roues supportent un même poids comme on vérifiait, dans l'ascenseur funiculaire, que toutes les chaînes étaient également tendues.

Outre les réserves déjà formulées à propos du réglage au moyen de balances hydrostatiques qui seraient ici incomparablement plus nombreuses que dans les ascenseurs funiculaires, il y a lieu de remarquer que chaque réglage fera progresser les clavettes dans le même sens et que, pour peu que l'admission dure un temps appréciable, ces clavettes seront bientôt à fond de course ; — que le réglage deviendra illusoire dès que quelques-unes des clavettes seront à fond de course ; — enfin qu'il faudra alors ramener successivement à la main toutes les clavettes en arrière, aucun moyen mécanique ne permettant de provoquer simultanément ce mouvement de recul puisque, d'une part, les balances hydrostatiques sont des presses à simple effet et que, d'autre part, les clavettes ont une inclinaison très inférieure au coefficient de frottement des métaux.

Projet n° 12 à un plan au 1/10 de 41 m de hauteur, comportant deux sas, présenté par MM. Thomasset, Vollot et C^{ie}.

(Planche 9)

La disposition caractéristique des deux projets de MM. Thomasset, Vollot et C^{ie} consiste en ce que les sas mobiles ne sont pas portés par des roues, mais sont supportés par des patins glissants, dont l'invention est due à l'hydraulicien Girard. Un petit chemin de fer de ce système fonctionnait à l'Exposition de 1889 sur l'esplanade des Invalides. Les patins glissent sur des

rails en fonte en forme de Ω , à table supérieure plate de 0,35 m de largeur, dont il sont toujours séparés pendant le mouvement par une mince couche d'eau qui s'échappe en permanence des patins. Il suffit d'intercepter l'arrivée de cette eau pour produire l'arrêt des sas.

Un patin (fig. 6 et 7) se compose de trois parties principales : le patin proprement dit qui glisse sur le rail, une presse hydraulique verticale renversée fixée sous le truc qui porte le sas et réunie au patin proprement dit par une tige en acier qui n'est autre que la tige du piston de la presse, enfin un guide fixé également au truc qui vient embrasser la tige du piston et la maintient dans une position rigoureusement verticale.

Le patin proprement dit est une boîte en fonte renversée de 0,70 m de longueur sur 0,35 m de largeur, composée de deux cloches à air latérales et d'une dépression centrale dans laquelle est logée la crapaudine qui reçoit la tige du piston. Il repose sur le rail par ses bords de 0,055 m d'épaisseur, dans lesquels sont creusés cinq petits sillons parallèles aux bords séparés par des saillies et interrompus, dans le sens de leur longueur, par dix petites saillies en découpe d'un sillon à l'autre. L'eau comprimée arrive dans l'une des cloches à air par un tuyau en cuivre flexible recourbé en S, branché sur une conduite longitudinale régnant sous le truc, et s'échappe en nappe en traversant les sillons du patin et en soulevant celui-ci de $1/2$ à $3/4$ de millimètre au-dessus du rail. Le truc repose sur les patins par l'intermédiaire des matelas d'eau comprimée enfermés dans les presses. Quatre conduites complètement distinctes issues des réservoirs d'eau comprimée portés par le sas envoient des ramifications aux presses des patins. Chacune d'elles dessert le quart du sas, ce sas étant supposé divisé en quatre quarts par ses deux plans axiaux longitudinal et transversal. De temps en temps, on met ces conduites en communication avec les réservoirs pour réparer les fuites qui auraient pu se produire. Cette répartition des patins en quatre groupes desservis par des conduites distinctes nous paraît défectueuse, car, la communication avec les réservoirs

une fois interceptée, les fuites seront inégales dans chaque groupe et l'égalité répartition du poids du sas entre les quatre groupes de patins ne subsistera plus.

Le projet n° 12 ne prévoit, pour racheter la chute totale de 41 m, qu'un seul plan incliné, dont la longueur devrait être de 451,84 m, la course des sas étant de 405,62 m. Cette disposition est rationnelle. Malheureusement elle est inapplicable dans l'espèce, la topographie du vallon de Pétasse, qui se prête si bien à un fractionnement en deux chutes partielles de 20,50 m aux points M et N, ne permettant, sans l'exécution de terrassements d'une hauteur prodigieuse et véritablement inabordables, l'inscription d'aucun tracé de canal présentant une dénivellation de 41 m concentrée sur une faible longueur.

Les sas mobiles (fig. 1, 2 et 3) sont de grands caissons de 46 m de longueur, 5,50 m de largeur utile et 2 m de tirant d'eau minimum, fermés par des portes rabattantes non pourvues de caisses à air, percées de ventelles et manœuvrées, par l'intermédiaire de systèmes funiculaires, au moyen de treuils fixés sur les têtes des biefs et commandés par des turbines. Les sas reposent sur des trucs (fig. 1 et 2) ou charpentes métalliques constituées principalement par quatre grandes poutres longitudinales américaines ayant 1,25 m de hauteur à l'extrémité amont et 5,85 m à l'extrémité aval. Les trucs sont portés chacun par 144 patins, 36 sous chaque poutre maîtresse, glissant sur les quatre rails de chacune des deux voies. Les trucs des deux sas sont accouplés par trois câbles sans fin superposés, de 0,056 m de diamètre, composés chacun de huit torons de six fils d'acier n° 14 avec âme et couverture en chanvre, recouverts par douze fils d'acier n° 17. Chaque câble sans fin passe sur une poulie horizontale placée sous chacun des deux sas et sur quatre poulies horizontales de renvoi (deux pour chaque brin) placées sous la tête du bief supérieur. Dans chacun des six groupes, les trois poulies recevant chacun des câbles sont montées sur le même axe vertical et superposées; toutes sont folles et indépendantes les unes des

autres. Aucune disposition n'est prise pour assurer l'égalité tension des trois câbles.

L'axe des poulies placées sous chaque sas n'est pas relié au truc d'une manière invariable ; un mouvement de rappel de cet axe permet de racheter la dilatation des câbles, à la condition cependant que les allongements soient rigoureusement égaux sur les trois câbles. Pendant la marche, les sas sont attelés trop courts sur les câbles, en sorte que, à l'inverse de ce qui se passait dans le projet de M. Barret, c'est ici le sas montant qui arrive le premier au contact, le sas descendant demeurant suspendu à une petite distance de la tête du bief aval. Le mouvement de rappel de l'axe des poulies permet de lui faire franchir cette dernière distance. Au départ, le sas montant commence seul son ascension à l'aide du mouvement de rappel, le sas qui doit descendre demeurant immobile jusqu'à ce que l'attelage se trouve raccourci de la quantité convenable. Ensuite, les deux sas accouplés se meuvent simultanément.

Dans ce mouvement simultané des deux sas, la force motrice consiste en un excès d'eau embarqué dans le sas descendant ; mais elle n'est suffisante qu'à la condition que de l'eau s'écoule sous les patins et les sépare en quelque sorte des rails, de manière à annihiler ou à peu près le frottement ; il est donc nécessaire d'avoir sur les sas mobiles eux-mêmes une source et une réserve d'eau comprimée. A cet effet, la partie centrale des sas mobiles est pourvue extérieurement sur ses deux côtés de grands planchers en encorbellement supportés par des consoles (fig. 2) ; dans ces planchers sont logés des réservoirs métalliques renfermant de l'eau et de l'air comprimés qui y sont refoulés par des pompes et des machines à vapeur de 60 *chvx* de force placées sur les planchers. Cette disposition, outre qu'elle donne aux sas une structure et un aspect singuliers et qu'elle les charge du poids d'une machinerie, présente encore l'inconvénient de ne pas utiliser la chute d'eau à la production de la totalité de la force motrice nécessaire. Ce sont également les machines à vapeur portées par le sas qui doivent mettre en action le mouvement de rap-

pel de l'axe des poulies des câbles et produire ainsi le premier élément de la course du sas montant. La commande de ce mouvement de rappel est très complexe. Elle comporte l'intermédiaire d'un grand nombre de courroies, d'arbres et de vis. Les deux vis de 0,10 *m* de diamètre qui transmettent au truc tout l'effort de traction sont d'ailleurs beaucoup trop faibles. Il en est de même de la traverse du truc qui reçoit cet effort.

La manœuvre des portes et celle du cabestan sont commandées par des turbines placées aux deux extrémités du plan incliné et actionnées l'une par l'eau du bief amont, l'autre par l'eau provenant des patins qui est recueillie dans un réservoir creusé transversalement au plan incliné dans sa région inférieure. Cette dernière turbine actionne également des pompes d'épuisement rejetant dans le bief aval les eaux provenant des patins qui se rassemblent au pied du plan incliné. Les dispositions relatives à la turbine d'aval ont été insuffisamment étudiées et elles n'atteignaient pas le but proposé. Pour l'atteindre, il serait nécessaire de substituer deux turbines actionnées par une chute de 10 *m* à la turbine unique actionnée par une chute de 3 *m* prévue à la tête aval et de recouper le plan incliné, non par un seul puisard recouvert d'une voûte, mais bien par deux puisards, l'un très grand de 117 *m*³ de capacité, occupant une longueur de 8 *m* du plan, à 201,10 *m* en amont du pied du plan incliné, qui servirait de réservoir d'alimentation des turbines d'aval; — l'autre, deux ou trois fois moindre, à 100 *m* en amont de ce même pied, qui recueillirait et jetterait dans le bief aval par une conduite libre toutes les eaux provenant des patins qui peuvent être conduites dans ce bief par la pente naturelle, de manière à réduire au minimum le volume des eaux à épuiser au pied du plan.

Les auteurs du projet font connaître que, pendant la marche, chaque patin consommera un litre environ d'eau comprimée par seconde, en sorte que, en chiffres ronds, 150 *l* d'eau comprimée par seconde sont nécessaires pour l'alimentation des 144 patins d'un sas. Cette eau doit, disent-ils, pouvoir être

fournie par un seul des réservoirs placés en encorbellement, l'autre réservoir et sa machine étant considérés comme des appareils de réserve et de rechange. Or, ce réservoir a une capacité de 30 m^3 et il doit, au départ, être rempli par moitié d'eau et d'air comprimés sous une pression qu'ils évaluent à $13,9\text{ kg}$, mais qui devrait être de $14,8\text{ kg}$, le poids des patins ayant été négligé par les auteurs. Il ne peut donc fournir que 15 m^3 d'eau comprimé et n'alimenter les patins que pendant $100''$, avec une pression qui ira en diminuant de $13,9\text{ kg}$ ou de $14,8\text{ kg}$ à $6,95\text{ kg}$ ou à $7,4\text{ kg}$ à mesure que l'air se détendra, ce qui, soit dit en passant, sera une déplorable utilisation de la force motrice dépensée, puisque, pendant toute la durée de la course, les patins seront alimentés par une eau comprimée à une pression supérieure (double au début) à celle réellement utile pour produire l'écoulement en surélevant légèrement le sas. La course de $405,62\text{ m}$ devant être franchie en $100''$, MM. Thomasset, Vollot et C^{ie} sont obligés d'imprimer aux sas une vitesse d'un peu plus de 4 m à la seconde. Mais une pareille vitesse est absolument inadmissible pour la translation de sas remplis d'eau; l'eau prendrait à leur intérieur des mouvements désordonnés; le bateau se jetterait successivement sur les diverses parois et ne tarderait pas à se blesser et à s'échouer, en supposant que les parois résistent. Des vitesses de $0,60\text{ m}$ à $0,75\text{ m}$ par seconde doivent être considérées comme des maximums, et jusqu'ici l'expérience ne permet même pas d'affirmer qu'elles puissent être atteintes sans danger. Avec une vitesse de $0,75\text{ m}$, le parcours, eu égard au démarrage et à l'arrêt qui doivent être lents et gradués, durerait 9 minutes et demie. La consommation d'eau comprimée des patins atteindrait $85,5\text{ m}^3$. La capacité des réservoirs devrait être portée de 30 à 171 m^3 , la force des machines à vapeur de 60 à 245 chvx , les pompes, les réservoirs d'air devraient être quintuplés. Mais des réservoirs de 171 m^3 et des machines de 245 chvx ne pourraient plus être placés en encorbellement sur le sas, et toutes les dispositions prévues devraient être profondément modifiées. De plus, ces réservoirs et ces machines seraient beaucoup plus lourds

que ceux projetés, le système mobile devrait être considérablement renforcé; il en résulterait une augmentation notable de son poids, partant une augmentation du nombre des patins et de la charge de chacun d'eux, une augmentation de la pression à laquelle l'eau devrait être comprimée et de la quantité d'eau consommée et, par suite, une nouvelle augmentation de la capacité des réservoirs et de la force des machines. Le projet n° 12 n'est donc pas pratiquement réalisable.

En outre, une remarque s'impose. Pourquoi MM. Thomasset, Vollot et C^o font-ils porter le sas par des patins et non par des roues? Uniquement pour réduire les résistances passives de 2,5 *kg* à 0,6 *kg* par tonne, c'est-à-dire, le poids du système mobile des deux sas étant de 2020 *t*, pour diminuer l'effort de traction de $1,9 \text{ kg} \times 2020 = 3838 \text{ kg}$, ce qui leur permet d'embarquer dans le sas descendant une surcharge motrice inférieure de 38,572 *t* à celle qu'ils auraient dû embarquer s'ils avaient pourvu le sas de roues. Mais, en revanche, les patins des deux sas jettent sur le plan incliné $171 \times 2 = 342 \text{ m}^3$ d'eau qui proviennent du bief amont et sont recueillis par le bief aval, en sorte que la substitution de patins aux roues, si elle fait économiser d'une part une consommation d'eau de 38,572 *m}^3*, fait, d'autre part, dépenser en plus 342 *m}^3* et que, en fin de compte, la consommation d'eau est augmentée de 303,428 *m}^3*, en même temps que le système mobile est inutilement alourdi de tout le poids des réservoirs et des machines, et que les frais de premier établissement et d'exploitation sont accrues de toute la dépense relative à l'acquisition et au fonctionnement des machines à vapeur, pompes et réservoirs qui compriment l'eau à envoyer sous les patins, eau comprimée dont les roues n'auraient nul besoin. Il résulte immédiatement de cette remarque qu'un premier perfectionnement, qui ferait disparaître toute l'originalité du projet présenté, s'impose d'une manière impérieuse: le remplacement des patins par des roues, les patins ne servant en fin de compte qu'à alourdir inutilement le système mobile, à augmenter considérablement la consommation d'eau au lieu de la diminuer, et à accroître considéra-

blement les frais de premier établissement et plus encore ceux d'exploitation.

Les auteurs du projet n'ayant pris aucune disposition spéciale en vue de la variation possible du plan d'eau du bief de partage, le plan incliné devra être disposé en vue d'assurer la jonction des sas mobiles avec ce bief lorsque son plan d'eau sera abaissé de 0,50 m et, toutes les fois qu'il se trouvera à son niveau normal, il en résultera une consommation d'eau supplémentaire de 127 m³.

Ils n'ont prévu non plus aucune disposition en vue de compenser le poids des câbles et, de ce fait, l'effort de traction doit être majoré au départ de 3874 kg, ce qui entraîne encore un nouvel élément de consommation d'eau. Eu égard à cet élément et aux rectifications faites dans le calcul des résistances passives, qui avaient été insuffisamment évaluées, nous trouvons que la surcharge nécessaire pour entretenir, vers le début de leur course, le mouvement uniforme des sas est de 67 m³ d'eau (au lieu de 30 m³ annoncés par les auteurs). — Mais avant d'entretenir le mouvement, il faut le provoquer. Aucun dispositif spécial n'étant prévu pour le démarrage, l'inertie du système mobile, dont le poids est de 2091 t, doit être vaincue par la composante parallèle au plan d'un surcroît de la surcharge motrice, qui deviendra inutile dès que la vitesse de régime sera établie. Pour produire, comme les auteurs se le sont proposé, une vitesse de 4 m à la seconde au bout de 19'', ce sur-

croît de surcharge doit être de $2091 t \times \frac{4 \sqrt{101}}{19 g} = 451 t$. La

consommation d'eau réelle, que les auteurs du projet évaluaient à 91 m³, doit donc être augmentée de 127 m³ + 67 m³ — 30 m³ + 451 m³ et devenir 706 m³. Si on y ajoute une quantité d'eau égale à celle dont la chute produirait la force motrice des machines à vapeur que porte le sas, on arrive à un total de 912 m³ pour la consommation fictive qui est seule comparable à celle des projets qui empruntent toute la force nécessaire à la chute d'eau.

Si, au lieu de calculer sur la vitesse de marche pratiquement irréalisable de 4 m à la seconde, on calcule sur celle de $0,75\text{ m}$ à la seconde, la consommation des patins est portée de 15 m^3 à $85,5\text{ m}^3$ et, par contre, le surcroît de surcharge nécessaire pour produire la vitesse de régime en 19 secondes est réduit de 451 m^3 à $84,5\text{ m}^3$, en sorte que la consommation d'eau réelle tombe à 440 m^3 ; mais, la force motrice des machines des sas étant alors celle qui correspond au fonctionnement de deux machines de 245 chvx pendant 15 minutes, la consommation fictive est portée à 1670 m^3 .

Ces consommations d'eau, absolument inadmissibles, sont encore très au-dessous de la réalité, car les calculs qui précèdent sont basés sur les poids des sas tels qu'ils sont projetés, tandis qu'il serait nécessaire de les refaire avec des poids très majorés correspondant à ceux de sas susceptibles de loger des surcharges d'eau aussi considérables que celles trouvées et de porter des machines à vapeur aussi puissantes que celles nécessaires dans le cas d'une vitesse réduite à $0,75\text{ m}$ par seconde.

La vitesse de régime une fois établie, la surcharge d'eau considérable embarquée dans le sas descendant pour produire l'accélération initiale du démarrage devient un danger, puisqu'elle tend à conserver au système mobile un mouvement accéléré qu'il va falloir ramener à un mouvement sensiblement uniforme par l'action de freins d'une grande puissance. Or, on ne dispose d'autre système de freins que de celui consistant à supprimer l'arrivée de l'eau sous les patins en fermant le robinet de la conduite qui les alimente. Ce robinet (fig. 9) est d'un système spécial fort ingénieux dû, comme les patins de glissement, à l'hydraulicien Girard. Le clapet qui ferme la communication entre les deux parties de la conduite porte une tige qui, en passant à travers deux presse-étoupes, sort de la conduite et pénètre dans une presse hydraulique à simple effet où se meut un piston de plus grand diamètre que le clapet formant corps avec la tige. L'admission d'eau comprimée sous ce piston soulève le clapet de son siège sur lequel il est ramené

par un ressort antagoniste dès que la presse est mise à l'échappement. Le petit robinet qui commande l'admission et l'échappement de la presse est manœuvré à distance, par l'intermédiaire d'un mouvement de sonnettes, d'une quelconque des extrémités du sas où se trouvent les leviers de manœuvre, dont l'un est toujours ainsi sous la main du mécanicien, qui se tient à l'avant dans le sens de la marche. Les auteurs du projet font connaître que le robinet Girard s'ouvre ou se ferme instantanément en un dixième de seconde. Un tel système de freins est sans doute très puissant, mais aussi éminemment brutal, puisque le robinet ne peut être qu'entièrement ouvert ou entièrement fermé. C'est un frein d'une grande énergie qui ne peut être que serré à bloc ou complètement desserré. La suppression totale de l'envoi d'eau aux patins produirait un arrêt assez brusque, éminemment dangereux pour un sas rempli d'eau portant à flot un lourd bateau. Celui-ci poursuivrait sans doute son mouvement en vertu de l'inertie en rompant ses amarres et peut-être la porte du sas. Les amarres pussent-elles résister que, en tout cas, l'eau qui ne peut être amarrée, serait projetée hors du sas par l'inertie. La modération du mouvement, qui tend sans cesse à s'accélérer, ne pourra être obtenue que par une alternative d'ouvertures et de fermetures courtes et fréquentes du robinet de manœuvre. On obtiendra ainsi un mouvement irrégulier et saccadé absolument incompatible avec le transport d'un grand sas rempli d'eau, qui exige une uniformité presque absolue du mouvement.

A quelque point de vue qu'on le considère, le projet n° 12 ne paraît donc pas pratiquement réalisable. Il ne renferme aucune disposition corrélative de la variation du plan du bief de partage. Il comporte une durée de mouvement et une consommation d'eau dépassant de beaucoup celles autorisées par le programme du concours. Aucun emplacement ne peut, étant donné la configuration du terrain, se prêter à l'établissement d'un plan incliné au $1/10$ de $41 m$ de chute. Les patins entraînent finalement une consommation d'eau bien plus considérable que les roues et, en raison de la dépense d'eau pro-

portionnelle au temps qu'exige leur alimentation, ils ne sont compatibles qu'avec des vitesses de marche considérables, inadmissibles pour des sas pleins d'eau. L'accélération initiale du démarrage ne peut, dans les plans inclinés, être demandée à une surcharge motrice qui prendrait ainsi une importance tout à fait inadmissible et qui deviendrait un grand danger une fois la vitesse de régime établie. Les arrêts des sas qui résulteraient de la suppression de l'envoi d'eau aux patins seraient trop brusques et dangereux. La modération du mouvement par des suppressions courtes et fréquentes de cet envoi produirait une allure irrégulière et saccadée inadmissible.

Pour faire disparaître ces inconvénients rédhibitoires, il faudrait remplacer les patins par des roues, n'embarquer qu'une surcharge motrice un peu inférieure aux résistances passives à l'état de mouvement uniforme, établir des appareils spéciaux pour produire l'accélération du démarrage, maintenir ensuite le mouvement uniforme par une machine actionnant l'arbre moteur, seule susceptible de fournir un mouvement absolument régulier qu'aucun système de freins ne peut réaliser, prévoir un moyen d'évacuation avant la mise en marche du surcroît d'eau embarqué toutes les fois que le bief de partage n'est pas à son niveau minimum, enfin scinder le plan incliné de 41 m de chute, faute d'emplacement où il puisse être établi, en deux plans partiels de chute moitié moindre. On retomberait ainsi sur les dispositions essentielles du projet n° 11 de M. Barret, après avoir fait disparaître successivement tous les dispositifs par lesquels le projet n° 12 s'en différenciait et qui en faisaient l'originalité.

C'est pour ces raisons que les ingénieurs et la Commission ont cru devoir écarter *à priori* le projet n° 12 sur lequel nous ne reviendrons plus.

Projet n° 13 à un plan au 1/67, de 41 m de hauteur, comportant un seul sas remorqué par des locomotives, présenté par MM. Thomasset, Vollot et C^{ie}.

(Planche 9, fig. 10)

Dans ce second projet qui n'est que sommairement indiqué, MM. Thomasset, Vollot et C^{ie} ont supposé qu'un sas unique glissant sur des patins se mouvrait sur un long plan incliné suivant une pente de 0,015 *m* seulement par mètre. A la descente, le mouvement serait simplement modéré par des alternatives d'admission et de suppression de l'eau sous les patins, comme dans le projet n° 12 et avec les mêmes inconvénients d'une allure irrégulière et saccadée. A la montée, le sas serait remorqué par de fortes locomotives-tenders à quatre essieux couplés pesant 44,3 *t* et susceptibles de développer chacune un effort de traction de 6 800 *kg*. — La voie des locomotives serait établie sur ballast entre les rails centraux des patins. Une voie d'évitement franchissant les rails des patins par un système de croisements qui n'est pas indiqué, permettrait aux locomotives de passer de l'avant à l'arrière du sas qu'elles tireraient du pied du plan à la voie d'évitement et qu'elles pousseraient ensuite, le sas demeurant arrêté pendant la manœuvre des machines. Les auteurs indiquent que la longueur du sas serait réduite à 40 *m* par la suppression des enclaves des portes rabattantes, ce qui réduirait de 144 à 120 le nombre des patins. La porte fermant le sas se rabattrait, disent-ils, non plus à l'intérieur du sas, mais bien à l'extérieur par dessus la porte du bief avec lequel le sas serait jonctionné. — Cette disposition ne paraît pas admissible. La porte du sas, lorsqu'elle est relevée, est soumise certainement à la poussée de l'eau et éventuellement à des chocs de bateau; il faut qu'elle s'appuie sur un cadre extrêmement solide formant l'about du sas. Un cadre mobile, susceptible de s'effacer à chaque jonction, ne paraît pas susceptible de présenter une solidité suffisante et sa mobilité entraînerait d'ailleurs de

grandes complications. Le raccourcissement du sas à 40 *m* ne nous paraît donc pouvoir être pratiquement réalisé que par la substitution de portes levantes aux portes rabattantes.

Les auteurs ont adopté une vitesse de marche de 4,66 *m* par seconde, plus élevée encore que dans le projet précédent et, par suite, encore moins acceptable. Ils estimaient que deux locomotives suffiraient. Mais le calcul montre que trois locomotives seraient nécessaires et qu'elles ne donneraient au système mobile la vitesse de 4,66 *m* que 2 minutes 17 secondes après le démarrage. Si on voulait obtenir une accélération plus rapide au départ, il serait nécessaire de recourir à des machines de renfort au démarrage. Une vitesse de régime de 0,75 *m* pourrait être obtenue au bout de 22 secondes avec trois locomotives.

L'eau comprimée nécessaire à l'alimentation des patins serait fournie par deux machines jumelles placées en encorbellement sur les deux côtés du sas mobile et fonctionnant constamment pendant la marche du sas. Il n'y aurait plus de machine de secours, de réserve ni de rechange, ce qui n'est peut-être pas suffisamment prudent. La force de chacune de ces deux machines, que les auteurs évaluaient à 60 *chvx*, devrait être de 75 *chvx*.

Avec la vitesse de marche de 4,66 *m*, la consommation d'eau des patins serait de 72 *m*³ pour chaque traversée du plan incliné et la durée d'une opération complète (montée, descente, éclusages et manœuvre des machines) d'un peu plus de 40 minutes.

Si on réduisait la vitesse à 0,75 *m*, la consommation d'eau des patins serait portée de 72 *m*³ à 440 *m*³ par traversée et la durée d'une opération complète atteindrait deux heures et demie, deux résultats qui sont l'un et l'autre inacceptables.

Enfin, il y a lieu de remarquer qu'on ne pourrait loger dans le sas, sans l'alourdir considérablement, les 440 *m*³ d'eau nécessaires à l'alimentation des patins et que des épuisements considérables devraient être faits à la base du plan incliné, la

partie de ce plan située en contre-bas du plan d'eau du bief aval ayant ici une très grande longueur en raison de la faible pente du plan et les patins perdant par suite une grande quantité d'eau en la parcourant.

Pour ce projet comme pour le précédent, le premier perfectionnement qui s'impose pour éviter à la fois cette énorme consommation d'eau et les épuisements, c'est le remplacement des patins par des roues, qui permettrait également l'économie des quatre hommes chargés de la conduite des machines comprimant l'eau. Grâce à l'élévage du sas qui résulterait de la suppression de ces machines, l'effort de traction ne serait augmenté que de 1071 *kg* et les trois locomotives resteraient parfaitement suffisantes, la vitesse de régime, de 0,75 *m* pouvant être obtenue en 24 secondes.

Mais l'inconvénient d'une durée de manœuvre complète de deux heures et demie, qui est à lui seul un vice absolument rédhibitoire, subsisterait en entier. Tant en raison de cet inconvénient que du fait que le projet ne devient réalisable qu'en remplaçant les patins par des roues et en lui enlevant ainsi son originalité, le projet n° 13 a été également éliminé *à priori* et nous n'y reviendrons plus.

§ V. — TABLEAUX DES DONNÉES PRINCIPALES ET DES DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT DES TREIZE PROJETS

Les deux tableaux ci-après résument les données principales et les dépenses d'établissement des treize projets présentés au concours.

Tableau résumant les données principales des divers projets.

Tableau I.

NUMÉROS D'ORDRE DES PROJETS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
NOMS DES AUTEURS	M. BARRET	M. BARRET	FIVES-LILLE	FIVES-LILLE	MM. CLARK ET C ^o	MM. CLARK ET C ^o	MM. CLARK ET C ^o	M. SEYRIG	M. BARRET	MM. LESLIE	M. BARRET	MM. THOMASSET ET C ^o	MM. THOMASSET ET C ^o	
NATURE DES ÉLÉVATEURS	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS FLOTTANTS	ASCENSEURS PUNICULAIRES	ASCENSEURS FUNICULAIRES	PLANS INCLINÉS	PLAN INCLINÉ	PLAN INCLINÉ	
DÉFINITION SUCCINCTE DES PROJETS.	2 chutes de 20,50 m 2 sas par chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute	2 chutes de 20,50 m 2 sas par chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute	4 chutes de 10,25 m 1 seul sas par chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute accouplé avec le sas de l'autre chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute équilibré par 2 accumulateurs	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute	2 chutes de 20,50 m 2 sas par chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute	2 plans au 1/12 de 20,50 m de hauteur 2 sas par plan	1 plan au 1/10 de 41 m de hauteur 2 sas	1 plan de 0,045 m de pente par mèt. et de 41 m de haut. 1 seul sas remorqué par des locomotiv.	
Durée du mouvement des sas.	2'2"	3'23"	4'	3'25" (1) 3'45" (2)	3'	5'	4'	3'25"	2'	1'10"	7'	1'40" (3) ou 9'30" (4)	12' (5) ou 65' (6)	
Consommation d'eau totale.	69,5 m ³ (5)	93,5 m ³ (5)	63 m ³	81 m ³	99 m ³ (6)	102,6 m ³ (6)	82,6 m ³ (6)	Réelle (7) 53 m ³ Fictive (7) 197 m ³	105 m ³ (5)	Réelle (7) 42,5 m ³ Fictive (7) moins de 100 m ³	333 m ³ (5)	Réelle (7) (8) 706 ou 410 m ³ Fictive (7) (8) 912 ou 1 670 m ³	Réelle (7) (8) 245 ou 613 m ³ Fictive (7) (8) 3 083 ou 5 860 m ³	
Surcharge donnée au sas descendant	30 t	54 t	40,5 t	58,8 t	38 t	72,1 t	52,1 t	"	41 t	36,4 t	159,6 t	518 t ou 152 t (9)	72 t ou 440 t (9)	
Poids du sas vide (portes comprises)	251 t	255,5 t	189 t [A porter à 235 t]	189 t [A porter à 260 t]	201 t [A porter à 230 t]	232 t [Majoration non évaluée]	232 t [Majoration non évaluée]	150 t [A porter à 161]	253 t	134 t	321 t	406 t [Majoration non évaluée]	338 t [Majoration non évaluée]	
Poids du sas descendant plein (9).	750 t	778,5 t	719 t	738 t	749 t	832 t	877 t	755 t	750 t	649 t	1 050 ou 936 t (10)	1 091 t (11)	874 t (11)	
Poids du système mobile, non compris le poids de l'eau en mouvement dans les tuyauteries.	1 688 t	1 773 t	1 520 t	1 575 t	1 509 t	1 704 t	1 776 t	1 128 t	1 575 t	1 337 t	2 297 t	2 043 t (11)	1 228 t (12) ou 1 007 t (11)	
Nombre minimum des hommes nécessaires pour l'ensemble des appareils rachetant la chute totale de 41 m, y compris les écluses de garde.	8 à 10 (12)	6 à 9 (12)	8	6	12	6	6	9 à 12 (12)	12	8	12	9 à 7 (12)	14	
Prix du mètre courant de voie des plans inclinés. (donné au projet . . . rectifié (13)).												1 095,64 fr (14) 1 343,43 " (14)	1 261,10 fr 1 350,86 "	607,00 fr 652,00 "

(1) 3'25" si le diamètre des étranglements de la conduite d'accouplement à sa sortie des presses est de 0,18 m.

(2) 3'45" si le diamètre de ces étranglements est de 0,13 m.
(3) Durée donnée par les auteurs qui prévoient une vitesse de marche de 4 m par seconde dans le projet n° 12 et de 4,66 m dans le projet n° 13.

(4) Durée rectifiée par nous en réduisant la vitesse à 0,75 m.

(5) En ne prenant, pour la consommation des cabestans, que la moitié de la quantité adoptée par M. Barret, ce qui revient à réduire de 160 m à 80 m la longueur sur laquelle les bateaux seront halés mécaniquement.

(6) En supposant les portes des sas et des biefs à demi équilibrés.

(7) Dans les projets comportant des machines à vapeur, nous avons appelé consommation fictive la somme de la consommation réelle et de la dépense d'eau représentative du travail des machines à vapeur.

(8) Le premier nombre se rapporte à la durée du mouvement prévue par les auteurs; le second à la durée rectifiée par nous en réduisant la vitesse de marche à 0,75 m par seconde.

(9) Y compris la surcharge, mais non compris le poids des plongeurs, des chaînes ou câbles.

(10) 1050 t lorsque le sas est au repos en communication avec le bief amont; 936 t lorsqu'il est en marche.

(11) Les poids marqués (11) ne comprennent que les faibles surcharges prévues par les auteurs et non celles calculées par nous et données au présent tableau, que les sas de MM. Thomasset et C^o ne peuvent contenir. Dans le projet n° 13, les locomotives sont comprises dans le poids du système mobile.

(12) Le deuxième nombre est celui donné par les auteurs; le premier est celui que nous considérons comme nécessaire.

(13) Prix rectifiant les erreurs commises dans l'évaluation des maçonneries.

(14) Dont 746,94 fr pour la partie métallique de la voie.

Estimation comparative des appareils rachetant la chute totale de 41 mètres d'après les divers projets (non compris les écluses de garde). **Tableau II.**

(Toutes les estimations sont basées sur les prix des métaux en octobre 1881.)

NUMÉROS D'ORDRE DES PROJETS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NOTES
NOMS DES AUTEURS	M. BARRET	M. BARRET	FIVES-LILLE	FIVES-LILLE	MM. CLARK ET C ^o	MM. CLARK ET C ^o	MM. CLARK ET C ^o	M. SEYRIG	M. BARRET	MM. LESLIE	M. BARRET	MM. THOMASSET ET C ^o	MM. THOMASSET ET C ^o	
NATURE DES ÉLÉVATEURS	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS HYDRAULIQUES	ASCENSEURS FLOTTANTS	ASCENSEURS FUNICULAIRES	ASCENSEURS FUNICULAIRES	PLANS INCLINÉS	PLAN INCLINÉ	PLAN INCLINÉ	
DÉFINITION SUCCINCTE DES PROJETS	2 chutes de 20,50 m 2 sas par chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute	2 chutes de 20,50 m 2 sas par chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute	4 chutes de 10,25 m 1 seul sas par chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute avec le sas de l'autre chute	2 chutes de 20,50 m 1 seul sas par chute équilibré par 2 accumulateurs	2 chutes de 20,50 m	2 chutes de 20,50 m	2 chutes de 20,50 m 2 sas par chute	2 plans au 1/12 de 20,50 m de hauteur, 2 sas par plan	1 plan au 1/10 de 41 m de hauteur 2 sas	1 plan de 0,015 m de pente par mètre et de 41 m de haut. 1 seul sas remorqué par des locomotives	(1) Les charpentes des trucs des plans inclinés de M. Barret faisant corps avec les sas sont complètes avec eux. (2) Dont 411 625 fr pour la partie métallique et 192 160 fr pour les maçonneries des voies. (3) Dont 3 262 124 fr pour la partie métallique et 192 160 fr pour les maçonneries des voies. (4) Y compris les aqueducs de la tête du bief supérieur. (5) Dont 25 766 fr pour les tuyauteries des trucs et 14 350 fr pour les tuyauteries fixes. (6) Dont 306 560 fr pour les machines portées par les trucs et 14 764 fr pour les installations fixes. (7) Dont 12 383 fr pour les tuyauteries du truc et 12 077 fr pour les tuyauteries fixes. (8) Dont 145 727 fr pour les machines portées par le truc et 11 343 fr pour les installations fixes. (9) Prix du mètre cube de déblai adopté pour le fonçage des puits : 40 fr. (10) Prix du mètre cube adopté : 80 fr. (11) Les quantités sur lesquelles est basée l'estimation des puits des projets n ^{os} 6 et 7 sont erronées par défaut. (12) Prix du mètre cube de déblai adopté pour le fonçage des puits : 25 fr. (13) Cuvelages en maçonnerie. (14) Cuvelages en fonte. (15) Les majorations non estimées à apporter aux projets n ^{os} 1 et 2 sont celles qui résultent de quelques-unes des modifications apportées après coup aux projets par M. Barret : Appuis mobiles sur la cale sèche. Appareils de soulèvement des presse-étoupes, patins de guidage, ceinture, anse de suspension et contreventements obliques des sas. (16) Majorations nécessitées par l'insuffisance notoire des prix unitaires de maçonneries adoptés par M. Barret. (17) Majorations non estimées devant résulter des modifications apportées au projet n ^o 11 par M. Barret, dont les plus importantes sont l'addition de 448 balances hydrostatiques.
INDICATION DES PARTIES D'OUVRAGES														
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	
Sas (non compris les portes)	631 257,00	327 722,00	419 800,00	209 900,00	427 080,00	248 131,00	248 134,00	210 560,00	579 853,00	110 387,00	516 861,00	204 947,00 ⁽¹⁾	86 824,00	
Portes et joints des sas et des biefs	186 263,00	93 131,00	109 236,00	54 618,00	107 448,00	53 724,00	53 724,00	73 600,00	243 961,00	28 955,00	130 180,00	"	"	
Guidages { charpentes métalliques	711 798,00	448 482,00	340 860,00	245 100,00	211 436,00	136 168,00	136 168,00	181 050,00	"	"	"	"	"	
{ Règles et galets	103 958,00	51 979,00	61 247,00	30 623,00	48 288,00	24 144,00	24 144,00	"	"	"	"	"	"	
Presses et plongeurs	857 414,00	428 706,00	436 920,00	218 460,00	383 388,00	294 600,00	589 200,00	504 000,00	"	"	"	"	"	
Flotteurs et tourelles	"	"	"	"	"	"	"	"	288 000,00	166 803,00	1 334 371,00	52 000,00	"	
Chaines et câbles	"	"	"	"	"	"	"	"	371 198,00	164 866,00	132 096,00	40 526,00	"	
Poulies et arbres	"	"	"	"	"	"	"	"	432 074,00	418 321,00	35 484,00	"	"	
Supports et plateformes	"	"	"	"	"	"	"	"	"	71 519,00	"	"	"	
Contre-poids	"	"	"	"	"	"	"	"	105 102,00	33 869,00	"	"	"	
Freins	"	"	"	"	"	"	"	"	258 544,00	19 803,00	"	"	"	
Calages et verrous	171 056,00	85 528,00	"	"	"	"	"	"	"	"	33 913,00	"	"	
Patins, roues et essieux	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	331 403,00	133 085,00	55 452,00	
Charpente des trucs	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	144 064,00	48 947,00	
Voies des plans inclinés	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	603 785,00 ⁽²⁾	504 440,00	1 703 575,00	
Locomotives	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	150 450,00	
Caisses et lest des accumulateurs contre-poids	"	"	"	"	"	"	"	147 800,00	"	"	"	"	"	
Guidages des accumulateurs contre-poids	"	"	"	"	"	"	"	45 000,00	"	200 475,00	"	"	"	
Appareils compensateurs	112 047,00	56 024,00	"	"	34 730,00	27 406,00	27 406,00	"	"	"	"	"	"	
Tuyauteries (non compris celles des compensateurs)	55 321,00	409 656,00	41 715,00	366 505,00	288 117,00	263 117,00	54 370,00	120 950,00	52 349,00	35 000,00	84 694,00	43 116,00 ⁽³⁾	24 460,00 ⁽⁴⁾	
Machinerie (y compris les cabestans)	182 603,00	162 374,00	83 000,00	83 000,00	94 000,00	47 000,00	47 000,00	169 100,00	255 906,00	155 730,00	245 639,00	321 324,00 ⁽⁵⁾	157 070,00 ⁽⁶⁾	
Divers	5 701,00	2 821,00	"	"	"	"	"	243 790,00	13 166,00	"	5 858,00	"	"	
Total de la partie métallique (et de la voie des plans inclinés)	3 017 418,00 ⁽⁹⁾	2 066 423,00 ⁽⁹⁾	1 492 778,00 ⁽⁹⁾	1 208 206,00 ⁽⁹⁾	1 594 487,00 ⁽¹⁰⁾	1 094 293,00 ^{(10) (11)}	1 372 946,00 ⁽¹²⁾	1 573 400,00 ⁽¹²⁾	2 800 628,00	1 250 000,00	3 454 284,00 ⁽³⁾	1 443 502,00	2 226 778,00	
Puits { Fonçage	423 420,00 ⁽¹³⁾	64 710,00 ⁽¹³⁾	68 800,00 ⁽¹⁴⁾	34 400,00 ⁽¹⁴⁾	126 720,00 ⁽¹³⁾	84 800,00 ^{(13) (14)}	204 160,00 ^{(13) (14)}	455 000,00 ⁽¹³⁾	"	"	"	"	"	
{ Cuvelage et fondation	68 180,00	34 090,00	149 140,00	74 570,00	42 652,00	32 606,00	78 318,00	242 352,00	"	"	"	"	"	
Total, sauf les maçonneries et terrassements	3 209 018,00	2 162 223,00	1 710 718,00	1 317 176,00	1 763 859,00	1 211 699,00	1 655 424,00	2 270 752,00	2 800 628,00	1 250 000,00	3 454 284,00	1 443 502,00	2 226 778,00	
Tours, arcades, bâtiments	40 000,00	40 000,00	Non estimés	Non estimés	91 432,00	93 852,00	93 842,00	24 000,00	559 358,00	Non estimés par les auteurs	80 000,00	Non estimés par les auteurs	Non estimés par les auteurs	
Murs de soutènement	220 075,00	130 000,00	Non estimés par les auteurs	Non estimés par les auteurs	206 820,00	280 112,00	365 200,00	347 748,00	98 792,00	Non estimés par les auteurs	192 160,00	Non estimés par les auteurs	Non estimés par les auteurs	
Cales sèches	"	"	"	"	223 516,00	94 666,00	94 666,00	57 500,00	"	"	150 454,00	"	"	
Terrassements	116 320,00	70 000,00	"	"	71 676,00	91 210,00	94 000,00	"	"	"	"	"	"	
Total général d'après les auteurs	3 585 913,00	2 402 223,00	?	?	2 357 303,00	1 771 539,00	2 303 132,00	2 700 000,00	3 458 778,00	?	3 876 898,00	?	?	
Majorations justifiées dans le rapport des ingénieurs	"	"	"	"	"	"	"	348 000,00	"	"	"	111 933,00	126 000,00	
rectificatives d'erreurs matérielles de calculs	"	"	"	"	"	"	"	250 000,00	"	"	"	"	"	
nécessitées par le renforcement des flotteurs	" ⁽¹⁵⁾	" ⁽¹⁵⁾	"	"	"	"	"	17 000,00	"	"	"	considérables et même irréalisables	considérables et même irréalisables	
nécessitées par le renforcement des sas	non estimées ⁽¹⁶⁾	non estimées ⁽¹⁶⁾	411 600,00	91 800,00	78 000,00	"	"	85 000,00	"	"	non estimées ⁽¹⁶⁾	"	"	
portant sur les autres parties métalliques	non estimées ⁽¹⁶⁾	non estimées ⁽¹⁶⁾	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
portant sur les maçonneries	124 087,00	72 777,00	"	"	"	"	"	"	241 122,00	"	273 402,00	"	"	
Total général (lorsque l'addition a pu être faite)	?	?	?	?	2 435 303,00	?	?	3 400 000,00	3 700 000,00	?	?	?	?	

CHAPITRE II

QUELQUES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES RELATIVES AUX ASCENSEURS ET AUX PLANS INCLINÉS

Avant d'indiquer les raisons des éliminations de certains projets présentés au concours et celles du classement attribué par la Commission aux projets qu'elle a retenus, il convient de présenter quelques considérations générales relatives aux ascenseurs et aux plans inclinés, qui faciliteront l'intelligence des raisons qui ont déterminé la Commission.

§ 1^{er}. — ASCENSEURS HYDRAULIQUES

1^o *Action des forces perturbatrices de l'équilibre.* — Dans les ascenseurs hydrauliques, les presses hydrauliques jouent le rôle de supports. Mais ce sont des supports d'un genre tout spécial.

Lorsqu'un corps pesant repose par une base plane sur un plan horizontal indéformable, ce plan exerce sur le corps des réactions verticales dirigées de bas en haut, dont la résultante passe par le centre de gravité du corps, est égale et directement opposée à son poids. Si, en enlevant quelques parties du corps sur l'un des côtés pour les reporter sur le côté opposé, on déplace son centre de gravité, sans cependant faire sortir sa projection horizontale de la base de sustentation, l'équilibre subsiste : les réactions élémentaires augmentent d'intensité du côté vers lequel le centre de gravité s'est dirigé, elles diminuent du côté opposé et la résultante de ces réactions continue à passer par le centre de gravité, qu'elle suit dans son déplacement.

Si on applique au corps une force horizontale, inférieure au produit de son poids par le coefficient de frottement applicable aux matières qui constituent sa base et le plan d'appui et, par suite, insuffisante pour le mettre en mouvement, et si, de plus, cette force est telle que, composée avec le poids, elle donne une résultante traversant la base d'appui à l'intérieur du polygone de sustentation, les réactions de la base d'appui se modifient de nouveau, elles deviennent obliques; mais leur résultante est égale et directement opposée à celle du poids du corps et de la force horizontale et l'équilibre subsiste encore.

Mais il n'en est plus de même si le corps pesant, au lieu de s'appuyer sur une surface indéformable, repose, par l'intermédiaire d'un piston plongeur vertical, sur le liquide enfermé dans un cylindre. — Si on fait dans ce cylindre de presse une section horizontale, la pression du liquide par unité de surface est nécessairement la même en tous les points de cette section. — La résistance des réactions de l'eau sur le plongeur est donc toujours une force verticale coïncidant exactement avec l'axe de figure du plongeur; son intensité est bien encore égale à celle du poids du plongeur et du corps qu'il supporte, mais elle n'est directement opposée à ce poids que lorsque le centre de gravité du corps se trouve exactement sur l'axe de figure du plongeur vertical et qu'aucune force horizontale n'agit sur le corps.

Dans ce cas seulement il y a équilibre et cet équilibre est instable puisque, dès que le centre de gravité du corps sort de la verticale du centre du presse-étoupes, le poids du corps et la résultante des réactions de l'eau forment un couple de forces égales, parallèles et de sens contraires, qui tend à faire tourner le corps autour du centre du presse-étoupes, seul point invariablement fixé, et à l'écarter de plus en plus de sa position primitive.

L'emploi d'une presse hydraulique comme support ne se peut donc concevoir qu'à la condition que le corps supporté puisse s'appuyer latéralement sur un guidage fixe qui limite

étroitement l'amplitude des inclinaisons du plongeur. Dans les applications, un guidage suppose un jeu, si petit soit-il. — Le meilleur guidage sera celui qui laissera le plus petit jeu ; et, comme le jeu doit être suffisant pour permettre la dilatation des parties du corps comprises entre le guidage et le plongeur, le guidage sera d'autant meilleur qu'il sera plus rapproché du plongeur. Telle est la justification du guidage principal central.

Considérons successivement l'action d'une force horizontale et d'une force verticale perturbatrices de l'équilibre agissant sur un sas mobile reposant en son centre sur un plongeur de presse unique. Si le chevêtre du sas n'est pas articulé sur la tête du plongeur, le sas et le plongeur forment un immense T à peu près indéformable. Sous l'action d'une force horizontale d'intensité Q agissant sur le système mobile à une hauteur b au-dessous des patins supérieurs de guidage, le sas commence une rotation autour du point où le plongeur traverse le presse-étoupes et les patins de guidage les plus éloignés de ce point, les patins supérieurs arrivent au contact du guidage fixe. Une réaction horizontale du guidage fixe se développe à ce contact. Si le joint du presse-étoupes est incompressible, le mouvement s'arrête et une seconde réaction horizontale de sens inverse se développe entre le presse-étoupes et le plongeur. Si a est la distance verticale comprise entre le presse-étoupes et les patins supérieurs de guidage, les réactions du guidage fixe sur ces patins supérieurs ont pour expression

$$\frac{Q(a-b)}{a} \text{ (formule 1)}$$

et la réaction du presse-étoupes sur le plongeur

$$\frac{Qb}{a} \text{ (formule 2).}$$

Si le joint du presse-étoupes est compressible, le mouvement continue par une seconde rotation autour des points de contact des patins supérieurs et du guidage et le mouvement

ne cesse que lorsque les patins inférieurs ont également pris contact avec le guidage. La seconde réaction horizontale se développe alors, non plus au contact du presse-étoupes et du plongeur, mais bien au contact des patins inférieurs et du guidage. Les choses se passeraient de la même manière si le sas était efficacement articulé sur la tête du plongeur. Les expressions des deux réactions horizontales sont les mêmes que dans le premier cas, à la seule condition de représenter par a , non plus la distance verticale qui sépare le presse-étoupes des patins supérieurs, mais bien celle qui sépare les patins inférieurs des patins supérieurs.

Une force perturbatrice verticale a pour conséquence de déplacer le centre de gravité du système mobile, de l'écarter du centre de figure du plongeur, en sorte que le poids de ce système et la poussée de l'eau de la presse sur le fond du plongeur forment un couple μ . Après que de petits mouvements de rotation se sont produits comme précédemment, le couple μ se trouve équilibré par un couple de deux réactions égales

$$\frac{\mu}{a} \text{ (formule 3),}$$

a désignant comme précédemment la distance verticale entre le presse-étoupes et les patins supérieurs si le joint du presse-étoupes est incompressible, ou bien la distance verticale entre les patins inférieurs et les patins supérieurs si ce joint est compressible ou si le sas est efficacement articulé sur la tête du plongeur. Les principales causes de perturbation dans l'équilibre sont les suivantes : l'action du vent soufflant en travers, l'action du vent soufflant en long, la poussée qu'exerce l'eau sur la porte fermée du sas lorsque l'autre porte est ouverte, le sas étant jonctionné avec l'un des biefs, le refoulement de l'eau devant un bateau en marche partiellement entré dans le sas, enfin l'inégalité du réglage des surfaces d'appui des verrous de suspension ou des tins de la cale sèche.

Occupons-nous d'abord des quatre premières.

Appelons L la longueur du sas mesurée entre les bordés des portes qui le terminent, l sa largeur intérieure entre les bordés, m le mouillage mesuré en contre-haut du seuil de la porte, Δm la surélévation du plan d'eau devant un bateau chargé en marche, à demi entré dans le sas, p la pression du vent par mètre carré exprimée en tonnes, Ω la superficie comprise à l'intérieur du contour apparent de la projection du plongeur et du sas sur un plan vertical parallèle à l'axe longitudinal du sas, ω la superficie comprise à l'intérieur du contour apparent de la projection du même système mobile sur un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du sas, β la hauteur comprise entre le centre de gravité de la surface Ω et le patin supérieur, β' la hauteur comprise entre le centre de gravité de la surface ω et ce même patin, enfin β'' la hauteur comprise entre le centre de poussée sur la porte fermée du sas, lequel, pour un mouillage $m + \Delta m$, est à $\frac{m + \Delta m}{3}$ au-dessus de son seuil, et le patin supérieur, — les expressions en tonnes, en mètres et en tonnes-mètres des quantités Q , b et μ sont les suivantes :

Vent soufflant en travers.	$Q = p\Omega$ et $b = \beta$
Vent soufflant en long	$Q = p\omega$ et $b = \beta'$
Poussée sur la porte fermée.	$Q = \frac{l(m + \Delta m)^2}{2}$ et $b = \beta''$
Refoulement de l'eau devant un bateau en marche $\mu =$	$\frac{L^2 \Delta m}{8}$.

Soient maintenant δ la hauteur comprise entre les patins inférieurs et les patins supérieurs, α la hauteur comprise entre les patins supérieurs et le niveau du presse-étoupes lorsque le sas est au bas de sa course, h la course du sas, c la profondeur de la cale sèche, r, r', r'', r''' les valeurs de la réaction qu'exerce le guidage sur chacun des patins inférieurs sous l'action respective de chacune des quatre forces perturbatrices considérées, vent soufflant en travers, vent soufflant en long, poussée sur la porte fermée et refoulement de l'eau devant un bateau en marche, dans le cas d'une gar-

niture compressible — r_1, r'_1, r''_1, r'''_1 , les valeurs de la réaction du même guidage sur chacun des patins supérieurs dans les mêmes conditions ; — S, S', S'' et S''' les valeurs maxima de la réaction du presse-étoupes sur le plongeur sous l'action respective de chacune des quatre forces considérées dans le cas d'une garniture incompressible, — enfin, S_1, S'_1, S''_1 et S'''_1 les valeurs maxima de la réaction du guidage sur chacun des patins supérieurs dans le même cas.

Dans le cas d'une garniture compressible, nous obtiendrons les réactions des séries r et r_1 en faisant $a = \delta$ dans les formules (1), (2) et (3) et en observant que, sous l'action du vent soufflant en travers, un seul patin inférieur et un seul patin supérieur, ceux situés d'un même côté du sas, reçoivent les réactions tandis que, sous l'action des trois autres forces perturbatrices qui agissent dans le sens longitudinal du sas, les quatre patins reçoivent des réactions, chacune d'elles se partageant par moitié entre les patins situés de chaque côté du sas. Nous trouvons ainsi :

$$r = \frac{p\Omega\beta}{\delta}, \quad r' = \frac{p\omega\beta'}{2\delta}, \quad r'' = \frac{l(m + \Delta m)^2\beta''}{4\delta}, \quad r''' = \frac{L^2l\Delta m}{16\delta} \quad (\text{form. 4}).$$

$$r_1 = \frac{p\Omega(\delta - \beta)}{\delta}, \quad r'_1 = \frac{p\omega(\delta - \beta')}{2\delta}, \quad r''_1 = \frac{l(m + \Delta m)^2(\delta - \beta'')}{4\delta},$$

$$r_1''' = \frac{L^2l\Delta m}{16\delta} \quad (\text{formules 5}).$$

Dans le cas d'une garniture incompressible, les réactions inférieures exercées par le presse-étoupes sur le plongeur unique ne se partagent jamais ; les réactions supérieures se partagent entre les deux guidages pour les trois dernières forces perturbatrices comme dans le cas précédent. — La garniture étant incompressible, la quantité a des formules (1), (2) et (3) représente la distance verticale comprise entre les patins supérieurs et le niveau du presse-étoupes. Cette quantité varie entre α et $\alpha + h$ suivant que le sas est en bas ou en haut de sa course ; — a n'entrant qu'en dénominateur dans les formules (2) et (3), on obtiendra le maximum des réac-

tions exprimées par ces formules en donnant à α sa plus petite valeur, qui est α lorsqu'on considère la poussée de l'eau sur la porte fermée ou le gonflement de l'eau devant un bateau en marche et $\alpha + c$ lorsqu'on considère l'action du vent, le vent n'ayant aucune prise sur le système mobile lorsqu'il est abrité à l'intérieur de la cale sèche.

Quant à la formule (4), elle peut s'écrire $Q \left(1 - \frac{b}{a}\right)$. Dans les ascenseurs à plongeur unique placé sous le centre du sas, b est toujours plus petit que a car, lorsque le sas est au bas de sa course, le centre de poussée sur la porte et les centres de gravité des surfaces Ω et ω sont encore en contre-haut du presse-étoupes. L'expression est par suite toujours positive et elle est maxima en même temps que a , c'est-à-dire pour $a = \alpha + h$.

Nous trouvons ainsi :

$$S = \frac{p\Omega\beta}{\alpha + c}, S' = \frac{p\omega\beta'}{\alpha + c}, S'' = \frac{l(m + \Delta m)^2\beta''}{2\alpha}, S''' = \frac{L^2l\Delta m}{8\alpha} \text{ (form. 6).}$$

$$S_1 = \frac{p\Omega(\alpha + h - \beta)}{\alpha + h}, S'_1 = \frac{p\omega(\alpha + h - \beta')}{2(\alpha + h)}, S''_1 = \frac{l(m + \Delta m)^2(\alpha + h - \beta'')}{4(\alpha + h)},$$

$$S'''_1 = \frac{L^2l\Delta m}{16\alpha} \text{ (formules 7).}$$

Les formules (4), (5) et (7) peuvent être utilement employées aux calculs de résistance des guidages fixes, en ayant soin d'observer que l'action du gonflement de l'eau devant un bateau en marche peut s'ajouter directement à celle de la poussée de l'eau sur la porte fermée et que l'action du vent soufflant en travers peut s'ajouter à une ou plusieurs des forces perturbatrices agissant dans le sens longitudinal pour former une composante oblique.

Si l'on remarque que, en mettant les formules en nombres avec les dimensions du projet de Fives-Lille, par exemple, et en faisant $p = 0,27 t$ (pression du vent de 270 kg par mètre carré) la quantité S_1 atteint 46,86 t, on se rendra compte de l'énorme résistance que doivent présenter les guidages.

Une autre remarque qui doit être faite, c'est qu'il y a un

avantage considérable à augmenter les quantités δ ou α suivant que la garniture du presse-étoupes est compressible ou non.

Il est donc, toute garniture étant exposée à devenir incompressible par un service prolongé, bien plus rationnel de construire les poutres latérales des ascenseurs hydrauliques en forme de solides d'égale résistance avec une semelle inférieure horizontale et une semelle supérieure en forme d'accent circonflexe, à l'inverse de ce qui a été fait aux Fontinettes et à La Louvière où c'est la semelle supérieure qui est horizontale, car on augmente ainsi la quantité α et on diminue, par suite, les expressions S des formules (6), qui sont de beaucoup les plus dangereuses puisqu'elles s'exercent entre le plongeur et la virole supérieure de la presse.

MM. Gruson et Barbet, dans leur étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux (p. 186) (1), et M. l'ingénieur principal des ponts et chaussées belges Dufourny (voir le compte rendu des travaux du Congrès de l'utilisation des eaux fluviales tenu à Paris en 1889, p. 233) avaient déjà recommandé de retourner sens dessus dessous, par rapport à ce qui avait été fait aux Fontinettes et à La Louvière, les grandes poutres latérales du sas dans les ascenseurs qui seraient construits ultérieurement. Cette recommandation n'était basée que sur l'économie importante qu'un tel retournement permettrait de réaliser dans les frais d'établissement de la cale sèche. A cette considération vient s'en ajouter une autre, également très importante, qui semble avoir échappé à ces ingénieurs, la réduction des réactions horizontales de la virole supérieure de la presse sur le plongeur, qui se développent sous l'influence des forces ou des couples perturbateurs de l'équilibre.

A l'ascenseur hydraulique d'Anderton, le sas s'immerge au bas de sa course dans la rivière Weaver et le plongeur tra-

(1) BARBET et GRUSON. — *Moyens de franchir les canaux*, 1 vol. et 1 atlas, prix 25 fr. — Baudry et C^{ie}, éditeurs.

verse deux presse-étoupes superposés dont la distance verticale n'est que de $0,75\text{ m}$: un presse-étoupes supérieur empêchant les eaux de cette rivière de pénétrer dans la galerie de visite et un presse-étoupes inférieur dans la virole supérieure de la presse. De plus, il n'y a point de guidage central ; les guidages, placés aux extrémités de la longueur du sas, laissent un jeu considérable de $0,020$ à $0,025\text{ m}$ en vue de la dilatation des tôles du sas. L'ingénieur de la Compagnie Fives-Lille, qui a visité cet ascenseur après l'accident qu'il a subi le 18 avril 1882, a constaté, d'une part, que la nervure intérieure de la virole supérieure brisée de la presse, nervure qui formait le fond de la boîte du presse-étoupes, ne portait de traces d'usure que d'un seul côté de sa circonférence, tandis qu'elle était recouverte, du côté opposé, par des débris de corde talquée, agglutinés par du suif et de l'oxyde de fer, *formant un mastic d'une très grande résistance et d'une élasticité nulle, qui comblaient entièrement le petit vide laissé entre la nervure et le plongeur et ne laissaient à celui-ci absolument aucun jeu* ; et il a constaté, d'autre part, que les guidages étaient, sur la plus grande partie de leur hauteur, recouverts d'un cambouis formé par la graisse et la poussière, et que les traces du contact des patins n'étaient visibles qu'en quelques points. L'ascenseur d'Anderton fonctionnait ainsi sensiblement comme s'il était dépourvu de guidages fixes, le seul guidage efficace étant celui du plongeur par les deux presse-étoupes superposés. Les réactions de la virole supérieure de la presse étaient donc celles obtenues en faisant $a = 0,75\text{ m}$ dans les formules (2) et (3). On trouve ainsi que ces réactions, qui se reproduisaient à chaque manœuvre, atteignaient 126 t sous l'action de la poussée de l'eau sur l'une des portes du sas au haut de sa course et 199 t sous l'action combinée de cette poussée et du refoulement de l'eau devant un bateau à demi entré dans le sas. Aussi la presse s'est-elle d'abord déversée jusqu'à ce que la grande bride extérieure de la virole supérieure fût venue reposer sur le

couronnement du cuvelage du puits, après quoi les réactions horizontales longitudinales ne tendaient plus qu'à déchirer cette virole suivant ses deux génératrices situées dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du sas. L'une de ces deux génératrices étant affaiblie par la tubulure de pénétration de la conduite d'accouplement, c'est naturellement suivant cette génératrice que la déchirure verticale s'est produite le 18 avril 1882. L'accident est arrivé, non au moment où un bateau pénétrait dans le sas et où la réaction pouvait atteindre 199 *t*, mais bien au moment où, le sas étant jonctionné avec le bief amont, on terminait le remplissage de l'espace nuisible entre les portes du sas et du bief et où, par suite, la réaction passait presque instantanément, ce remplissage étant très rapide, de 0 à 126 *t*. — La tension de la fonte de la virole supérieure de la presse, qui n'était que de 2,8 *kg* par millimètre carré sous l'action de l'eau comprimée à l'intérieur de la presse, augmentait respectivement de 4 *kg* ou de 6,3 *kg* toutes les fois que les réactions ci-dessus calculées de 126 ou de 199 *t* se développaient entre cette virole et le plongeur et elle atteignait ainsi, à chaque manœuvre, tout au moins depuis que la virole s'était inclinée et portait sur le couronnement de l'encuvement, 6,8 *kg* pendant toute la durée de la jonction avec le bief amont et 9,4 *kg* lorsqu'un bateau chargé entraînait rapidement dans le sas. Ces efforts, voisins de la limite de résistance du métal, ont dû, en se répétant fréquemment, produire progressivement une diminution de la résistance de la virole, et il n'est pas étonnant que celle-ci se soit rompue suivant sa génératrice de moindre résistance précisément au moment où la tension du métal passait instantanément de 2,8 *kg* à 6,8 *kg* par millimètre carré, c'est-à-dire au moment où, par suite de l'importance et de la rapidité de la variation de la tension, les déplacements intérieurs des molécules du métal atteignaient leur amplitude maxima.

Telle est, d'après les ingénieurs de la C^{ie} Fives-Lille et

d'après nous-même, la principale des causes de l'accident survenu le 18 avril 1882 à l'ascenseur hydraulique d'Anderton. Cette explication est d'ailleurs la seule qui fasse bien comprendre pourquoi la déchirure s'est produite de la manière et à l'instant précis de la manœuvre où elle s'est réellement produite (1). Nous avons cru devoir analyser ici succinctement cette explication parce qu'elle met bien en évidence le danger considérable de réduire à une faible valeur la quantité que nous avons appelée a dans les formules (1), (2) et (3), c'est-à-dire la distance verticale entre les points extrêmes du système mobile qui sont effectivement guidés, et aussi parce qu'il est essentiel de rappeler que les constatations faites à la suite de cet accident ont montré qu'une garniture de presse-étoupes ayant un long temps de service pouvait devenir incompressible au point de ne plus présenter la moindre élasticité et de ne plus permettre le plus petit déplacement horizontal du plongeur au niveau où il la traverse.

Lorsqu'une garniture de presse-étoupes est devenue incompressible, les réactions horizontales qui s'exercent entre ce presse-étoupes et le plongeur sous l'action des forces et couples perturbateurs de l'équilibre sont, avons-nous dit, données par les formules (6). Ces réactions doivent être transmises par la virole supérieure de la presse au cuvelage du puits. Il importe donc que cette virole soit très fortement contreventée et appuyée sur ce cuvelage, particulièrement dans les directions des deux axes transversal et longitudinal de l'ascenseur. Il convient également de ne pas établir d'autres liaisons horizontales entre le cuvelage et les viroles de la presse autres que la virole supérieure, afin de ne pas exposer le corps de la presse à travailler à la flexion. A ce double point de vue, la disposition adoptée à La Louvière

(1) Pour de plus amples détails sur l'accident d'Anderton, consulter la notice que nous avons publiée sur la question le 8 juillet 1882, et qui figure au nombre des annexes au tome II de la *Navigaton intérieure*, par Guillemin. — Baudry et Cie, éditeurs.

paraît particulièrement recommandable : la presse ne s'appuie contre le cuvelage du puits qu'exclusivement à sa partie supérieure, où elle est entourée d'une crinoline contreventée sur le cuvelage par six forts vérins horizontaux.

Mais s'il est relativement facile d'éviter au corps de presse tout travail à la flexion, il n'est possible d'éviter un travail semblable au plongeur qu'en l'articulant efficacement avec le sas, ce qui, comme nous le verrons dans un instant, est loin d'être une chose facile.

Dès qu'une garniture de presse-étoupes est devenue incompressible, tout plongeur relié rigidement au sas, outre qu'il fonctionne comme une colonne chargée debout sur la totalité de sa hauteur et qu'il reçoit sur son périmètre extérieur la pression de l'eau comprimée dans toute sa partie immergée dans la presse, travaille à la flexion dans toute sa partie émergée pour transmettre du sas à la virole supérieure de la presse les efforts horizontaux résultant des forces ou couples perturbateurs de l'équilibre. Le maximum du moment de flexion du plongeur se produit immédiatement sous le chapiteau du plongeur lorsque le sas est au haut de sa course et il a pour expression, en désignant par d la hauteur comprise entre le presse-étoupes et le dessous du chapiteau du plongeur dans la position du sas au bas de sa course :

$$(d + h) \sqrt{\left(\frac{P\Omega\beta}{\alpha + h}\right)^2 + \left[\frac{l(m + \Delta m)^2\beta''}{2(\alpha + h)} + \frac{L^2 l \Delta m}{8(\alpha + h)}\right]^2}$$

Si l'on prend pour exemple le projet de la Compagnie Fives-Lille, où le plongeur en fonte a 4,20 m de diamètre extérieur et 0,08 m d'épaisseur, projet qui est cependant celui où les réactions dues aux efforts perturbateurs sont les moindres par suite de la grande élévation des patins supérieurs de guidage, on trouve que les efforts que la virole supérieure de la presse recevra du plongeur et qui tendront à la déverser, si elle n'est solidement contreventée contre le cuvelage, atteignent 30 t; que le moment fléchissant maximum du plongeur

est de 228 *t-m* et que, sous l'action de ce moment, la partie émergée du plongeur subit un effort de 3,4 *kg* par millimètre carré qui, sur la partie comprimée de son périmètre, s'ajoute à l'effort de 5,4 *kg* qu'il supporte comme colonne chargée debout, pour donner un effort total à la compression de 8,5 *kg* par millimètre carré, supérieur de 3,5 *kg* à celui sur lequel les auteurs du projet avaient compté.

Ces résultats donnent singulièrement à réfléchir. Jusqu'ici on s'est peu préoccupé, dans l'étude de projets d'ascenseurs hydrauliques, des efforts cependant si considérables que la virole supérieure de la presse et la partie émergée du plongeur peuvent avoir à supporter dès que la garniture du presse-étoupes a durci et est devenue incompressible et que le guidage n'est plus par suite assuré par les patins supérieurs et par les patins inférieurs, mais bien par les patins supérieurs et par le presse-étoupes. Dans les projets ultérieurs, il paraîtra sans doute indispensable d'établir les calculs dans la double hypothèse d'une résistance aux efforts perturbateurs par le guidage seul pour le cas d'une garniture fraîche et compressible et par le guidage au niveau des patins supérieurs, d'une part, la partie émergée du plongeur, la virole supérieure de la presse et le sommet du cuvelage du puits, d'autre part, pour le cas d'une garniture durcie devenue incompressible.

Nous n'avons encore parlé que des conséquences de quatre causes de perturbation de l'équilibre et nous avons donné les formules des diverses réactions et moment de flexion qui en résultent. Bien que ces réactions et moment atteignent des valeurs importantes, il sera facile, à l'avenir, d'adopter des dispositions et des dimensions des différents organes qui leur permettent de résister dans de bonnes conditions. — Il nous reste à dire quelques mots d'une dernière cause perturbatrice, l'imperfection inévitable du réglage des surfaces d'appui des nombreux verrous auxquels, dans certains cas, le sas doit être suspendu au haut de sa course ou des tins de la cale

sèche sur lesquels il vient reposer au bas de sa course. — Les effets peuvent en être bien autrement inquiétants que ceux des précédentes, car, d'une part, on ne peut, dans les limites pratiques où se tiennent d'ordinaire les imperfections du réglage, préciser leurs conséquences par le calcul, et il est toujours dangereux de laisser se produire des efforts dont on n'a pu déterminer les conséquences, et, d'autre part, le calcul montre que, si ces imperfections devenaient excessives, il se développerait des réactions d'une intensité telle que les organes de l'ascenseur ne pourraient sûrement pas y résister. — Si on supposait, en effet, que les verrous ou les tins fussent si mal réglés que l'une des moitiés de la longueur du sas vint reposer entièrement sur ceux qui sont au-dessous d'elle avant qu'aucune des parties de l'autre moitié n'arrivât à toucher les autres, le couple perturbateur μ formé par le poids de cette seconde moitié et la réaction de l'eau sur la base du plongeur aurait pour valeur le produit du poids de la moitié du sas par le quart de sa longueur, soit 4 388 tonnes-mètres dans l'exemple déjà choisi du sas du projet de Fives-Lille. Les réactions sur chacun des quatre palins de guidage atteindraient, dans le cas d'une garniture compressible du presse-étoupes, $\frac{\mu}{25} = 274 t$. Dans le cas d'une garniture devenue incompressible, la réaction de la virole de la presse atteindrait $\frac{\mu}{\alpha} = 540 t$ s'il s'agit du dépôt du sas sur les tins ou $\frac{\mu}{\alpha + h} = 151 t$ s'il s'agit de son dépôt sur les verrous. Le moment maximum de flexion de la partie émergée du plongeur serait de $\frac{\mu d}{\alpha} = 561$ tonnes-mètres dans l'hypothèse du dépôt sur les tins et de $\frac{\mu(d+h)}{\alpha+h} = 3262$ tonnes-mètres dans celle du dépôt sur les verrous. — Il n'y a évidemment point de guidage, de virole supérieure de presse ni de plongeur qui puissent résister aux efforts ci-dessus. Sans doute, l'hypothèse faite est très excessive; mais il y a lieu de remarquer

que des efforts dix fois plus petits que ceux qui viennent d'être trouvés (une réaction de la virole supérieure de 51 *t* ou un moment fléchissant du plongeur de 326 tonnes-mètres) seraient encore bien dangereux, et qui oserait garantir un réglage des surfaces d'appui et des tins toujours assez soigné pour qu'il ne pût jamais se développer d'efforts atteignant le dixième de ceux correspondant à cette hypothèse, alors qu'il suffit, pour qu'un couple μ se développe, que l'ensemble des réactions des appuis d'une des moitiés du sas ne soit pas égale à l'ensemble des réactions de ceux de l'autre moitié? Théoriquement, les niveaux des appuis devraient être tels que, lorsque le sas repose sur eux, les flèches qu'avaient prises les différents points de ses poutres sous l'action de la charge fussent annihilées. Or, dans le voisinage du centre, ces flèches étaient fort petites et il suffit d'une bien faible imperfection de réglage pour qu'un appui voisin du centre n'exerce que peu ou point de réaction.

L'imperfection à peu près inévitable du réglage des tins, dont nous venons d'indiquer les conséquences et les dangers en partant de considérations purement théoriques, a été en quelque sorte constatée expérimentalement aux Fontinettes où des tins, cependant très solidement construits, se sont écrasés, parce qu'ils supportaient des charges excessives alors que d'autres ne portaient qu'une faible charge (voir l'étude de MM. Gruson et Barbet sur les moyens de franchir les chutes des canaux, p. 132). Cette imperfection est donc bien réelle dans la pratique et les dangers sur lesquels nous avons cru devoir attirer l'attention ne sont nullement chimériques et de théorie pure.

Pour conjurer le danger d'une imperfection du réglage des tins, on pourrait penser à les réduire à quatre, symétriquement placés par rapport aux deux axes horizontaux du sas et à les constituer par les plongeurs de quatre petites presses hydrauliques identiques en libre communication, dont les réactions seraient nécessairement toujours égales. Mais,

outre que ce serait une complication, nous pensons que le résultat cherché ne serait pas suffisamment atteint et que le danger ne serait souvent que retardé et non supprimé. Le rôle des tins ne doit pas être, en effet, de supporter le sas au bas de sa course à chaque manœuvre. Il vaut bien mieux laisser le sas reposer sur le plongeur de la presse, car ce qui fatigue le métal d'une presse, ce n'est pas tant, d'après les lois bien connues de Wöhler, la permanence d'une tension sensiblement uniforme, que les variations de la tension qui se produisent lorsqu'on la met en service ou qu'on la décharge, en raison des mouvements moléculaires qui se produisent alors à l'intérieur du métal, en sorte que moins souvent la presse sera soumise à des alternatives de mise en pression et de décharge, moins elle fatiguera et plus elle durera. Le rôle des tins de la cale sèche doit donc logiquement se réduire à supporter le sas pendant les interruptions assez longues du service de l'ascenseur, pendant les chômages notamment, afin d'éviter au mécanicien d'avoir constamment à envoyer de l'eau comprimée dans les presses pour réparer les fuites pendant ces interruptions. Il est clair que si on remplace cette sujétion par celle d'envoyer de l'eau comprimée dans les presses des tins, on n'aura rien gagné. Si on s'affranchissait de cette dernière sujétion, on ne ferait d'ailleurs que reporter le danger du moment du dépôt du sas sur les tins au moment où les plongeurs des tins arriveraient à fond de course, par suite des fuites de leurs presses.

Au point de vue du dépôt du sas sur les tins, les seules dispositions qui semblent devoir être recommandées sont les suivantes :

1° N'effectuer ce dépôt que le moins souvent possible, et seulement avant des interruptions de service d'une certaine durée et non pas à chacune des manœuvres, et, dans ce but, établir les tins à quelque distance en contre-bas de la position normale du sas jonctionné avec le bief aval, distance qui ne serait pas franchie dans les manœuvres courantes, mais seulement avant les interruptions de service ;

2° Ainsi qu'on l'a fait d'ailleurs aux Fontinettes et à La Louvière, n'établir de tins que sous les parties extrêmes du sas où les flèches que prennent les poutres sous l'action de la charge sont beaucoup plus sensibles que dans la partie centrale et où par suite la même erreur commise sur le niveau d'un tin n'a qu'une importance beaucoup moindre ;

3° De même également qu'on l'a fait aux Fontinettes après les écrasements de tins ci-dessus relatés, recouvrir les tins d'un tapis élastique en câbles d'aloès, de 0,04 m au moins d'épaisseur ;

4° Enfin, n'effectuer le dépôt d'un sas sur ses tins qu'après avoir fermé la valve de communication de la conduite d'accouplement entre les presses et lui faire franchir la petite course supplémentaire qui le conduit jusqu'aux tins en mettant la presse qui le porte à l'échappement, afin que, si une rupture venait à se produire dans la presse ou dans le plongeur au moment du dépôt, l'autre sas ne fût nullement intéressé. Dans ces conditions, cette rupture ne pourrait produire aucun accident, puisque le seul sas intéressé serait déjà au fond de la cale sèche et en contact avec les tins.

Les conséquences d'une rupture au moment du dépôt du sas au haut de sa course sur des verrous de suspension seraient bien autrement graves. Le moyen le plus radical de les éviter est incontestablement de ne pas établir de verrous de suspension, et c'est là ce qui a été fait dans tous les ascenseurs actuellement en service. Nous ne verrions pas toutefois d'inconvénient à l'établissement de verrous placés à quelque distance en contre-bas de la position du sas jonctionné avec le bief amont. De tels verrous n'auraient plus pour but que d'empêcher la chute du sas dans le cas d'un accident préalable, tel qu'une déchirure de la presse. Ils n'interviendraient plus dans les manœuvres courantes et deviendraient des appareils de sécurité.

On peut donc, par les moyens que nous venons d'indiquer, éviter le danger du dépôt du sas sur les verrous et faire en

sorte qu'une rupture qui se produirait au moment du dépôt sur les tins n'ait aucune autre conséquence fâcheuse que l'interruption du service que nécessiterait la réparation de l'avarie. Il convient maintenant de dire quelques mots des moyens de diminuer les réactions fort importantes qui résultent des quatre premières causes perturbatrices de l'équilibre que nous avons considérées. Il paraît tout d'abord prudent de ne pas manœuvrer les ascenseurs hydrauliques situés en terrain découvert pendant les violentes tempêtes. Mais on ne pourrait éviter les réactions qui résultent de la poussée de l'eau sur la porte fermée du sas jonctionné avec un bief et du refoulement de l'eau devant un bateau entrant dans un sas jonctionné ou en sortant qu'en faisant supporter le sas par des verrous ou par des tins pendant toute la durée de sa jonction avec les biefs, et nous venons de montrer que ce remède serait incomparablement pire que le mal. Il faut donc accepter ces réactions qui se développeront à chaque manœuvre, sauf à calculer les organes de manière à ce qu'ils puissent y résister avec sécurité. Il est bon toutefois de chercher à réduire leur intensité au minimum et de soustraire, si possible, à ces réactions le plongeur et la virole supérieure de la presse.

Tant que le presse-étoupes reste compressible, les réactions n'intéressent que le guidage et on les réduit au minimum en donnant à la quantité δ , distance verticale entre les patins supérieurs et les patins inférieurs de guidage, la plus grande valeur possible.

Lorsque le presse-étoupes est devenu incompressible, c'est à la distance verticale comprise entre ce presse-étoupes et les patins supérieurs qu'il convient de donner la plus grande valeur possible. En inversant la presse et le plongeur, en adoptant un plongeur fixe édifié sur le fond du puits et une presse retournée, mobile avec le sas, on rendrait cette distance constante, en lui conservant, dans toutes les positions du sas, la valeur maxima qu'elle n'atteint dans le système

ordinaire que lorsque le sas est au haut de sa course. On relèverait en même temps le point d'application de la poussée de l'eau sur le système mobile de toute la hauteur de la course et on supprimerait la difficulté relative aux tubulures de pénétration de la conduite d'accouplement dans la presse. Mais, par contre, on ferait travailler la presse à la flexion sur toute sa hauteur au lieu et place de la partie émergée du plongeur et il y aurait à cela un danger de premier ordre, qui doit être considéré comme un vice rédhibitoire. On ne l'éviterait qu'en articulant efficacement le fond de la presse renversée avec le sas ; mais, cette articulation efficace supposée réalisée, les réactions n'intéressaient plus que le guidage et il n'y aurait plus d'intérêt à augmenter la distance verticale du presse-étoupes aux patins supérieurs. Aussi, n'avons-nous pas cru devoir nous arrêter à cette idée de l'inversion de la presse et du plongeur.

Il existe deux moyens de soustraire complètement la virole supérieure de la presse et le plongeur aux réactions résultant des causes perturbatrices de l'équilibre et de reporter à coup sûr ces réactions sur le guidage, dont le rôle est précisément d'y résister. Le premier moyen est de faire en sorte que la garniture étanche de la virole supérieure de la presse ne puisse jamais devenir incompressible. C'est ce qui a été fait à peu près à l'ascenseur des Fontinettes, où on a renoncé au presse-étoupes ordinaire et formé le joint entre la presse et le plongeur par une bague en caoutchouc. Cette disposition serait recommandable si elle ne présentait l'inconvénient assez grave, surtout après quelque temps de service, d'être beaucoup moins étanche qu'un presse-étoupes ordinaire, qu'il est toujours facile de resserrer au fur et à mesure de l'usure.

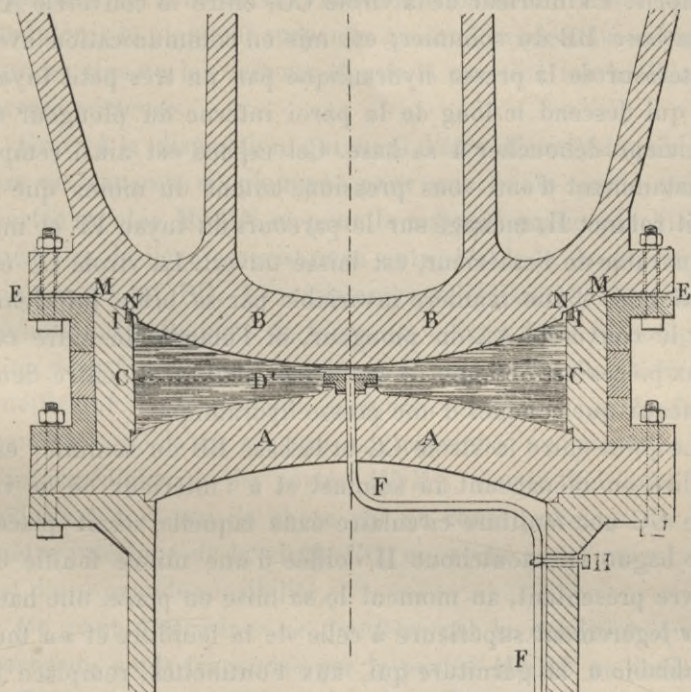
Le second moyen consiste à ménager une articulation efficace entre le plongeur et le sas, au lieu de relier ces deux organes d'une manière rigide.

La Compagnie Fives-Lille a proposé d'établir entre le sas et le plongeur une articulation sèche. Mais celle-ci n'est pas,

à notre avis, suffisamment efficace. Le contact s'opère, en effet, non par un point ni même par une arête, mais bien, et il n'en saurait être autrement en raison de l'énormité de l'effort à transmettre, par des surfaces sphériques concentriques qui s'emboîtent exactement, en sorte que l'articulation ne peut fonctionner par roulement, mais seulement par glissement d'une surface sur l'autre. Dans ces conditions, si l'on appelle P le poids du système mobile, p le poids du plongeur, f le coefficient de frottement de fonte sur fonte au démarrage (lequel ne saurait être inférieur à 0,20), δ' la hauteur comprise entre les patins supérieurs et l'articulation, a la hauteur variable comprise entre ces mêmes patins et le presse-étoupes et s la réaction qu'exerce la virole supérieure de la presse sur le plongeur sous l'action de la cause perturbatrice de l'équilibre, l'articulation ne fonctionnera que si l'on a : $s > \frac{(P - p) f \delta'}{a}$. L'application de cette formule montre que, avant que l'articulation ne fonctionnât, la réaction de la virole pourrait encore atteindre 115 t et le moment fléchissant du plongeur 734 tonnes-mètres, valeurs très supérieures aux réactions et aux moments que peuvent produire les quatre premières causes perturbatrices considérées. Une telle articulation ne pourrait donc que mettre la virole et le plongeur à l'abri d'efforts tout à fait excessifs qui pourraient se développer lors du dépôt du sas sur des verrous ou des tins, dont les niveaux auraient été très mal réglés ; mais elle est impuissante à atténuer les efforts que supportent ces organes sous l'action du vent, de la poussée sur la porte ou du refoulement de l'eau devant un bateau en marche dans le sas. Elle constitue néanmoins une amélioration recommandable par rapport à l'attache rigide : 1° parce qu'elle donne une limite des efforts que la virole et le plongeur pourront être appelés à supporter ; 2° parce que, au moment du dépôt du sas sur les verrous ou les tins, l'articulation devient plus sensible, le sas se trouvant allégé de la partie du poids déjà

supportée par ces verrous ou tins ; 3° parce qu'elle permet au plongeur, toutes les fois que la presse est entièrement déchargée par suite du dépôt du sas sur des appuis fixes, de rectifier sa position par rapport au sas.

Il nous a paru qu'on pouvait réaliser une articulation



Détail de la bague II.



Fig. 1.

hydraulique du sas sur la tête du plongeur, qui fût complètement efficace au moyen du dispositif suivant :

Le couvercle AA du plongeur et la base BB du sommier fixé sous le sas (fig. 1) ne se touchent point et présentent la forme de calottes sphériques tournant leur convexité l'une

vers l'autre. La petite distance verticale ménagée entre leur périmètres est occupée par une virole CC construite avec la plus grande solidité, dans le système de la presse à frettes jointives de la Louvière par exemple, les frettes extrêmes en forme de cornières présentant des brides d'attache. L'espace compris, à l'intérieur de la virole CC, entre le couvercle AA et la base BB du sommier, est mis en communication avec l'intérieur de la presse hydraulique par un très petit tuyau FF qui descend le long de la paroi interne du plongeur et qui vient déboucher à sa base. Cet espace est ainsi rempli constamment d'eau sous pression, autant du moins que le petit robinet H, ménagé sur le parcours du tuyau FF et manœuvrable de l'extérieur, est laissé ouvert. La virole CC est boulonnée d'une manière invariable par sa bride inférieure sur le couvercle AA du plongeur, et l'étanchéité entre ces deux pièces est obtenue de la même manière qu'entre deux anneaux quelconques d'une presse hydraulique.

Le joint entre la virole CC et la base BB du sommier est réalisé en ménageant au sommet et à l'intérieur de la virole CC une feuillure circulaire dans laquelle serait placée une bague en caoutchouc II coiffée d'une mince feuille de cuivre présentant, au moment de sa mise en place, une hauteur légèrement supérieure à celle de la feuillure et en tout semblable à la garniture qui, aux Fontinettes, remplace le presse-étoupes. Lors de l'assemblage, le poids du sas nivellerait cet excès de hauteur en comprimant le caoutchouc, qui s'appliquerait ainsi hermétiquement sur le dessous de la base BB du sommier, et en faisant refluer la matière à l'intérieur de la bague. Lorsque l'eau comprimée serait introduite ensuite à l'intérieur de l'espace AACCB, la pression tendrait à élargir la bague et l'appliquerait fortement sur la paroi externe de la feuillure. On obtiendrait, nous semble-t-il, par ce moyen une parfaite étanchéité, tout en permettant le glissement de la base BB sur le sommet raboté MNMN de la virole et sur la feuille de laiton coiffant la bague en caoutchouc.

Un jeu EE serait d'ailleurs, en vue de ce glissement, ménagé entre les brides de la virole CC et celles de la base BB du sommier. De plus, les boulons, fixés à la bride de la virole, traverseraient les brides de la pièce BB dans des trous agrandis, leur laissant du jeu et leurs écrous seraient tenus desserrés, le rôle de ces boulons n'étant du reste que de maintenir le plongeur suspendu au sas lorsque celui-ci repose sur les tins ou les verrous et que la pression tombe dans la presse porteuse.

Grâce à la disposition qui vient d'être décrite, le poids du sas est transmis au plongeur pour une faible partie par la portée rabotée MNMN et pour la majeure partie par l'intermédiaire de l'eau emprisonnée entre les deux calottes sphériques AA et BB. La résistance au glissement est ainsi réduite au frottement de fonte sur cuivre dû à la compression de la bague en caoutchouc II augmentée du produit du coefficient de frottement de fonte sur fonte par la faible partie du poids du sas qui est transmise au plongeur par l'intermédiaire de la portée MNMN, partie qui peut être réduite à fort peu de chose par un choix judicieux du diamètre intérieur de la virole CC, en sorte que l'articulation est d'une grande sensibilité.

On peut déterminer ce diamètre par la condition que la partie du poids transmise par la portée MNMN ne devienne nulle que pour un abaissement du niveau du plan d'eau dans le sas plus grand que tous ceux qui peuvent se produire dans les manœuvres courantes.

Le calcul, appliqué au projet de Fives-Lille, montre que, tout en permettant un abaissement du plan d'eau dans le sas de 0,70 m, l'articulation hydraulique serait assez sensible pour que la virole supérieure de la presse ne puisse plus être soumise à une réaction de plus de 8 t et pour que le plongeur ne supporte jamais, dans sa partie émergée, de moment de flexion dépassant 53 tonnes-mètres, moment qui ne correspond qu'à un travail supplémentaire du métal de 0,71 kg par

millimètre carré. Tout effort dangereux résultant des causes perturbatrices de l'équilibre serait ainsi écarté.

Cette articulation ne comporte aucune manœuvre spéciale et ne complique pas sensiblement l'appareil. Elle n'y introduit aucun danger nouveau puisque la chambre à eau AACCB supposée vidée, le plongeur redevient un plongeur ordinaire, la portée MNMN devant recevoir une largeur au moins égale à l'épaisseur des parois du plongeur et ayant, par suite, assez d'étendue pour transmettre, au besoin, à elle seule le poids total du sas au plongeur. La seule précaution à prendre serait de fermer le robinet H si l'on voulait vider le sas en maintenant la pression dans la presse.

2° *Emploi des presses multiples.* — M. Barret a fait en 1866 des expériences consistant à soulever une plate-forme solide de 6 m de longueur pesant 20 t au moyen de deux presses hydrauliques semblables communiquant librement entre elles et il a recherché la meilleure position à donner aux presses pour que la marche de leurs plongeurs fût concordante. Il a obtenu une marche parfaitement concordante en plaçant les presses l'une contre l'autre sous le milieu de la plate-forme, tandis qu'il n'est jamais parvenu à empêcher le plongeur de l'une des presses de prendre une avance sensible sur l'autre lorsqu'il a éloigné symétriquement les presses du centre. Cette avance eût été, fait-il remarquer, bien autrement grande si, au lieu de soulever une plate-forme solide, il avait voulu soulever un bac rempli d'eau, car l'eau se serait alors portée du côté le plus déprimé et eût augmenté la charge du plongeur en retard en soulageant l'autre d'autant, ce qui eût singulièrement aggravé le mal.

Le raisonnement rend facilement compte des résultats de ces expériences. Les sections des plongeurs, les fuites des garnitures et surtout l'intensité du serrage des presse-étoupes diffèrent nécessairement d'une presse à l'autre et l'un des plongeurs tend toujours à prendre une avance. Soient P le

pois de la plate-forme solide, a la distance d'axe en axe des deux plongeurs, b la largeur de la tête de chaque plongeur. Si la plate-forme est parfaitement rigide et indéformable et si, dans le mouvement ascendant par exemple, le plongeur A est en avance sur le plongeur B, la plate-forme, repose sur le plongeur A par son arête intérieure et sur le plongeur B par son arête extérieure, en sorte que le plongeur A porte $\frac{P}{2} \left(1 + \frac{b}{a}\right)$ et que le plongeur B porte $\frac{P}{2} \left(1 - \frac{b}{a}\right)$. La différence des charges des deux plongeurs est donc $\frac{Pb}{a}$. — Elle est d'autant plus

grande que a est plus petit. — Lorsque a est très petit, la différence des charges dépasse nécessairement la différence entre les forces ascensionnelles des plongeurs et ceux-ci sont obligés de marcher de concert; mais il peut en être autrement lorsque a est grand. Si le corps à soulever repose sur les têtes des plongeurs par un chevêtre élastique de moment d'inertie I et de coefficient d'élasticité E , fortement boulonné sur toute la largeur des têtes et pouvant être considéré comme encastré sur elles, la relation entre l'avance x du plongeur A sur le plongeur B et l'excès Δ de la force ascensionnelle du premier plongeur sur celle du second est : $x = \frac{(a-b)^3 \Delta}{24 EI}$, for-

mule qui montre que lorsque les têtes des deux plongeurs se touchent ($a = b$), leur marche est nécessairement concordante; mais que, dès qu'elles ne se touchent plus, il s'établit nécessairement une dénivellation qui est proportionnelle à la fois à la différence entre les forces ascensionnelles et au cube de l'écartement des arêtes intérieures des têtes des plongeurs.

Le raisonnement qui précède suppose que les plongeurs se meuvent rigoureusement suivant la verticale. Mais, dans les ascenseurs, leur position n'est invariablement guidée qu'au niveau des presse-étoupes. Sous l'influence d'une différence entre les forces ascensionnelles, un sas porté par deux plongeurs effectuera donc tout d'abord autour d'un point situé au

niveau des presse-étoupes la petite rotation que lui permet le jeu du guidage. Le système mobile se trouvera alors coincé entre les presse-étoupes et le guidage et ce n'est qu'à ce moment qu'entrera en jeu la résistance à la flexion du chevre pour limiter à la quantité x ci-dessus calculée l'accroissement de la dénivellation qui pourra encore se produire après que le sas aura pris contact avec le guidage.

Le coincement du système mobile entraîne naturellement le développement de réactions horizontales du guidage sur le sas et des viroles supérieures des presses sur les plongeurs, absolument comme les causes perturbatrices de l'équilibre précédemment étudiées. C'est un inconvénient nouveau inhérent à l'emploi de presses multiples. On est donc amené à conclure avec MM. Bertin, Barret, Gruson et Barbet que, toutes les fois qu'une seule presse hydraulique peut suffire, il ne faut pas en mettre deux, et de plus, avec les deux premiers, que si l'on avait à porter des systèmes mobiles tellement lourds que l'adoption d'une seule presse fût totalement inadmissible, on devrait rassembler toutes les presses sous le centre du sas en mettant en contact les têtes de tous les plongeurs par leurs arêtes intérieures.

Les réflexions qui précèdent s'appliquent à un sas porté par les plongeurs de presses hydrauliques placées sous lui. Nous avons dit que MM. Clark, Standfield et Clark ont émis une idée toute différente, celle de suspendre le sas à un chevre supérieur encastré à ses deux extrémités sur les têtes des plongeurs de deux presses latérales au sas. Cette disposition présente tout d'abord l'inconvénient de diminuer très notablement la distance verticale entre le niveau des presse-étoupes et celui des patins de guidage qui en sont le plus éloignés, quantité qui entre en dénominateur dans les expressions des réactions résultant des causes perturbatrices de l'équilibre du système mobile. C'est ainsi que ces réactions sont, dans les projets de MM. Clark, Standfield et Clark, 2,30 ou 1,83 fois plus grandes que dans les projets de Fives-Lille,

le premier coefficient s'appliquant au sas en mouvement et le second au sas jonctionné avec les biefs. Cet inconvénient s'aggrave encore de ce qu'il convient d'ajouter ici une nouvelle source permanente de réactions horizontales, le coincement entre les presse-étoupes et le guidage résultant de l'inégalité inévitable de la marche des plongeurs, réactions dont l'intensité sera assez grande puisque la distance $a-b$ entre les arêtes intérieures des têtes des plongeurs atteint 7,12 m , et aussi de ce qu'il sera à peu près impossible de soustraire les presse-étoupes à l'action des réactions horizontales puisqu'ils se trouvent à un niveau intermédiaire entre les patins supérieurs et les patins inférieurs de guidage, et que, dans ces conditions, les garnitures devraient, pour que les guidages résistassent seuls aux efforts horizontaux, présenter une compressibilité telle qu'on ne saurait la réaliser pratiquement. A cet inconvénient très grave, il convient d'ajouter l'augmentation des chances d'accident tant en raison du doublement du nombre des presses et des garnitures que de la large conduite de libre communication qui doit réunir les presses en y pénétrant par des tubulures de forte section, l'augmentation des dépenses résultant du doublement du nombre des presses et des puits, la moindre profondeur des puits étant bien loin de compenser, au point de vue de la dépense, le doublement de leur nombre, la plus grande difficulté d'accès des presse-étoupes qui sont surélevés à une grande hauteur au-dessus du radier de la cale sèche, etc. A tous ces inconvénients, MM. Clark, Standfield et Clark opposent l'avantage d'une moins grande instabilité du système mobile résultant du relèvement de 7,25 m des presse-étoupes des presses. Il est facile de voir que cet avantage est complètement illusoire. Pour s'en rendre compte, il suffit d'examiner successivement la stabilité (ou instabilité) de l'équilibre dans le sens longitudinal et dans le sens transversal du sas.

a) *Sens longitudinal.* — Considérons un sas d'ascenseur pesant P, y compris le poids du plongeur, et supposons qu'il se soit légèrement incliné dans le sens longitudinal de telle sorte qu'il y ait une dénivellation x entre ses extrémités, Soient L sa longueur comptée à l'intérieur des bordés des portes, et l sa largeur entre bordés; soient G le centre de gravité du système mobile et g sa distance verticale au niveau du presse-étoupes, g étant positif lorsque le point G est,

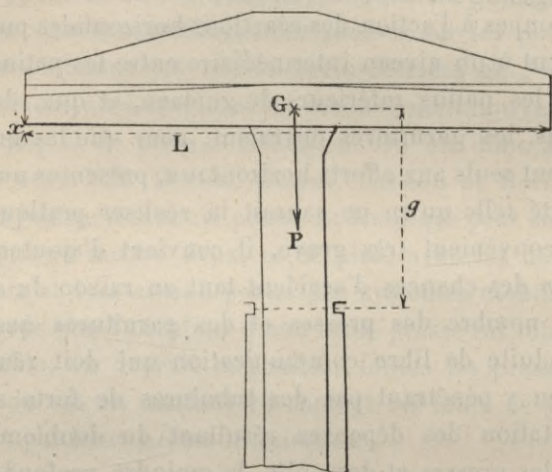


Fig. 2.

comme dans la figure 2, au-dessus du presse-étoupes. Si le système mobile était indéformable, le centre de gravité G se serait, sous l'influence de la dénivellation x , déplacé horizontalement de $\frac{gx}{L}$ en se rapprochant, si g est positif, de l'extrémité déprimée du sas. Mais ce système n'est pas indéformable; le plan d'eau dans le sas est demeuré horizontal, nonobstant l'inclinaison, en sorte qu'un prisme triangulaire d'eau, dont le volume et le poids sont représentés par $\frac{1}{2} \frac{L}{2} \frac{lx}{2}$ ou $\frac{1}{8} L lx$, s'est écoulé de la moitié surélevée du sas dans la moitié déprimée; dans ce mouvement, le

centre de gravité de ce prisme d'eau s'est déplacé horizontalement vers l'extrémité déprimée du sas de $\frac{2}{3} L$. — Il y a donc eu, par rapport au sas, un mouvement relatif du centre de gravité G de l'ensemble du système mobile, qui s'est transporté vers l'extrémité déprimée de la quantité

$$\frac{\frac{1}{8} Llx \times \frac{2}{3} L}{P} \quad \text{ou} \quad \frac{L^2lx}{12P}.$$

Le mouvement absolu du total du centre de gravité G vers l'extrémité déprimée est donc :

$$k = \frac{gx}{L} + \frac{L^2lx}{12P} = \left(\frac{L^2l}{12P} + \frac{g}{L} \right) x.$$

Le premier terme du multiplicateur de x est toujours positif; le second est de même signe que g ; mais nous allons voir, en mettant la formule en nombres, que la valeur absolue de ce second terme est toujours très inférieure à celle du premier, en sorte que le multiplicateur est toujours positif, que k est toujours de même signe que x , que le centre de gravité se porte toujours vers le côté du sas qui s'abaisse; en un mot, que l'équilibre est toujours instable dans le sens longitudinal. En mettant cette formule en nombres, nous verrons de plus dans quelle mesure le relèvement de 7,25 m des presses a diminué cette instabilité.

Nous ferons $P = 816,181 t$, poids des plongeurs et du sas du projet n° 6 lorsqu'il renferme l'eau du compensateur, comme cela a lieu, lorsqu'il est au bas de sa course et que la surcharge motrice a été évacuée dans le bief aval.

Nous avons d'ailleurs dans ce projet $L = 40,68 m$ et $l = 5,80 m$. Nous donnerons à g successivement quatre valeurs: les deux premières g_1 et g_2 correspondant au sas en haut de sa course et les deux dernières g_3 et g_4 au sas en bas de sa course; de plus, g_1 et g_3 s'appliqueront à un sas à plongeur unique placé sous son centre, tandis que g_2 et g_4 , inférieurs respectivement de 7,25 m à g_1 et à g_3 , s'appliqueront au sas du projet

n° 6 suspendu aux têtes de deux plongeurs latéraux. Nous aurons : $g_1 = 24,75 m$, $g_2 = 17,50 m$, $g_3 = 4,25 m$ et $g_4 = 3 m$. Les valeurs correspondantes de k seront :

$$k_1 = (0,980 + 0,608) x = 1,588 x, \quad k_2 = (0,980 + 0,430) x = 1,410 x,$$

$$k_3 = (0,980 + 0,104) x = 1,084 x, \quad k_4 = (0,980 - 0,074) x = 0,906 x.$$

Ces résultats montrent que l'équilibre est toujours instable, même au bas de la course du sas. La diminution de l'instabilité, obtenue par le relèvement de $7,25 m$ des presses, est en

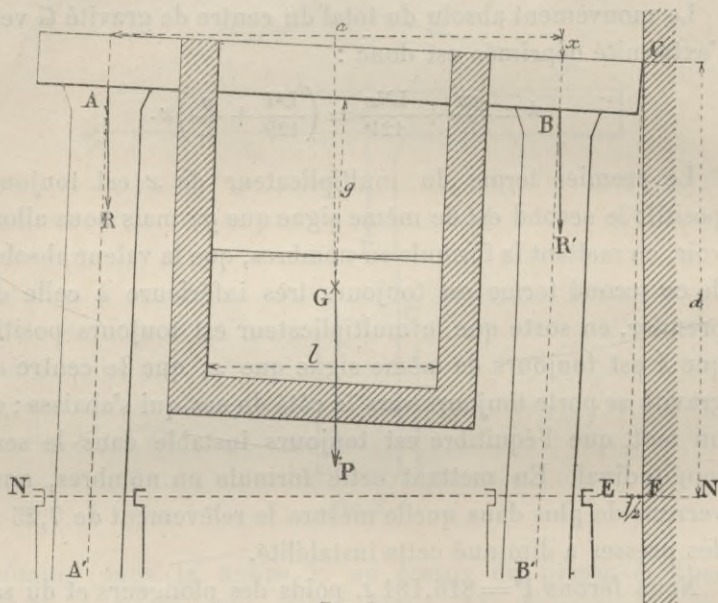


Fig. 3.

quelque sorte mesurée en haut de la course par le rapport $\frac{k_2}{k_1} = 0,888$, en bas de la course par le rapport $\frac{k_4}{k_3} = 0,836$ et en moyenne par $\frac{1}{2} \left(\frac{k_2}{k_1} + \frac{k_4}{k_3} \right) = 0,862$.

b). *Sens transversal.* — Considérons maintenant une légère inclinaison dans le sens transversal du sas du projet n° 6 suspendu à un chevêtre encasté sur les têtes de deux plongeurs latéraux au sas. Soient : AB (fig. 3) le dessous du chevêtre,

AA' et BB' les axes des deux plongeurs, a la distance entre ces axes, g la distance verticale entre le centre de gravité G du système mobile et le dessous du chevêtre, x le retard du plongeur BB' sur le plongeur AA', d la distance verticale entre le niveau NN des presse-étoupes et le patin de guidage C le plus éloigné de ce niveau, j le jeu laissé par les guidages dans le sens transversal, P le poids du système mobile, R et R' les composantes de ce poids transmises aux plongeurs AA et BB', Δ la différence R — R', enfin l et L la largeur et la longueur du sas mesurées comme précédemment.

Si le système mobile était indéformable, son centre de gravité G, sous l'action de la dénivellation x entre les plongeurs, se reporterait vers le plongeur en avance AA' de la quantité $\frac{gx}{a}$.

Mais le plan d'eau dans le sas étant demeuré horizontal, un prisme triangulaire d'eau $\frac{1}{2} \frac{l}{2} L \frac{lx}{2a}$ ou $\frac{1}{8} \frac{Ll^2x}{a}$ s'est écoulé de la moitié du sas contiguë au plongeur AA' dans la moitié contiguë au plongeur BB' et son centre de gravité s'est reporté de $\frac{2}{3} l$ vers ce dernier plongeur, en sorte que le centre de gravité G du système mobile a subi vers le plongeur BB' un déplacement relatif égal à

$\frac{1}{8} \frac{Ll^2x}{a} \times \frac{2}{3} l$ ou $\frac{Ll^3x}{12Pa}$. Le mouvement

absolu k du centre de gravité G vers le plongeur en avance AA' n'est égal qu'à l'excès du déplacement absolu, le système supposé invariable, sur le déplacement relatif et l'on a :

$$k = \frac{gx}{a} - \frac{Ll^3x}{12Pa} = \left(g - \frac{Ll^3}{12P} \right) \frac{x}{a}.$$

La distance horizontale du point A à la force P est $\frac{a}{2} - k$ et la distance horizontale du point B à cette même force est $\frac{a}{2} + k$.

On a donc pour les valeurs des composantes R et R' et pour leur différence Δ :

$$R = \frac{P}{a} \left(\frac{a}{2} + k \right), \quad R' = \frac{P}{a} \left(\frac{a}{2} - k \right), \quad \Delta = \frac{2Pk}{a} = \left(2Pg - \frac{Ll^3}{6} \right) \frac{x}{a^2}.$$

L'inclinaison du sas est limitée par le jeu transversal laissé par les guidages. Si l'on observe que l'on a $EF = \frac{j}{2}$, la figure 3 ci-dessus montre que le maximum de x sera donné par la relation $x = \frac{aj}{2d}$.

Nous ferons $P = 751,25$ t, poids des plongeurs et du sas du projet n° 6 lorsqu'il ne renferme ni la surcharge motrice ni l'eau du compensateur, comme cela arrive au moment où le sas parvient en haut de sa course. Nous avons d'ailleurs, dans ce projet, $a = 8,92$ m, $L = 40,68$ m, $l = 5,80$ m, $g = 4,77$ m, $j = 0,005$ m. Quant à la quantité d , distance verticale entre le niveau des presse-étoupes et celui des patins les plus éloignés de ce niveau, elle varie entre un minimum de 3,735 m lorsque le sas est à 0,965 m au-dessus de sa position inférieure et un maximum de 23,27 m lorsqu'il est en haut de sa course.

En mettant en nombres les formules ci-dessus, on trouve :

$$\begin{aligned} &\text{pour } d = 3,735 \text{ m, } x = 0,00597 \text{ m et } \Delta = 0,438 \text{ t,} \\ &\text{et pour } d = 23,27 \text{ m, } x = 0,00096 \text{ m et } \Delta = 0,070 \text{ t.} \end{aligned}$$

Ainsi, dans le sens transversal, l'équilibre est théoriquement stable, comme l'avait d'ailleurs montré M. Le Chatelier dans le n° 18 du premier semestre de l'année 1885 des *Annales des Ponts et Chaussées*; mais il ne l'est que fort peu, puisque l'inclinaison maxima que permet au sas le jeu des guidages n'a pour conséquence que de produire un excès de la charge du plongeur en avance sur celle du plongeur en retard variable, suivant la période de la course considérée, entre 70 et 438 kg.

Ce léger excès est très insuffisant pour compenser la diffé-

rence qui existe généralement entre les forces ascensionnelles des deux plongeurs.

Cette dernière différence atteint, en effet, 626 *kg* pour une différence à peu près inévitable de 1 *mm* seulement dans les diamètres des plongeurs et 939 *kg* pour une différence très courante d'un cinquième seulement dans le serrage des presse-étoupes. Le coincement du système mobile entre les presse-étoupes et le guidage ne sera donc pas évité, en sorte que la suspension à un chevêtre supérieur porté par les plongeurs de deux presses latérales introduit à la fois une tendance au déversement transversal du sas et au coincement du système mobile et une faible stabilité de l'équilibre transversal, si faible qu'elle est très inférieure à la tendance au déversement et au coincement, en sorte que, au point de vue de l'équilibre dans le sens transversal, un ascenseur de ce système est bien loin de valoir un ascenseur à presse centrale unique ou même à presses multiples groupées sous le centre du sas et aussi rapprochées que possible les unes des autres. Tout compte fait, le seul avantage de ce mode de suspension du sas est de diminuer dans le rapport de 1 à 0,862 l'instabilité dans le sens longitudinal. C'est un bien mince avantage en face des nombreux inconvénients que nous avons eu à énumérer : augmentation des dépenses et des chances d'accident, complication de l'appareil, difficultés d'accès aux garnitures, coincement du système mobile dans le sens transversal et surtout augmentation considérable des réactions résultant des forces perturbatrices de l'équilibre et impossibilité à peu près absolue de soustraire les viroles supérieures des presses à ces réactions. On comprend donc que les Ingénieurs et la Commission n'aient pas hésité à classer les projets d'ascenseurs à presse unique par sas avant ceux n^{os} 6 et 7 de MM. Clark, Standfield et Clark.

3° *Mode de construction et sécurité des presses.* — a) *Nature du métal, forme et dimensions de la presse.* — Les nombreux

essais faits avant la construction de l'ascenseur des Fontinettes ont montré l'impossibilité de construire des presses hydrauliques suffisamment résistantes, de la dimension qu'exigent les ascenseurs pour bateaux de 300 t, soit en fonte non frettée, soit en acier coulé, soit en tôles de fer ou d'acier doux soudées. Aucune des presses indiquées aux projets du concours n'est donc réalisable dans l'état actuel de l'industrie métallurgique et jusqu'ici les deux seuls modes de construction reconnus possibles pour des presses de cette dimension sont ceux, d'ailleurs très différents l'un de l'autre, qui ont été adoptés aux Fontinettes et à la Louvière. La presse des Fontinettes est formée de bagues superposées en acier laminé sans soudure de 2,06 m de diamètre intérieur, 0,14 m de hauteur et 0,055 m d'épaisseur, emboîtées sur 0,005 m de hauteur et sur la moitié de leur épaisseur et tapissées intérieurement d'une chemise étanche en feuilles de cuivre de 0,0025 m d'épaisseur. La résistance de l'acier des bagues à la tension dépasse douze fois la tension théorique du métal en service. La presse toute montée a été essayée au double de la pression de service. Un tronçon formé de douze bagues a été essayé à un peu plus de 6 fois 1/2 la pression de service. Mais, en raison des difficultés des essais, des expériences semblables n'ont pas été répétées sur les autres séries de bagues et aucun essai à outrance jusqu'à rupture n'a été fait.

La presse de la Louvière est formée de viroles en fonte de 2,06 m de diamètre intérieur, 2 m de hauteur et 0,10 m d'épaisseur recouvertes extérieurement de frettes jointives en acier de 0,152 m de hauteur et de 0,05 m d'épaisseur posées avec un embattage de 0,00055 m. Les viroles sont séparées les unes des autres par de minces feuilles de plomb fortement comprimées par le serrage des boulons d'assemblage des frettes extrêmes de chaque virole, qui reçoivent un profil de cornière. Toutes les viroles ont été essayées avant et après frettage sous des pressions respectives de 1,2 et de 2,4 fois la pression de service. En outre, une virole non frettée et une virole fret-

tée ont été sacrifiées et essayées à outrance jusqu'à rupture. La première a supporté 4,5 et la seconde 7,8 fois la pression de service. Dans la virole frettée, la fonte seule s'est déchirée suivant une génératrice, les frettes étant restées intactes, et il ne s'est produit qu'une fuite insignifiante qui n'aurait amené en service aucune chute brusque du sas.

Les deux modes de construction paraissent donc très satisfaisants au point de vue de la résistance à la pression intérieure de l'eau. Ils présentent même tous deux à ce point de vue un véritable surcroît de résistance qui permettrait de faire travailler des presses sous les pressions de régime plus élevées. Il semble qu'il n'y aurait aucune imprudence à soumettre une presse comme celle de la Louvière à une pression de régime de 52 *kg* par centimètre carré, qui serait encore 5,1 fois plus petite que la pression qui a amené la déchirure de la virole frettée essayée à outrance. Cette pression de 52 *kg* par centimètre carré est précisément celle dont la C^{ie} de Fives-Lille a, en dernier lieu, proposé l'adoption, lorsqu'elle a porté de 1,20 *m* à 1,40 *m* le diamètre du plongeur. Mais la presse n'est pas seule à considérer. Il convient de ne pas perdre de vue que le plongeur est fréquemment appelé à résister à la flexion dans sa partie émergée et, à ce point de vue, un plongeur de 1,40 *m* de diamètre nous paraît trop faible. Nous pensons qu'une excellente solution pour les ascenseurs admettant les bateaux de 300 *t*, solution qui ferait dans la mesure la plus convenable la part des différentes conditions du problème, dont quelques-unes sont contradictoires, notamment celles que le plongeur ait un diamètre assez fort pour bien résister à la flexion et assez modéré pour qu'on pût se dispenser de la complication des appareils compensateurs, consisterait à adopter un plongeur de 1,60 *m* de diamètre correspondant à une pression de régime de 40 *kg* par centimètre carré, pression qui est précisément celle qu'a proposée M. Hoppe, de Berlin, dans son projet de grand ascenseur pour bateaux de 1 000 *t*. Une telle pression laisse d'ailleurs une

énorme marge à la sécurité puisqu'elle est 6,6 fois plus petite que la pression de rupture de la virole de la Louvière, alors que Wöhler estime que, dans les ouvrages métalliques soumis à un effort constant, la sécurité est absolue dès que l'effort de rupture dépasse 3,6 fois l'effort de régime.

Le système de la presse des Fontinettes est théoriquement plus logique que celui de la presse de la Louvière, qui se compose en quelque sorte de deux presses emboîtées l'une dans l'autre et constituées par deux métaux différents. Mais, en regard de cet avantage, on peut reprocher à la presse des Fontinettes de ne permettre ni l'adoption d'un presse-étoupe ordinaire, ni la tubulure de pénétration de la conduite d'accouplement dans la partie supérieure de la presse, ni l'établissement d'un tampon d'inertie au fond de la presse, de supporter des essais de résistance sous pression tellement longs, difficiles et pénibles qu'on a été obligé de renoncer à essayer toutes les bagues, et enfin de manquer absolument de rigidité dans le sens vertical. Le manque de rigidité dans le sens vertical conduit à établir de nombreux étages de contreventements de la presse contre le cuvelage, alors qu'il serait désirable que la virole supérieure seule fût contreventée.

b). *Mode de pénétration dans la presse de la conduite d'accouplement.* — Aux Fontinettes, cette pénétration se fait par le fond de la presse et ne diminue, par suite, nullement la résistance de celle-ci. Mais ce système, outre qu'il rend impossible l'établissement d'un tampon d'inertie au fond de la presse, augmente dans une proportion considérable la longueur de la conduite d'accouplement, ainsi que les pertes de charge de l'eau qui la traverse. Il comporte de nombreux coudes de la conduite et en dissimule aux regards et à la surveillance la plus grande partie.

M. Clark avait, on se le rappelle, conseillé, à la suite de l'accident d'Anderton, de diviser la conduite à ses extrémités en une grappe de petites conduites pénétrant chacune dans la

presse par une très petite ouverture. A l'ascenseur de la Louvière, on a poussé cette idée beaucoup plus loin. La conduite débouche dans un tuyau de 0,25 *m* de diamètre en forme de tore (collecteur-distributeur Cockerill) qui embrasse complètement la presse et communique avec elle par 36 petits canaux uniformément répartis sur sa circonférence. Ces pénétrations n'affaiblissent nullement la presse, car elles sont établies entre la petite virole supérieure, de 0,30 *m* de hauteur seulement, qui reçoit le presse-étoupes et la virole courante immédiatement inférieure, lesquelles, au lieu de se toucher, sont séparées par un intervalle de 0,09 de hauteur. Les frettes cornières de ces deux viroles sont réunies par 36 forts boulons qui traversent les cloisons du collecteur séparant les uns des autres les canaux distributeurs. La conduite d'accouplement très courte est rectiligne et composée de trois parties : au milieu, la chapelle de la valve d'intercommunication faisant corps avec deux amorces de tuyau contenant les tubulures de communication avec l'accumulateur et les valves-papillons automobiles ; de chaque côté, deux tuyaux tronconiques évasés du côté de la chapelle et que la pression de l'eau applique, par suite, sur les collecteurs. Ces tuyaux, en acier coulé, forés après coup, sont terminés à leurs deux extrémités par des brides, mais le joint du côté de la chapelle centrale est seul boulonné ; de plus, cette chapelle seule repose sur une fondation, les tuyaux latéraux étant libres. Cette disposition se prêterait parfaitement à un léger tassement des presses, sans que leurs viroles supérieures pussent jamais être suspendues à la conduite d'accouplement, ainsi que cela s'était produit à Anderton. Elle paraît particulièrement recommandable.

En décrivant les projets n^{os} 3 et 4 de la C^{ie} Fives-Lille, nous avons attiré l'attention sur les étranglements que cette Compagnie propose d'établir aux extrémités des conduites ; ils n'augmentent les pertes de charge et la durée des manœuvres que dans une proportion insignifiante, tandis qu'ils réduisent dans une énorme proportion la vitesse de chute du

sas en cas de rupture de la conduite d'accouplement. Ils peuvent d'ailleurs être adoptés, quel que soit le mode de pénétration dans les presses, et il convient de recommander de fixer le diamètre des étranglements au dixième de celui du plongeur ou, plus généralement, que la pénétration soit unique ou multiple, de fixer sa section au centième de la section droite du plongeur. Dans ces conditions, en cas de rupture de la conduite d'accouplement, le sas ne tomberait qu'avec une vitesse inférieure à 0,50 *m* par seconde (0,48 *m* pour une pression de 40 *kg* dans la presse).

Dans les projets à deux presses par sas, la communication entre les presses d'un même sas doit être large et facile pour faciliter la concordance de la marche des plongeurs. Il est donc impossible d'établir des étranglements aux points de pénétration dans les presses, et c'est encore là un inconvénient grave des presses multiples à ajouter à tous ceux précédemment signalés.

c). *Tampon d'inertie*. — Le tampon d'inertie, appareil ayant pour but d'étrangler progressivement la section par laquelle l'eau s'échappe du fond de la presse pour faire place au plongeur descendant, est un organe de sécurité d'une grande puissance permettant d'amortir la vitesse de chute du sas et du plongeur en cas d'accident. — Il paraît indispensable de le prévoir dans les ascenseurs hydrauliques à un seul sas par chute, à cause des dangers de la rupture de la conduite d'accouplement qui, en raison de sa grande longueur, ne peut être, sans une dépense absolument inacceptable, établie avec la même marge de sécurité que les presses elles-mêmes. Dans les ascenseurs à deux sas par chute, où cette conduite très courte peut être établie dans des conditions de sécurité égales à celles des presses, par exemple en la constituant, comme à la Louvière, avec de véritables canons en acier coulé, forés après coulage, l'introduction de tampons d'inertie au fond des presses ne paraît pas être non plus une précaution qu'il

convienne de dédaigner dans les ouvrages futurs, à cause des dangers qui peuvent résulter des actions des forces perturbatrices de l'équilibre sur la virole supérieure de la presse.

La place nous manque pour reproduire ici les calculs longs et complexes de la théorie du tampon d'inertie, ainsi que ceux qui déterminent les équations des génératrices d'un tampon satisfaisant à la condition que l'excès de la pression de l'eau sous le plongeur demeure constant pendant tout le temps que le plongeur s'enfonce dans le tampon. Nous ne pouvons que renvoyer à la brochure de calculs qui accompagne notre rapport complet et nous devons nous borner à en énoncer ici les principaux résultats : la vitesse du plongeur, quand il arrive au fond d'un tampon efficace, ne peut jamais être nulle et elle est sensiblement la même, quelle que soit la vitesse de chute avec laquelle il l'a abordé ; l'excès de la pression de l'eau sous le plongeur pendant qu'il traverse le tampon est très faible et, dans un ascenseur de 20,50 *m*, la pression totale sous le plongeur engagé dans le tampon ne dépasse pas la pression à laquelle est soumise l'eau au fond de la presse lorsque le plongeur est en haut de sa course et en vue de laquelle la résistance de la presse est calculée ; il n'est nullement nécessaire que le tampon ait une grande hauteur ; une hauteur de 0,35 *m* à 0,40 *m* est très suffisante ; l'allongement de la durée de la manœuvre courante causé par la traversée du tampon par le pied du plongeur est négligeable (3 secondes au plus) ; enfin, pour qu'un tampon soit efficace, la section libre pour l'échappement de l'eau du dessous du plongeur lorsqu'il atteint la base du tampon doit être extrêmement petite. Ainsi, dans un ascenseur de 20,50 *m* de chute dont le plongeur aurait 1,60 *m* de diamètre, cette section devrait être seulement de 0,001340 *m*² pour que la vitesse de chute du plongeur, à la fin de la traversée du tampon, fût réduite à 0,04 *m*, le tampon ayant 0,40 *m* de hauteur et la pression de l'eau sous le plongeur n'étant que de 39,5 *kg* par centimètre carré (alors qu'elle atteint 40 *kg* lorsque le plongeur est au

haut de sa course). Pour réaliser une aussi faible section d'écoulement (une section de $0,001340 m^2$ ne représenterait, autour d'une circonférence de $1,60 m$ de diamètre, qu'un anneau de $0,000266$ de largeur), il est à peu près indispensable de recourir aux cannelures, comme l'a proposé la C^{ie} Fives-Lille, en renonçant, tout au moins dans la partie inférieure du tampon, à la forme tronconique préconisée par M. Barret. La meilleure solution consisterait, à notre avis, dans un système mixte : des cannelures régneraient sur toute la hauteur du tampon et un évasement en tronc de cône à génératrice curviligne serait, en outre, ménagé à la partie supérieure où la section d'écoulement doit être beaucoup plus grande qu'à la base. La pénétration du plongeur dans le tampon serait ainsi facilitée et l'écoulement de l'eau ne pourrait plus s'effectuer que par les cannelures lorsque le plongeur aurait atteint la partie inférieure du tampon, qui ne lui laisserait plus aucun jeu annulaire. Nous avons, dans notre brochure de calculs, donné les formules qui permettent de calculer rapidement la génératrice de l'évasement en surface de révolution de la partie supérieure et les courbes des largeurs et des profondeurs des cannelures d'un tampon de cette espèce.

Deux difficultés d'ordre pratique sont encore à examiner : 1° il n'est pas possible de guider ainsi un plongeur sans jeu aucun à sa base par le tampon d'inertie et à son sommet par le presse-étoupes, car, non seulement le guidage fixe ne fonctionnerait plus et toutes les réactions dues aux forces perturbatrices de l'équilibre seraient supportées par la presse, mais il est pratiquement irréalisable de dresser le guidage fixe avec une précision telle qu'il soit en concordance parfaite avec l'axe mathématique de la presse ; 2° le moindre grain de sable en suspension dans l'eau qui serait coincé entre le tampon et le plongeur creuserait les stries qui auraient bien vite accru la section si petite ménagée pour l'échappement de l'eau du dessous du plongeur.

Il est très facile de répondre d'une manière absolument

complète à la première difficulté : il suffit que le tampon ne fasse pas corps avec la partie inférieure du pot de presse ; qu'il soit constitué par un tube posé sur le fond plat de la presse et laissé libre de s'y déplacer. Ce tube, qui n'aura jamais à supporter que des différences de pression d'environ 2 *kg* par centimètre carré entre sa surface interne et sa surface externe, pourra n'avoir qu'une faible épaisseur et se logera facilement dans le jeu ménagé entre le plongeur et la presse, dont le profil courant sera conservé jusqu'en bas. Le plongeur, dont la base est en forme d'hémisphère ou de calotte sphérique, s'engagera progressivement dans le tube-tampon et le déplacera à sa convenance en le faisant glisser sur le fond plat de la presse. Une seule précaution sera nécessaire, ce sera d'établir à l'intérieur de la presse, au-dessus du bord supérieur du tube, trois ou quatre goujons en saillie pour empêcher que le tube, qui aurait été emboîté par le plongeur dans son mouvement descendant, ne fût emporté par lui dans son mouvement ascendant suivant.

Quant à la seconde difficulté, elle peut se résoudre de deux manières, soit en entourant la base de la partie cylindrique du plongeur d'une bague élastique en caoutchouc ou en cuir fixée dans une alvéole annulaire *ad hoc*, faisant une légère saillie sur la surface externe du plongeur et s'engageant exactement dans la partie inférieure du tampon, bague qui balayerait devant elle les grains de sable ; — soit préférentiellement en n'admettant dans les presses, la conduite d'accouplement, les tuyauteries et l'accumulateur que de l'eau préalablement filtrée. — MM. Grison et Barbet considèrent d'ailleurs qu'il sera indispensable, dans les ascenseurs futurs, de n'employer que de l'eau filtrée (voir leur étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux, page 187), afin d'éviter le striage des valves et l'usure rapide des garnitures par les grains de sable en suspension dans l'eau ordinaire. Dès lors, le striage du tampon d'inertie ne serait plus à redouter.

Le tampon d'inertie formé par un tube mobile simplement posé sur le fond plat de la presse, paraît constituer un appareil de sécurité éminemment efficace, simple et pratique et n'entraînant aucune dépense appréciable. Il serait à désirer qu'on expérimentât ce petit appareil en l'introduisant dans une presse d'un des nombreux accumulateurs en service dans les ports de mer. Quelques expériences aideraient beaucoup à préciser les meilleures formes et dispositions de détail qu'il convient de lui donner.

4° *Mouvements des sas jonctionnés avec les biefs.* — A l'ascenseur des Fontinettes, les sas subissent des mouvements nombreux de montée et de descente pendant qu'ils sont jonctionnés avec l'un ou l'autre des biefs, tant en raison des fuites des presses et de la conduite d'accouplement que de la manœuvre des portes levantes, de l'introduction de la surcharge motrice dans le sas au haut de sa course et de la chasse donnée pour faciliter l'entrée du bateau avalant dans ce sas.

Les pertes sont très variables suivant l'état des garnitures et de la valve d'intercommunication. Tantôt elles ont été assez faibles pour que le sas supérieur ne s'abaisse que de 0,001 *m* par minute, tantôt assez fortes pour qu'il s'abaisse de 0,06 *m* par minute, auquel cas on ne pouvait plus parvenir que bien juste à le soutenir par un envoi constant d'eau de l'accumulateur ; cet abaissement est, dans l'état moyen le plus ordinaire des garnitures, de 0,011 *m* par minute.

Les portes sont à guillotine et les chaînes de manœuvre ne s'attachent qu'aux portes terminant les biefs fixes, celles des sas mobiles ne pouvant être manœuvrées qu'en étant suspendues aux premières et entraînées par elles. Mais on a commis la faute d'équilibrer par des contrepoids la totalité du poids des deux portes. Il en résulte que les choses doivent être organisées de façon que lorsqu'on baisse les portes, ce soit la porte du bief qui arrive la première à fond de course

puisque, si c'était celle du sas, la porte du bief, dont le poids n'est égal qu'à la moitié de celui du contrepoids, ne pourrait plus continuer son mouvement de descente. Après chaque abaissement des portes et avant la vidange de l'espace nuisible, le sas est donc obligé, par une petite ascension effectuée à l'aide de l'accumulateur, et tout en restant jonctionné avec le bief, d'aller chercher sa porte restée en l'air. Mais, lors de la levée des portes, la porte du bief doit se mettre en mouvement la première puisque c'est elle qui doit prendre au passage et entraîner celle du sas. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que le sas se trouve dans une position notablement plus élevée au moment de la levée des portes qu'au moment de leur abaissement. Il doit donc aussi, pour cette raison, être abaissé pendant que les portes sont levées et que la jonction est faite avec le bief. — Pour le sas au haut de sa course, on profite d'ailleurs de ce mouvement de descente pour introduire la surcharge d'eau motrice et on le fait coïncider avec l'entrée dans le sas du bateau avalant, auquel le courant donne une chasse. Cette chasse n'est utile aux Fontinettes que parce que les manœuvres d'entrée et de sortie des bateaux y sont beaucoup plus longues à la tête amont qu'à la tête aval à cause du pont-canal à voie unique qui est accolé à la tête amont dans le prolongement de chacun des sas mobiles. Cet accolement à un ascenseur d'un pont-canal à voie unique qui allonge considérablement la durée d'entrée et de sortie des bateaux, devra être évité avec soin dans les ouvrages futurs et dès lors il n'y aura plus aucune raison de donner une chasse au bateau avalant entrant dans le sas au haut de sa course puisqu'on n'en pourra point donner au bateau montant qui pénètre en même temps dans l'autre sas au bas de sa course et qu'il n'y a d'intérêt d'aucune sorte à ce que le premier bateau ait achevé son entrée avant le second.

Nous considérons comme dangereux tous les mouvements de montée et de descente du sas effectués pendant que celui-

ci est jonctionné avec l'un des biefs, particulièrement ceux qui sont simultanés de l'entrée ou de la sortie d'un bateau, puisque, si une déchirure de la poche gonflée d'air comprimé qui forme joint étanche entre le bief et le sas venait à se produire à ce moment, on ne pourrait isoler le sas en fermant d'urgence les portes, en raison du bateau qui passe au-dessous de celles-ci. Nous estimons que, dans les ouvrages futurs, on devra tout faire pour éviter ces mouvements, et que peut-être même il serait opportun de modifier l'équilibre et le mode d'accrochage des portes des Fontinettes pour que leur manœuvre puisse être effectuée sans aucun mouvement du sas jonctionné, ainsi que cela a été réalisé très simplement à la Louvière.

Dans l'ascenseur belge, la position des sas est arrêtée *ne varietur* lorsque le supérieur est arrivé au-dessous du niveau du bief amont et l'inférieur au-dessus du niveau du bief aval d'une hauteur égale à l'épaisseur de la couche d'eau additionnelle motrice, celle-ci s'introduisant dans le bief amont et s'évacuant du bief aval par le seul effet de la dénivellation dès que les portes sont ouvertes. De plus, les contrepoids n'équilibrent que le poids de la porte du bief seule et, à l'inverse de ce qui se passe aux Fontinettes, c'est la porte du sas qui arrive au contact de son seuil un tout petit instant avant celle du bief, lors de la descente des portes. Enfin, l'accrochage de la porte du sas à celle du bief, au lieu de se faire par des anneaux ou par des crochets à rabattement comme aux Fontinettes, est réalisé par des doigts horizontaux tournant autour d'axes verticaux fixés sur la porte du bief, qui viennent s'engager sous des potences placées sur la porte du sas. Dans les projets du concours, MM. Barret et Clark arrêtent également les sas *ne varietur* dans la même position qu'à la Louvière ; mais les modes d'accrochage de la porte du sas à celle du bief qu'ils ont proposés sont moins simples et d'un fonctionnement moins sûr que celui de la Louvière, qui doit leur être préféré. M. Barret n'équilibre

pas du tout les portes par des contrepoids, ce qui est vraiment excessif ; M. Clark a omis d'indiquer dans quelle proportion il les équilibrait. En somme, les dispositions adoptées à la Louvière consistant dans un mode d'accrochage par rotation de doigts dans un plan horizontal et dans le demi-équilibrage des portes évitent complètement la nécessité de mouvoir le sas jonctionné pour manœuvrer les portes et pour introduire la surcharge motrice dans le sas. Il en est de même de l'adoption des portes rabattantes proposées par la Compagnie de Fives-Lille, ou tout au moins il en eût été de même si cette Compagnie n'avait proposé de provoquer le mouvement de rabattement des portes du sas par de l'eau comprimée empruntée à la grande presse porteuse, disposition sur laquelle il serait d'ailleurs facile de revenir, ce rabattement pouvant très bien être produit par un petit treuil à main.

Il ne resterait donc plus qu'à éviter l'abaissement lent du sas au haut de sa course provoqué par les fuites d'eau comprimée. Ces fuites ont déjà été atténuées dans une large mesure aux Fontinettes par la substitution d'une valve d'intercommunication entre les presses d'une épaisseur uniforme à la valve primitive qui était plus épaisse en haut qu'en bas et avait une tendance à être soulevée par la pression de l'eau. Elles le seraient encore davantage par l'usage exclusif d'eau filtrée recommandé par MM. Gruson et Barbet, le rodage des garnitures et des valves par les grains de sable étant la principale cause de l'usure et des fuites de ces organes. Les mêmes ingénieurs conseillent aussi de ne pas hésiter à remplacer les garnitures et les valves, dès que leur usure est appréciable. Ces trois moyens sont assurément recommandables, d'autant plus que la filtration de l'eau n'entraînerait qu'une dépense-très faible si les fuites étaient négligeables et les mouvements des sas jonctionnés supprimés, la consommation d'eau comprimée devenant ainsi insignifiante. Mais il convient de remarquer que, aux Fonti-

nettes, il y aura toujours quelques fuites par les bagues en caoutchouc qui forment les joints étanches des presses, tandis que, à la Louvière, il n'y en avait absolument aucune, lors des essais, avec les presse-étoupes ordinaires, dont on peut resserrer les boulons à volonté. A ce point de vue, les presse-étoupes sont bien préférables au mode de joint étanche fermant les presses des Fontinettes. Par contre, le système de joint entre le sas et les biefs adopté aux Fontinettes, poche gonflée d'air entre deux surfaces verticales, nous paraît meilleur au joint par coins mobiles employé à la Louvière, qui ne permet aucun déplacement vertical du sas jonctionné, tout au moins sans perdre son étanchéité. Il n'est pas sûr, en effet, qu'en service courant l'absence complète de fuites puisse rester toujours la règle absolue et il convient de laisser possible un abaissement lent du sas jonctionné avec le bief supérieur. Mais alors un appareil de sécurité, d'ailleurs fort simple, s'impose pour parer aux inattentions possibles du mécanicien. De même que, aux Fontinettes, à la suite d'un accident, on a établi sur les guidages des heurtoirs qui, lorsqu'ils sont atteints par le sas s'élevant trop haut, mettent automatiquement la presse qui porte ce sas à l'échappement et l'y maintiennent pendant tout le temps qu'ils sont soulevés par le sas, il convient d'établir aussi des heurtoirs qui mettent automatiquement la presse en communication avec l'accumulateur lorsqu'ils sont atteints par le sas jonctionné avec le bief supérieur descendant trop bas, par suite de fuites, et qui l'y maintiennent pendant tout le temps qu'ils sont tenus abaissés par le sas. La seule précaution à prendre serait de rendre ces heurtoirs rotatifs et de commander leur rotation par les mouvements de la porte du bief supérieur, de telle sorte qu'ils ne fissent saillie sur les guidages que lorsque cette porte serait levée et que, dès qu'elle serait refermée, ils s'effaçassent à l'intérieur des guidages pour laisser entièrement libre la course du sas.

Si, comme nous le conseillons, le sas, dans les manœuvres

courantes, ne venait pas, au bas de sa course, s'appuyer sur les tins et demeurait, dans sa position de jonction avec le bief aval, à une certaine hauteur au-dessus des tins, hauteur qu'il conviendrait de prendre précisément égale à celle du tampon d'inertie logé au fond de la presse, soit 0,40 m, il conviendrait de munir également le guidage, au niveau du sas au bas de sa course, de heurtoirs rotatifs semblables, commandés par la porte du bief aval. La course possible laissée aux sas jonctionnés avec l'un quelconque des biefs serait ainsi étroitement limitée et on serait sûr que les joints étanches entre le sas et les biefs ne pourraient échapper leurs surfaces d'appui, quoi qu'il pût arriver et quelles que fussent les inattentions du mécanicien. Cela n'empêcherait nullement d'ailleurs, toutes les portes étant fermées et les heurtoirs inférieurs effacés, de descendre les sas sur les tins pendant les chômages, les longues interruptions de service, les gelées, etc.

5° *Accouplements à grande distance.* — Les ascenseurs à sas unique par chute, les presses de deux chutes égales successives étant accouplées à grande distance, réaliseraient une économie considérable par rapport aux ascenseurs à deux sas par chute. Il paraît d'ailleurs peu logique de pourvoir d'ascenseurs à sas doubles accolés un canal dont les écluses sont à sas simple. Aussi convient-il d'examiner de près la solution bien plus économique des ascenseurs à sas unique et de répondre aux diverses objections qui ont été formulées contre elle.

Objection a. — L'accouplement de deux chutes successives réduit la capacité de fréquentation du canal.

Il convient de comparer un ascenseur à sas unique à une écluse à sas unique. La durée du passage d'un bateau est exactement la même, les opérations d'entrée et de sortie du bateau étant identiques, les manœuvres des portes analogues tout au moins comme durée et le mouvement du sas mobile de l'ascenseur prenant, au plus, le même temps que le rem-

plissage ou la vidange du sas fixe de l'écluse. — A l'ascenseur à sas unique comme à l'écluse, toutes les manœuvres sont utilisées lorsque les bateaux qui se présentent successivement marchent alternativement dans un sens et dans l'autre, tandis qu'une manœuvre à blanc doit être intercalée entre les passages de deux bateaux successifs marchant dans le même sens. La capacité de fréquentation est donc identiquement la même pour un ascenseur à sas unique fonctionnant isolément, comme celui des projets n° 7 de M. Clark, n° 8 de M. Seyrig et n° 10 de MM. Leslie, que pour une écluse. La conjugaison de deux chutes successives n'introduit qu'une seule sujétion, celle d'opérer simultanément les manœuvres inverses aux deux chutes accouplées. Lorsqu'un bateau se présentera à l'une des chutes et qu'il ne s'en présentera point à l'autre, cette sujétion n'occasionnera aucun retard; le mécanicien de la chute où aucun bateau ne s'est présenté sera prévenu téléphoniquement par son collègue qu'il doit ouvrir sa valve pour permettre une manœuvre et il verra son sas manœuvrer à blanc. Lorsque deux bateaux marchant dans le même sens se présenteront aux deux chutes, l'un d'eux trouvera le sas bien préparé et passera tout de suite, tandis que l'autre trouvera le sas mal préparé et devra attendre que cette première manœuvre soit faite pour passer, absolument comme cela se serait produit si, au lieu d'ascenseurs conjugués, il y eût eu deux écluses ordinaires. Enfin, lorsque deux bateaux marchant en sens inverse se présenteront simultanément aux deux chutes, ils passeront simultanément. Une petite perte de temps se produira seulement si l'un d'eux moins chargé entre plus rapidement dans le sas que l'autre; on sera obligé d'attendre, pour mettre le sas en mouvement, que ce dernier ait aussi terminé son entrée. Mais cette perte de temps est insignifiante et on peut dire que le jour où on serait réduit à la prendre en considération sur un canal, il serait urgent de doubler le sas, non seulement des ascenseurs, mais aussi des écluses. Un ascenseur à sas unique

suffit donc sur un canal à bien peu près aussi longtemps qu'une écluse à sas simple y suffit.

Objection b. — L'accouplement de deux chutes successives condamne les deux ascenseurs à l'immobilité pendant les réparations de l'un quelconque d'entre eux.

Cette objection n'a rien de sérieux. Dès qu'une écluse ou un ascenseur intercepte la circulation, tout trafic est arrêté et il importe fort peu que l'ascenseur voisin puisse ou non fonctionner. L'objection n'aurait quelque valeur que si le bief compris entre les deux chutes accouplées renfermait un port important donnant lieu à un trafic local, mais on devra toujours éviter, dans un projet de canal, d'accoupler ensemble deux chutes contenant entre elles un port de quelque importance. Au canal de la Marne à la Saône, le bief entre ascenseurs est complètement dépourvu de port et situé en rase campagne.

Objection c. — L'accouplement à grande distance diminue la sécurité.

Il est économiquement impossible de construire une conduite d'accouplement de 1 700 *m* de longueur avec les mêmes précautions et les mêmes soins qu'on a construit à la Louvière la conduite très courte qui réunit les deux presses. — Il faut donc, dans l'accouplement à grande distance, que la sécurité des sas soit assurée nonobstant tout accident et toute fuite possible de la conduite d'accouplement. Mais ce résultat n'est nullement impossible à atteindre.

Tout d'abord, nous devons rappeler que la valve de communication qui, dans les ascenseurs à deux sas voisins, était unique et placée au milieu de la conduite d'accouplement, est ici dédoublée : une valve est placée, à chaque appareil, aussi près que possible de la tubulure de pénétration, et ce n'est que quand la dernière des deux valves a été ouverte que le mouvement des sas peut se produire. — Un accumulateur est également établi à chaque chute. — On peut donc s'en-

tourer des mêmes garanties contre les fausses manœuvres que dans les ascenseurs à deux sas par chute, les mêmes enclenchements pouvant être établis pour empêcher, dans chaque appareil, l'ouverture de la valve avant la fermeture des portes et l'ouverture des portes avant la fermeture de la valve.

Si la conduite d'accouplement est restée isolée pendant que les sas étaient immobiles, il est de plus indispensable que, immédiatement avant d'ouvrir la valve de communication entre une presse et la longue conduite d'accouplement, le mécanicien mette, au moins pendant un court instant, cette conduite en communication avec l'accumulateur, afin d'y rétablir la pression que des fuites auraient pu faire tomber. Ce ne serait pas là d'ailleurs une sujétion nouvelle, car, aux Fontinettes, on met toujours la presse du sas inférieur en communication avec l'accumulateur avant d'ouvrir la valve de communication. Mais, fidèle au programme que nous nous sommes tracé de laisser toujours dans les manœuvres courantes les presses et la conduite d'accouplement sous pression, nous préfererions une autre solution consistant à mettre la conduite d'accouplement en communication avec les accumulateurs pendant tout le temps de la fermeture des valves. Un enclenchement empêcherait la levée de la porte du bief avant que cette mise en communication avec l'accumulateur n'eût été établie et ne permettrait de l'interrompre qu'après la fermeture de cette porte. Un autre enclenchement s'opposerait à la manœuvre du volant de la valve avant que la communication entre l'accumulateur et la conduite d'accouplement eût été interceptée. Toute possibilité de fausse manœuvre serait ainsi écartée. Ces dispositifs mettraient les sas absolument à l'abri des conséquences des fuites ordinaires de la conduite d'accouplement. Il faut de plus qu'ils restent encore en sécurité en cas d'accident à la conduite d'accouplement, tel que rupture d'un tuyau ou d'un joint ou fuite anormale surpassant le débit des accumulateurs. Si l'accident se produit pendant que les

sas sont au repos et les valves fermées, il n'en résulte aucune conséquence fâcheuse pour les sas. Ceux-ci ne sont exposés à tomber que si l'accident survient pendant leur mouvement. Mais, sans même compter sur les mécaniciens qui se hâteraient sans doute de fermer leurs valves, mais pourraient ne pas arriver à le faire assez rapidement, les sas sont protégés par deux appareils de sécurité dont le fonctionnement est automatique : le premier consiste dans les soupapes de sûreté de M. Barret dont seraient pourvues les deux extrémités de la conduite et qui se fermeraient dès que surviendrait une diminution de pression assez sensible dans la conduite, soupapes dont le fonctionnement n'a jamais été trouvé en défaut jusqu'ici dans les nombreuses installations où elles fonctionnent depuis longtemps ; le second appareil de sécurité, dont l'action demeurerait encore complète en supposant que, par impossible, la soupape de sûreté n'ait pas fonctionné, consiste dans l'étranglement de la pénétration de la conduite dans la presse qui réduit à moins de 0,50 *m* par seconde la vitesse maximale possible de la chute du sas et dans le tampon d'inertie du fond de la presse qui amortit cette vitesse et la réduit à moins de 0,04 *m* par seconde avant que le sas ne vienne toucher les tins. Il nous semble que ces deux appareils de sécurité, dont chacun est suffisant, assurent aux sas accouplés à grande distance une sécurité au moins aussi grande que celle dont ils peuvent jouir aux Fontinettes et à la Louvière, où il n'existe aucun appareil de sécurité de cette nature.

Objection d. — L'accouplement expose à des interruptions de service pour les réparations de la longue conduite. — La conduite d'accouplement serait formée, comme les conduites d'eau comprimée qui distribuent la force motrice aux grues hydrauliques des ports maritimes, d'épais tuyaux en fonte assemblés à brides et emboîtés à mi-épaisseur avec interposition d'une bague de gutta-percha logée dans une alvéole *ad hoc*, des joints de dilatation formés par des presse-étoupes

logés dans des regards étant ménagés à des intervalles convenables. Or, la canalisation de l'outillage des docks de Marseille, par exemple, qui est construite de cette manière, fonctionne depuis plus de trente ans sans qu'il s'y soit produit aucune avarie sérieuse ni aucune interruption de service prolongée ayant gêné le commerce.

Objection e. — L'accouplement soumet l'exploitation à de grandes sujétions au point de vue des niveaux d'eau des biefs. — Cette objection est, à notre avis, de beaucoup la plus grave. La difficulté n'est cependant pas insurmontable, mais elle laisserait subsister, il faut le reconnaître, une assez grande sujétion d'exploitation. Il convient d'abord de remarquer que les deux chutes accouplées n'ont pas besoin de rester mathématiquement égales, bien que les courses des sas le demeurent toujours. Une différence de quelques centimètres dans les chutes n'aurait, en effet, pour conséquence que d'embarquer une surcharge motrice un peu trop lourde ou un peu trop légère et de provoquer le mouvement des sas avec une vitesse différente de celle prévue comme normale. Pour que les chutes ne différassent jamais que de quelques centimètres, il conviendrait d'entretenir le bief situé en aval des deux chutes à un niveau sensiblement constant en le munissant d'un large déversoir à seuil fixe et de relier ce bief à celui situé en amont des deux chutes par une rigole latérale creusée le long du bief intermédiaire et dont le profil serait en escaliers formés par des déversoirs. Cette rigole communiquerait avec les trois biefs par de larges aqueducs ; de plus, ceux de ses déversoirs qui correspondraient aux niveaux du bief amont et du bief intermédiaire, recevraient une grande largeur et seraient pourvus de hausses amovibles superposées, dont la hauteur serait moitié moindre à celui-ci qu'à celui-là. On arriverait ainsi à tenir sensiblement le bief intermédiaire au niveau moyen entre ceux des deux biefs extrêmes, nonobstant les variations du niveau du bief amont,

en ayant soin de laisser toujours au déversoir du bief amont le nombre de hausses convenable pour que le plan d'eau affleure la dernière hausse en place et de maintenir à tout instant le même nombre de hausses dans les deux déversoirs.

6° *Programme à adopter pour la construction d'ascenseurs hydrauliques.* — Des diverses considérations qui viennent d'être développées, il semble résulter que les meilleures dispositions à adopter pour des ascenseurs hydrauliques satisfaisant au programme du concours auraient été les suivantes :

Presse centrale unique pour chaque sas admettant un plongeur de 1,60 m de diamètre et soumise à une pression maxima de 40 kg par centimètre carré, construite dans le système de la Louvière avec pénétration de la conduite d'accouplement à la partie supérieure par l'intermédiaire d'un collecteur-distributeur Cockerill, ladite presse à fond plat reposant sur une fondation inébranlable en pierres de granit, libre sur toute sa hauteur et contreventée contre le cuvelage du puits seulement au niveau de la virole supérieure qui porte le presse-étoupes.

Guidage central unique laissant au sas un jeu très faible. Distance verticale la plus grande possible entre les patins supérieurs et les patins inférieurs de guidage. — Grandes poutres latérales du sas à semelle inférieure horizontale et à semelle supérieure en forme d'accent circonflexe.

Point d'appareils compensateurs.

Point de verrous de suspension du sas au haut de sa course. — Tins de la cale sèche relégués vers les extrémités et établis à 0,40 m en contre-bas de la position normale du sas au bas de sa course. — Presse restant constamment en pression. — Collier du presse-étoupes ne laissant au plongeur qu'un jeu annulaire d'une superficie inférieure ou au plus égale à celle d'un cercle de 0,16 m de diamètre, tout en lui laissant

un jeu linéaire très supérieur à celui que les guidages laissent au sas.

Tampon d'inertie formé par un tube libre de 0,40 m de hauteur reposant sur le fond plat de la presse et dans lequel le plongeur ne s'engage entièrement que lorsque le sas est déposé sur ses tins en vue d'un chômage ou d'un arrêt prolongé ou en cas d'accident. — Section d'écoulement réduite à 0,001340 m² à la base du tampon, afin de ramener à 0,04 m au plus la vitesse de chute du sas en cas d'accident.

Valves-papillons modératrices actionnées par des leviers Clark se fermant automatiquement et graduellement à la fin de la course.

Enclenchements du système Saxby (les enclenchements hydrauliques ou électriques, sujets à des dérangements, devant être écartés) empêchant que les portes ne soient ouvertes avant que la valve d'intercommunication ait été complètement fermée et réciproquement.

Prohibition absolue de tout mouvement volontaire du sas jonctionné avec un bief.

Taquets d'arrêt empêchant le sas jonctionné avec l'un des biefs de s'élever trop haut ou de descendre trop bas, en produisant la communication de la presse avec l'échappement ou l'accumulateur et en la maintenant tant que les taquets reçoivent le contact du sas ; — joint entre le sas et les biefs formé par une poche gonflée d'air entre deux surfaces verticales comme aux Fontinettes.

Portes levantes au plus à demi équilibrées ou portes rabattantes comme celles projetées par Fives-Lille, — cette dernière disposition étant peut-être même préférable, nonobstant l'allongement du sas qu'elle comporte, en raison des inconvénients des portes levantes qui seront développés plus loin. — Usage de l'eau comprimée réduit autant que possible à la seule manœuvre des sas. — Dans ce but, si les portes sont rabattantes, les manœuvrer par des treuils à main. — Valve d'intercommunication discoïdale d'épaisseur uniforme

manœuvrée exclusivement à la main, ce qui assure une manœuvre lente, graduée, progressive, non exposée à manquer par suite d'un dérangement d'appareil.

Emploi exclusif d'eau filtrée mélangée de glycérine ou de toute autre matière rendant l'eau incongelable.

Articulation efficace du sas sur la tête du plongeur, probablement articulation hydraulique du système qui a été décrit.

Dans un projet à deux sas par chute, conduite d'accouplement très courte de 0,16 *m* seulement de diamètre sur toute sa longueur construite comme à la Louvière en canons tronconiques en acier coulé forés après coulage.

Dans un projet à sas unique par chute, longue conduite d'accouplement en fonte construite dans le système de la canalisation d'eau comprimée des docks de Marseille. — Étranglement de cette conduite à ses points de pénétration dans les presses, de manière à réduire la superficie des orifices de pénétration à celle d'un cercle de 0,16 *m* de diamètre, l'étranglement pouvant d'ailleurs être formé par le collecteur-distributeur dont les orifices ne présenteraient ensemble que cette superficie. — Soupapes automatiques Barret aux deux extrémités de la conduite d'accouplement. — Deux valves d'intercommunication placées près de ces soupapes automatiques. — Communication téléphonique entre les deux chutes. — Mise de la conduite d'accouplement en communication avec les accumulateurs pendant que les sas sont arrêtés et les valves fermées.

Avec ce programme, le mouvement des sas, pour une chute de 20,50 *m*, s'effectuerait en 4 minutes dans le projet à deux sas par chute sous l'action d'une surcharge motrice de 61,134 *t*, la vitesse maxima étant de 0,143 *m* au départ (ou plus exactement après un petit parcours de 0,138 *m*) et diminuant graduellement jusqu'à 0,027 *m* à l'arrivée.

Dans le projet à sas unique par chute, le diamètre de la conduite d'accouplement devrait être de 0,40 *m* ou de 0,45 *m* pour une longueur de 1718,24 *m*. Le mouvement des sas,

pour une chute de 20,50 m, s'effectuerait également en 4 minutes sous l'action d'une surcharge motrice de 81,036 t ou de 68,543 t suivant que le diamètre adopté serait de 0,40 m ou de 0,45 m ; la vitesse maxima, qui serait obtenue après un parcours de 0,284 m, étant de 0,127 m, et la vitesse minima à l'arrivée de 0,043 m.

§ II. — ASCENSEURS FUNICULAIRES

1° *Passage progressif des chaînes de suspension du côté du sas descendant pendant le mouvement.* — Dans les ascenseurs hydrauliques, la charge motrice décroît progressivement pendant la durée du mouvement par suite de l'immersion dans l'eau de la presse du plongeur du sas descendant et de la sortie de la presse du plongeur du sas montant. Le mouvement est donc un mouvement retardé qui prépare l'arrêt de la fin de la course et on peut aisément se dispenser d'établir des appareils compensateurs. Mais c'est le contraire qui se produit dans les ascenseurs funiculaires et dans les plans inclinés où, pendant le mouvement, les brins des chaînes s'allongent du côté descendant, en sorte que le mouvement tend sans cesse à s'accélérer. Les appareils compensateurs sont donc ici indispensables. Dans tous les projets d'ascenseurs funiculaires présentés, ils ont d'ailleurs été prévus ; ils consistent en lourdes chaînes compensatrices.

2° *Suspension funiculaire.* — MM. Gruson et Barbet dans leur ouvrage sur les moyens de franchir les chutes des canaux, se montrent formellement défavorables à la suspension et à la traction funiculaires (voir p. 190 à 193 de cet ouvrage). — Cette opinion paraît trop absolue. On ne peut nier que les câbles en fils de fer ou d'acier exposés à s'allonger, sujets à une usure rapide et inégale sur les divers fils, que rien ne décèle à l'extérieur, et dont les divers éléments supportent des efforts différents, notamment au passage

sur les gorges des poulies, où le rayon d'enroulement est plus grand pour la partie externe que pour la partie interne, ne présentent pas une sécurité complète ; que les chaînes ordinaires exposées aussi à une usure rapide et pouvant donner lieu à des coincements de mailles, ne soient pas non plus recommandables ; mais on ne saurait refuser une entière confiance aux chaînes Galle, du type Neustadt, proposées par MM. Barret et Leslie, surtout si l'on a la précaution de ne les faire porter sur les couronnes à empreintes des poulies que par des bagues emboîtées sur les fuseaux et toujours faciles à remplacer, qui seront seules à subir les frottements et l'usure.

3° *Egale tension des chaînes et maintien de l'horizontalité du sas.* — L'un des principaux avantages de la suspension funiculaire, c'est, en multipliant les supports du sas et en les répartissant sur toute sa longueur, de permettre de ne donner aux poutres latérales qui forment la charpente de ce sas qu'une faible hauteur et une faible rigidité et de réduire ainsi leur poids et leur prix dans une importante mesure. Mais alors, la partie centrale de ces poutres n'est plus ni assez haute ni assez rigide pour qu'on puisse guider le sas par son guidage central unique. Comme un tel guidage fixe est seul efficace, les auteurs de projets d'ascenseurs funiculaires ont unanimement renoncé à guider le sas et ils ont cherché à assurer le maintien de son horizontalité par les organes mêmes de la suspension. Malheureusement, il existe une sorte d'incompatibilité entre le maintien de l'horizontalité du sas par les chaînes de suspension et la garantie d'une égale tension des chaînes. On comprend, en effet, que si toutes les poulies de suspension sont invariablement calées sur un même arbre, l'horizontalité du sas sera assurée, mais que l'égale tension des chaînes ne le sera pas, en sorte que quelques-unes d'entre elles pourront supporter une grande partie de la charge et être soumises à des efforts dangereux, tandis

que, au contraire, si toutes les poulies de suspension sont folles et indépendantes les unes des autres, l'égle tension des chaînes sera garantie, mais le maintien de l'horizontalité du sas ne le sera plus. Il est intéressant d'étudier comment les auteurs des projets ont cherché à résoudre cette difficulté et de rechercher s'ils y ont suffisamment réussi.

M. Barret assure d'une manière complète le maintien de l'horizontalité des sas : dans le sens transversal, en les suspendant, non par leurs poutres latérales, mais par le milieu d'anses supérieures sous lesquelles passent les bateaux ; dans le sens longitudinal, par le calage de toutes les poulies à empreintes d'une des lignes sur un même arbre, l'arbre moteur. Mais l'égle tension des chaînes n'est nullement garantie d'une manière permanente. Elle peut seulement être vérifiée et, s'il y a lieu, rétablie de temps en temps au moyen des balances hydrostatiques placées à leurs extrémités. Or, outre que ces balances compliquent extrêmement l'appareil et nécessitent des manœuvres excessivement délicates et difficiles, peut-être même impossibles, ainsi que nous l'avons montré en décrivant le projet n° 9, il convient de remarquer qu'il est fort douteux qu'elles puissent réellement rétablir l'égle tension des chaînes et cela pour de nombreuses raisons : 1° les poulies de la seconde ligne de suspension, au lieu d'être toutes indépendantes, sont, sauf les extrêmes, réunies par groupes de deux calées sur un même arbre, en sorte que ce ne serait pas l'égle tension des chaînes qui serait poursuivie, mais seulement l'égle tension moyenne des groupes de deux chaînes ; 2° la proportionnalité inverse des chemins parcourus par les pistons des balances à la tension initiale des chaînes est très incertaine ; M. Barret reconnaît lui-même qu'on ne peut espérer sa réalisation que pour des soulèvements extrêmement petits des pistons ; dans des soulèvements aussi petits, les différences entre les trajets de l'eau comprimée dans les tuyauteries pour parvenir aux

balances influenceront au moins autant sur les hauteurs des soulèvements que les tensions initiales des chaînes ; 3° les clavettes ne pouvant être placées que successivement aux 40 balances, les fuites des garnitures auront fait redescendre quelque peu les pistons de celles auxquelles le mécanicien ne parviendra qu'en dernier lieu ; 4° le mesurage sur les 40 tiges d'about des chaînes d'une même hauteur à laquelle les écrous devront être amenés au-dessus des parties supérieures des pistons ne peut être précis ; 5° enfin, en raison de la complication même de l'opération à faire pour vérifier et régler à nouveau les tensions, il est à présumer que le mécanicien ne l'effectuera que bien rarement.

MM. Leslie assurent l'horizontalité du sas dans le sens longitudinal en calant toutes les poulies de suspension de chacune des deux lignes sur un même arbre. Les deux arbres sont d'ailleurs indépendants et la garantie de l'horizontalité du sas dans le sens transversal est demandée à des câbles de sûreté en fils d'acier, qui relient la poutre gauche du sas aux contrepoids de droite, et la poutre droite aux contrepoids de gauche. MM. Leslie indiquent que la tension des câbles de sûreté sera réglée par des vis de rappel au dixième de celle des câbles de suspension ; mais aucun appareil ne permet de mesurer la tension des câbles et de la régler, autrement qu'au jugé. S'ils sont trop tendus, ils pourront se rompre ; s'ils ne le sont pas assez, ils ne rempliront pas efficacement leur rôle. De plus, des câbles en fils d'acier ne sont pas là à leur place : ils n'offrent pas une sécurité suffisante, comportent une usure trop rapide et des remplacements trop fréquents pour être employés dans des parties essentielles de la construction ; enfin, il paraît peu logique et difficilement admissible de faire reposer la garantie de l'horizontalité du sas dans le sens transversal sur l'invariabilité de la longueur d'organes tels que ces câbles en fils d'acier, qui sont éminemment extensibles. La solution proposée pour garantir l'horizontalité du sas dans ce sens ne me semble

done pas acceptable. L'égalité tension des chaînes de suspension n'est pas non plus suffisamment assurée. Absolument rien ne garantit l'égalité tension des brins intérieurs compris entre les poulies de suspension et les poutres du sas. Quant aux brins extérieurs, leur égalité tension ne serait entièrement assurée que si les contrepoids étaient indépendants les uns des autres ; or, ils sont reliés par une charpente métallique dans le but d'éviter la chute de l'un deux et la destruction de l'équilibre du système mobile dans le cas de rupture d'une des chaînes.

4° *Programme à adopter pour la construction d'ascenseurs funiculaires.* (Planche 12.) — Nous pensons que tous ces inconvénients du projet de MM. Leslie, pourraient être éliminés par les modifications suivantes :

1° La garantie de l'horizontalité du sas dans le sens transversal serait demandée à un principe analogue à celui qui l'assure dans le sens longitudinal : tous les câbles en fils d'acier seraient supprimés et les deux arbres, portant les poulies de suspension, seraient accouplés par des arbres intermédiaires et des engrenages coniques qui rendraient leurs mouvements de rotation solidaires ;

2° Les contrepoids ne seraient pas reliés entre eux par une charpente métallique rigide. Ils seraient formés de paniers rectangulaires en tôle lestés par des gueuses de fonte, le sable proposé comme lest par MM. Leslie étant beaucoup trop hygrométrique. Ces paniers seraient disposés comme l'indiquent les figures 9 à 12 de la planche 12. Les extrémités extérieures des chaînes soutiendraient des bouts de poutre horizontale à âme double, d'une longueur sensiblement égale à celle occupée par un pilône, que nous appellerons poutres d'attache ; les paniers, occupant chacun l'intervalle de deux pilônes et dont les arêtes intérieures seraient guidées avec un jeu sensible par les angles de ces pilônes, reposeraient au moyen de rotules hémisphériques sur les

semelles supérieures de ces poutres d'attache. Les parties inférieures des paniers et des poutres d'attache seraient pourvues de tampons secs hémisphériques, l'un plein, l'autre creux, s'emboîtant avec un petit jeu. Ces dispositions ne seraient appliquées qu'aux paniers intermédiaires. Par exception, les paniers extrêmes seraient assemblés d'une manière rigide sur les abouts des poutres d'attache qui les supportent. — Enfin, à la différence de ce qu'avaient projeté MM. Leslie, la rangée ne se terminerait pas à ses deux extrémités par un contrepoids d'un poids moitié moindre que les autres, mais bien par la poutre d'attache suspendue à la chaîne extrême, qui serait ainsi moitié moins chargée que les autres chaînes. — Grâce aux rotules, l'égale tension des brins extérieurs des chaînes intermédiaires serait toujours rigoureusement assurée et toute rupture de chaîne deviendrait tout à fait improbable. Si cependant, par impossible, une chaîne se rompait, les choses sont disposées de telle sorte, grâce à l'emboîtement hémisphérique des tampons secs et des rotules, qu'aucun contrepoids ni aucune poutre d'attache ne tomberait. La tension des chaînes encadrant celle rompue serait seulement augmentée de la charge d'un demi contrepoids, tandis que des couples de forces horizontales se développeraient entre les rotules supérieures et les tampons inférieurs et coïnceraient les paniers entre les pilônes qui les guident ;

3° Au lieu de caler sur les arbres toutes les poulies de suspension, les poulies extrêmes seraient seules calées sur ces arbres, ce qui est parfaitement suffisant pour garantir l'horizontalité du sas dans le sens longitudinal, toutes les poulies intermédiaires étant folles sur les arbres. L'égale tension des brins intérieurs des chaînes intermédiaires sera ainsi aussi rigoureusement assurée que celle des brins extérieurs. Quant aux chaînes extrêmes, elles auraient à résister aux efforts supplémentaires résultant des forces perturbatrices accidentelles qui tendent à déverser le sas ; mais comme elles ne

supportent qu'un demi contrepoids, elles seraient néanmoins notablement moins chargées que les autres.

En apportant au projet de MM. Leslie ces modifications ainsi que plusieurs autres qui seront énumérées dans la description succincte qui va suivre, nous avons pu dresser le projet d'ascenseur funiculaire représenté par la planche 12.

Des barrages de garde formés d'une seule paire de portes comprises entre de courts bajoyers distants de 6 *m* sont établis à 154,54 *m* en amont de l'ascenseur M et à 235 *m* en amont de l'ascenseur N, aux points du terrain les plus convenables à leur construction. Les terrassements du bief amont seront conduits jusqu'au mur de chute même des ascenseurs, dont les abords, tant à l'amont qu'à l'aval, seront disposés exactement comme ceux des écluses ordinaires, l'expérience des Fontinettes ayant montré combien les manœuvres d'entrée et de sortie des bateaux sont allongées par l'établissement d'un pont-canal accolé à la tête amont d'un ascenseur.

Les pontons lestés flottants proposés par MM. Leslie pour fermer les extrémités du sas et des biefs entraînent des manœuvres longues, pénibles et compliquées, qui exigent deux hommes. Ce mode de fermeture ne nous a pas paru pouvoir être adopté. — D'un autre côté, nous avons montré, dans l'étude des ascenseurs hydrauliques, que les portes levantes totalement équilibrées du système des Fontinettes devaient être évitées, parce qu'elles nécessitent de nombreux mouvements du sas alors que ce sas est jonctionné avec l'un ou l'autre des biefs et que les portes sont levées, mouvements extrêmement regrettables et réellement dangereux. De tels mouvements seraient d'ailleurs impossibles à provoquer dans les ascenseurs funiculaires, où le sas jonctionné avec le bief est fixé dans une position invariable.

Les portes levantes à demi équilibrées de l'ascenseur de la Louvière, bien que de beaucoup préférables à celles des Fontinettes, n'ont pas non plus donné satisfaction aux ingénieurs

belges, ainsi que cela résulte du rapport présenté par M. Dufourny au Congrès international de l'utilisation des eaux fluviales tenu à Paris en 1889 ; la manœuvre des portes levantes a fait treize fois défaut en vingt-cinq jours ; deux fois dans cette même période, les portes se sont levées toutes seules en raison de fuites dans des soupapes d'admission d'eau comprimée ; une autre fois, pour la même cause, les verrous de sûreté se sont mis d'eux-mêmes en mouvement et ont été cisailés ; un autre jour, un crochet de suspension s'est brisé pendant la manœuvre de levée et les portes sont retombées de presque toute la hauteur de leur course, ainsi que les contrepoids. En manœuvre courante, pour que la porte du bief atteigne, lors de sa fermeture, le fond de sa rainure, il est nécessaire soit de la lancer violemment afin qu'elle ne s'arrête pas au moment où la porte du sas la quitte, ce qui produit des chocs violents et destructeurs, soit de renoncer à équilibrer par des contrepoids même la moitié du poids des portes, en se bornant à équilibrer le quart ou au plus les trois huitièmes de ce poids, sauf à augmenter encore la force des appareils de manœuvre et la consommation d'eau comprimée. Enfin, le portique de suspension des portes est une gêne pour les bateaux qui sont obligés de baisser leurs mâts ; les chaînes et crochets de suspension s'usent très rapidement, doivent être remplacés tous les ans et on est rarement certain qu'ils soient en bon état. — Les portes levantes à guillotine et les appareils hydrauliques, qu'elles comportent nécessairement en raison de l'énorme importance des efforts à développer, exposent donc, par suite de ruptures d'organes de suspension ou de fuites dans les appareils hydrauliques, à des levées et à des chutes intempestives des portes, qui peuvent être extrêmement dangereuses. La manœuvre est brusque et donne lieu à des chocs. La préservation de la gelée des appareils hydrauliques exige des précautions spéciales. — Pour toutes ces raisons, le système des portes rabattantes proposé par la Compagnie Fives-Lille

nous a paru devoir être adopté, nonobstant l'allongement du sas mobile qui en résulte, allongement qui est d'ailleurs un inconvénient beaucoup moindre pour un sas d'ascenseur funiculaire soutenu sur toute sa longueur que pour un sas d'ascenseur hydraulique supporté seulement en son milieu. Ces portes (fig. 6 et 7, pl. 12) sont pourvues de caisses à air étanches, de manière à ne peser presque rien lorsqu'elles sont entièrement immergées dans l'eau. Leur manœuvre, qui n'exige que peu de force, se fait séparément pour chacune d'elles à l'aide de treuils à main du système primitivement proposé par M. Clark pour les Fontinettes. Elles sont pourvues de deux ventelles démasquant des orifices de 0,20 m de hauteur, ayant l'un 0,50 m, l'autre 3 m de largeur. Dans les manœuvres courantes, les ventelles de la porte du bief amont et de la porte aval du sas sont seules levées : le sas au haut de sa course est arrêté lorsque son plan d'eau est à 0,05 m en contre-bas de celui du bief amont ; le joint entre le sas et le bief une fois fait, on ouvre la petite ventelle de la porte du bief, ce qui n'exige, sous la charge de l'eau du bief, qu'un effort de 10 à 13 kg sur la poignée du levier de manœuvre. L'espace nuisible, dont la capacité est de 3,7 m³, se remplit en dix-huit secondes et la porte amont du sas se rabat d'elle-même sous l'influence de la différence de 0,05 m entre les hauteurs d'eau sur ses deux faces. On ouvre ensuite très aisément la grande ventelle de la porte du bief et la dénivellation de 0,05 m entre les deux faces de cette porte s'efface en cinquante-quatre secondes par l'entrée dans le sas de la surcharge additionnelle qui s'écoule par les deux orifices à la fois. Il n'y a plus qu'à refermer les ventelles et à baisser à la main la porte du bief. Les choses se passent de la même manière à l'aval, où on arrête le sas lorsque son plan d'eau est à 0,05 m en contre-haut de celui du bief aval.

Les joints étanches des portes sont obtenus par l'application d'un petit fer demi-rond rivé sur le périmètre de la porte contre une plate-bande en caoutchouc fixée au cadre fixe.

Cette disposition, employée pour la première fois à la Louvière, procure une étanchéité absolue et est éminemment recommandable. Elle mérite une mention toute spéciale. L'étanchéité du joint est d'autant plus parfaite que la pression par unité de surface qui applique le périmètre de la porte sur la bande en caoutchouc du cadre fixe est plus grande. Si on constitue le périmètre de la porte qui doit s'appuyer sur le caoutchouc par une bande de fer méplat, la surface d'appui est notable, la pression par unité de surface faible, et l'étanchéité du joint laisse à désirer. L'idéal serait donc de constituer ce périmètre d'appui par un fer en section de triangle isocèle ne portant sur le caoutchouc que par son sommet; mais un tel fer couperait le caoutchouc. Le fer demi-rond de très petit échantillon ne présente pas cet inconvénient, tout en procurant cependant une surface d'appui aussi petite que possible, et les résultats obtenus avec lui à la Louvière sont parfaits. Comme il n'est pas nécessaire, dans les ascenseurs funiculaires, de ménager la possibilité d'un léger mouvement de descente du sas jonctionné avec un bief et que les chaînes de suspension n'exigent pas d'ailleurs la verticalité absolument rigoureuse d'un plongeur de presse, il n'est pas nécessaire de recourir, pour les joints entre le sas et les biefs, à une poche d'air gonflée d'air comprimé comme dans les ascenseurs hydrauliques. Ce joint est formé tout simplement par le serrage d'une plate-bande en caoutchouc fixée au sas contre une partie arrondie en demi-cercle du cadre en fonte boulonné sur l'about du bief. Le serrage (voir fig. 7 et 8, pl. 12) est réalisé par les mêmes appareils que dans le projet de MM. Leslie, sauf que l'arbre de manœuvre de l'écrou a dû être rendu oblique afin de rejeter le volant en dehors du passage donnant accès à la passerelle du sas.

Le sas mobile est construit entièrement en acier afin d'être moins lourd. Sa largeur intérieure entre bordés (fig. 5) a été portée à 6 m, afin que, pour un mouillage minimum de

2 m, la section mouillée soit de 12 m² ; qu'il reste au moins, lors de l'entrée dans le sas d'un bateau chargé, de 5 m de largeur, tirant 1,80 m, une section libre de 3 m² pour le retour de l'eau refoulée par le bateau et que tous les bateaux puissent entrer comme dans les écluses ordinaires sans le secours d'aucun cabestan ni appareil hydraulique quelconque. La longueur du sas entre les enclaves dans lesquelles se rabattent les portes est de 38,50 m ; sa longueur à l'intérieur des portes fermées est ainsi de 44,20 m et sa longueur totale de 45,30 m. Son mouillage est de 2 m à la montée et de 2,05 m à la descente ; la revanche des bordés latéraux sur le plan d'eau maximum est de 0,40 m. Ce sas est constitué par 26 fermes composées d'une traverse inférieure et de deux montants trapézoïdaux, reliées par deux poutres longitudinales de hauteur uniforme dont les âmes forment les bordés latéraux et par 11 longerons en Z, dont 7 sur le fond et 2 sur chacun des côtés. Des passerelles de 0,55 m de largeur règnent sur toute sa longueur. Elles s'appuient sur les semelles des poutres latérales et sur les consoles en saillie de 0,375 m à l'intérieur du sas, protégées par des guide-bateaux de 0,40 m de saillie. Les chaînes de suspension s'attachent aux poutres latérales, aux milieux des intervalles de deux fermes, par l'intermédiaire de poutres à caisson verticales de 1,70 m de hauteur rivées sur les parois externes des poutres latérales.

La charpente de suspension (fig. 1, 2 et 13) se compose de treize grandes fermes transversales, un peu plus élevées que celles proposées par MM. Leslie, espacées de 3,666 m d'axe en axe et formées chacune de deux pylônes de 2 m sur 1 m supportant les grandes poulies de suspension, d'une traverse horizontale supérieure et de deux contre-fiches horizontales qui contrebattent solidement les pylônes à leur sommet. Les contre-fiches, qui sont des poutres à caisson en treillis de 1 m de côté, sont reçues à leur pied dans des sabots en fonte solidement ancrés par huit grands boulons de rete-

nue dans des massifs de maçonnerie de 2 m d'épaisseur établis sur des banquettes taillées à 0,50 m en contre-bas de l'affleurement de la roche marneuse bleue. Ces contre-fiches, que MM. Leslie n'avaient pas prévues, assurent à la construction une stabilité absolue et une énorme résistance à l'action du vent et remplacent avantageusement les tours de contreventement projetées par MM. Leslie, qui sont supprimées. Elles permettent, en outre, d'établir à peu de frais une toiture s'appuyant sur elles et sur les traverses supérieures et de mettre ainsi, comme l'avaient recommandé MM. Leslie et Barret, l'appareil entier à l'abri du vent et des intempéries.

Les chaînes de suspension et de compensation sont, ainsi que leurs poulies, identiques à celles du projet de MM. Leslie, sauf l'addition de bagues sur les extrémités des fuseaux des chaînes de suspension, ces bagues devant seules subir le contact de la jante des poulies et supporter seules l'usure qui en résulte (fig. 3 et 4, pl. 12).

Les arbres portant les poulies de suspension sont disposés comme ceux du projet de MM. Leslie, sauf ces deux différences que leur diamètre a été porté à 0,25 m et que toutes les poulies sont folles sur les arbres à l'exception de quatre, deux par arbre, les deux extrêmes, qui sont calées sur les arbres.

Les variations de niveau du sas jonctionné avec le bief amont s'obtiennent, comme dans le projet de MM. Leslie, en surhaussant les appuis des contrepoids par des rondelles de 0,05 m d'épaisseur en bois de greenhart cerclées de fer. Mais la partie fixe de ces appuis est ici formée par des colonnes creuses en fonte de 2,98 m de hauteur (fig. 2), en sorte que les contrepoids ne descendent jamais dans la cale sèche, ce qui est un perfectionnement notable. A la page 166 de leur étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux, MM. Gruson et Barbet signalent, en effet, les inconvénients graves qui résultent d'une inondation partielle de la cale pendant la nuit et les jours de chômage, lorsque l'épuisement cesse : le sas perd dans l'eau une partie de son poids ; de

plus, les portes ne sont plus appliquées par la pression intérieure et se décollent. — Il faut donc, aux Fontinettes, ou continuer les épuisements de la cale pendant la nuit et entretenir, dans ce but, un personnel supplémentaire, ou surhausser le sas sur un second étage de tins. — La disposition qui vient d'être indiquée évite ici ces inconvénients. Tout d'abord, il y a lieu de remarquer que la position normale de l'appareil au repos, qu'il conviendra de lui donner chaque soir, est celle dans laquelle le sas est en haut de sa course et les contrepoids en bas. — Cette position présente sur celle opposée un double avantage : celui de rendre impossible le décollement des portes du sas et celui d'éviter qu'un allègement progressif du sas, par suite de fuites laissant écouler une partie de l'eau qu'il renferme, ne puisse avoir pour conséquence la mise en mouvement du système mobile. — Mais les contrepoids, s'ils étaient au fond de la cale sèche et si les épuisements étaient arrêtés, perdraient une partie de leur poids lorsque la cale serait inondée et le système pourrait, sous l'action de cette autre cause, se mettre aussi en mouvement ; de plus, les chaînes, leurs attaches, les rotules seraient salies et mouillées, ce qui provoquerait une oxydation rapide de ces organes délicats. — Cet inconvénient est évité en surélevant la position normale des contrepoids à fond de course. Grâce à cette disposition, le personnel, après avoir mis l'appareil dans la position normale de repos, le sas en haut, pourra, chaque soir, quitter l'appareil sans inquiétude et laisser l'eau monter dans la cale, sauf à reprendre l'épuisement le lendemain matin quelque temps avant la mise en service.

Si le chômage devait durer quelque temps, ou si l'on avait à redouter la gelée, on pourrait de plus vider le sas au haut de sa course par l'intermédiaire de l'espace nuisible d'amont.

A cet effet et à l'exemple de ce qui a été proposé par la C^{ie} Fives-Lille, une bêche métallique (fig. 6, 7 et 8) sera fixée contre le mur de chute en contre-bas de la position du

sas jonctionné avec le bief amont et légèrement en arrière de la course de ce sas ; une bavette suspendue au sas dirigera obliquement, dès que le joint étanche entre le sas et le bief amont aura été défait, l'eau de l'espace nuisible dans cette bêche fixe, d'où elle s'écoulera ensuite au bief aval par des conduites issues du pied de la bêche et débouchant dans les caniveaux qui reçoivent les égouts de la toiture. — Cette bêche et ses conduites d'évacuation assureront, à chaque opération, l'écoulement des eaux de l'espace nuisible, qui ne tomberont jamais dans la cale sèche, et elles permettront, toutes les fois qu'on le jugera nécessaire, la vidange du sas au haut de sa course. — Il suffira, pour procéder à cette opération, de desserrer le joint entre le sas et le bief amont et d'ouvrir ensuite les ventelles de la porte amont du sas.

Un autre perfectionnement beaucoup plus important consiste dans le moyen employé pour provoquer le mouvement du sas. Dans le projet de MM. Leslie, le mouvement tend à se produire avec une vitesse exagérée et les freins, qui ne sont pas susceptibles d'assurer une parfaite régularité de marche, constituent un moyen défectueux de modérer et de régler cette vitesse. L'idée si heureuse de M. Barret de n'alourdir le sas lorsqu'il doit descendre et de ne l'alléger lorsqu'il doit monter que d'une quantité insuffisante pour que la différence entre son poids et celui des contrepoids puisse vaincre les résistances passives et de provoquer le mouvement par une machine actionnée par la chute d'eau, trouve ici son application toute naturelle. — Cette machine serait, de préférence, la plus simple de toutes, une turbine. Une turbine du type Fontaine à injection partielle, analogue à celle employée aux Fontinettes pour actionner les pompes de compression, mais beaucoup plus petite, paraît parfaitement convenir (fig. 13 et 14). — Elle se prête, en effet, très bien aux variations de force, en sorte qu'il sera facile de produire l'accélération initiale et le ralentissement final et que la différence entre le poids du sas et celui des contrepoids ne sera

pas assujettie à être toujours exactement la même dans toutes les manœuvres. La vitesse de marche sera d'ailleurs aussi modérée qu'on le voudra. Deux turbines identiques sont disposées de chaque côté de l'ascenseur vers le milieu de sa longueur et un peu en contre-haut du plan d'eau du bief aval. Chacune d'elles est suffisante pour produire seule le mouvement. On dispose ainsi d'une turbine de rechange.

La conduite du mouvement des arbres par une turbine et la solidarisation des mouvements de rotation des deux arbres, qui doit garantir l'horizontalité du sas dans le sens transversal, sont assurées simultanément par les dispositions suivantes : Trois systèmes de connexion formés d'arbres auxiliaires et d'engrenages coniques réunissent les deux grands arbres longitudinaux. Deux de ces systèmes sont placés dans les intervalles entre pilônes contigus aux pilônes extrêmes d'amont et d'aval, le troisième dans l'intervalle situé en amont des pilônes centraux. Les deux premiers systèmes se composent chacun d'un arbre transversal reposant à ses extrémités et en son milieu sur trois paliers supportés par des poutres réunissant les contre-fiches et les traverses des fermes adjacentes et portant deux pignons coniques — et de deux petits arbres verticaux reposant dans des crapaudines portées par des consoles doubles fixées à l'avant-dernier pilône, maintenus par des colliers et portant au-dessus de ces colliers des roues coniques de grand diamètre engrenant les pignons de l'arbre transversal et, au-dessous de ces mêmes colliers, des pignons engrenant de grandes roues coniques calées sur les arbres longitudinaux qui portent les poulies de suspension.

Le système de connexion central est complété par les appareils de transmission du mouvement des turbines motrices (fig. 13 et 14). A cet effet, deux tourelles carrées en tôle, de 2,666 m de côté, sont édifiées dans l'intervalle situé en amont des pilônes centraux ; ces tourelles, placées à 5,40 m en dehors de la ligne des pilônes, s'élèvent jusqu'au sommet

de la construction, après s'être appuyées par leurs faces transversales sur les contre-fiches qui les comprennent. L'arbre transversal d'accouplement est prolongé à chacune de ses extrémités et se termine par une roue conique de grand diamètre engrenant le pignon qui coiffe le grand arbre vertical de transmission du mouvement de la turbine. Cet arbre règne sur toute la hauteur de la tourelle dont il occupe l'axe ; il porte à sa partie inférieure une grande roue pouvant engrener l'un ou l'autre des pignons de la turbine, et au-dessous une roue de 2,10 m de diamètre entourée par un frein de grue permettant de modérer le mouvement. Des poutres horizontales, placées suivant les diagonales de la tourelle, supportent un escalier métallique hélicoïdal donnant accès à la chambre supérieure de la tourelle, ainsi que les paliers embrassant l'arbre vertical de transmission.

A deux niveaux différents, immédiatement au-dessous des axes des poulies inférieures de renvoi des chaînes de compensation et au-dessous des grands arbres longitudinaux, sont établis des planchers métalliques dans les intervalles entre pilônes. Ces planchers sont réunis entre eux par des corridors contournant les pilônes, ce qui permet de circuler de chaque côté sur toute la longueur de l'ouvrage. Les planchers supérieurs sont reliés aux tourelles centrales et réunis entre eux à leurs extrémités et en leur milieu par un système d'escaliers et des passerelles transversales dont le détail est donné sur les figures 13 et 14. Ces planchers, escaliers et passerelles sont disposés de manière à permettre le graissage et l'accès de tous les organes de l'appareil et la mise en place facile des rondelles de surhaussement des appuis des contrepoids. Les différentes fermes de la construction fixe sont reliées entre elles, savoir : les pilônes par les huit poutres supportant les deux étages de planchers dont il vient d'être parlé et, en outre, par huit autres poutres réparties en deux étages intermédiaires, — les traverses supérieures par six poutres dont quatre à âme pleine à l'aplomb

des pilônes, et deux à treillis dans la partie centrale, — enfin les contre-fiches par les nombreuses pannes en fer I qui supportent les chevrons de la toiture.

La toiture, entièrement métallique, est pourvue d'un lanterneau vitré placé suivant l'axe de la construction et régnaant sur toute sa longueur, de vingt-six lanterneaux établis au-dessus des pilônes pour éclairer les poulies de suspension et leurs paliers, enfin de baies vitrées dans les intervalles entre les fermes, non loin du pied des contre-fiches, pour éclairer les chemins et planchers inférieurs. Les deux tourelles centrales sont englobées dans la toiture générale et éclairées par un grand vitrage qui recouvre leur partie supérieure et par quelques baies latérales.

Deux machineries identiques sont établies sur les deux côtés de l'appareil, chacune d'elles étant suffisante pour assurer seule le service et l'autre constituant une réserve.

Chaque installation (fig. 13 et 14) se compose essentiellement d'une turbine motrice du type Fontaine à injection partielle, de 0,30 *m* de hauteur de couronne, 0,40 de rayon moyen et 26,67 p. 100 de surface d'injection maxima. Un embrayage permet de faire engrener avec la roue dentée du grand arbre de transmission du mouvement, qui s'élève à l'intérieur de la tourelle, soit le pignon monté directement sur l'arbre de la turbine, soit un pignon de même diamètre actionné par lui et tournant en sens inverse, ce qui constitue un appareil de changement de marche des plus simples. Le mécanicien, placé devant la turbine, a sous les yeux un tachymètre, et sous la main, dans un rayon d'un mètre, les trois organes à l'aide desquels il dirige le mouvement du sas, savoir : la valve à main placée sur le tuyau d'amenée de 0,40 *m* de diamètre par laquelle il établit ou interrompt l'admission de l'eau dans la turbine motrice, le régulateur de cette turbine par lequel il modère à volonté le volume d'eau admis et le levier du frein de grue agissant sur la roue spéciale que porte le grand arbre vertical de transmission du mouvement.

A trois mètres en arrière se trouve la petite turbine actionnant la pompe d'épuisement, dont le tuyau d'aspiration plonge dans le puisard central de la cale. Cette turbine est alimentée par un tuyau branché sur la conduite d'amenée de la turbine motrice. L'eau puisée par la pompe est refoulée dans la chambre de fuite de la petite turbine d'épuisement, qui se déverse à son tour dans la chambre de fuite de la turbine principale. De cette dernière chambre part la conduite de fuite, de 0,40 *m* de diamètre, qui débouche dans le bief aval à quelques centimètres au-dessus du plan d'eau et qui, par suite, se vide naturellement dès que les turbines sont arrêtées et n'est jamais exposée aux gelées. L'installation est complétée par une valve-papillon automatique du système Clark établie sur la conduite d'amenée entre la prise d'eau de la turbine d'épuisement et la valve à main ; le mécanisme actionnant cette vanne ne diffère de celui établi par M. Clark aux Fontinettes et à la Louvière qu'en ce que les leviers sont au nombre de deux, l'un susceptible d'être actionné par le sas lorsqu'il arrive au bas de sa course, l'autre susceptible d'être actionné par un des contrepoids. Ce dernier levier n'est pas établi à niveau fixe ; il peut être levé ou abaissé dans une glissière suivant le nombre des rondelles de surhaussement placées sur les colonnes d'appui des contrepoids.

Le poids total du système mobile, lorsque le sas descend, est de 1 796,5 *t* ; les résistances passives, ramenées au rayon d'enroulement des chaînes de suspension, sont, à l'état de mouvement uniforme, de 11,83 *t*. Nous proposons d'adopter la vitesse de marche normale du sas de 0,09 *m* par seconde ; cette vitesse sera atteinte au bout de 4 secondes et demie par une accélération de 0,02 par seconde, dont la production exigera l'application sur les jantes des poulies de suspension d'une force supplémentaire de 3,41 *t*. — D'un autre côté, la surcharge additionnelle d'eau introduite dans le sas lui donne un excès de poids de 5,75 *t* sur les contrepoids, en sorte que l'effort à produire par la turbine est de 9,49 *t* au démarrage

pendant 4 secondes et demie et ensuite de 6,08 *t*. Les nombreux engrenages qui séparent les arbres longitudinaux de la turbine présentent ensemble une multiplication de 593, en sorte que, pour une vitesse de marche du sas de 0,09 *m* par seconde, les arbres longitudinaux feront 0,548 tour et la turbine 325 tours par minute. En admettant une perte de force de 20 p. 100 dans les différents engrenages et un rendement de 60 p. 100 de la turbine, la force consommée par cette turbine, mesurée en eau tombée du bief amont au bief aval, sera de 23,7 *chvx* au démarrage et de 15,2 *chvx* à l'état de mouvement uniforme. La consommation d'eau, eu égard à ce qu'on ne doit compter que sur une chute d'eau utilisée de 18,50 *m* en raison des pertes de charge dans les conduites d'amenée et de fuite et de l'abaissement possible de 0,50 *m* du niveau du bief amont, sera de 43,7 *m*³ par opération double, montée et descente du sas.

A la fin de la course, le mécanicien fermera l'arrivée d'eau à la turbine lorsque le sas sera encore à 0,12 *m* de ses appuis et celui-ci, subissant alors une accélération négative de 0,035 *m* par seconde, s'arrêtera naturellement en 2 secondes 6. La durée totale du mouvement du sas, accélération initiale et ralentissement final compris, sera de 230 secondes, soit un peu moins de quatre minutes.

Les disques de surhaussement des contrepoids ne permettant de faire varier la course que par multiples de 0,05 *m*, les variations du plan d'eau du bief amont ne pourront être suivies qu'à 0,025 *m* près et l'épaisseur de la surcharge d'eau additionnelle, au lieu d'être toujours de 0,05 *m*, pourra varier entre 0,025 *m* et 0,075 *m*. Dans le premier cas, le sas pèsera exactement le même poids que les contrepoids et l'effort moteur total de 15,24 *t* au démarrage ou de 11,83 *t* à l'état de mouvement uniforme devra être demandé à la turbine seule. L'effort de 15,24 *t* correspondant à une force de la turbine de 38,1 *chvx* en eau tombée, la turbine a été choisie de la force maxima de 40 *chvx* en eau tombée. Dans

le second cas, l'effort à demander à la turbine lors de la descente du sas à l'état de mouvement uniforme ne sera plus que de 0,33 *t*. — Le frein de grue établi au pied de l'arbre vertical de la tourelle n'aurait donc théoriquement jamais à fonctionner. C'est néanmoins un appareil de sécurité indispensable, tant pour permettre de bien fixer le sas jonctionné avec le bief amont et d'éviter avec certitude toute mise en mouvement intempestive du système mobile, quelque fausse manœuvre qui puisse être faite, que pour faciliter et adoucir les arrêts et que, enfin, pour permettre de ralentir le mouvement à volonté, notamment dans le cas où une surcharge d'eau d'une épaisseur supérieure à 0,075 *m* aurait été embarquée par erreur.

5° *Comparaison des ascenseurs funiculaires ci-dessus décrits avec les ascenseurs hydrauliques.* — La comparaison des ascenseurs funiculaires établis sur le programme qui précède avec les ascenseurs hydrauliques dont le programme a été donné à la fin du précédent paragraphe fait ressortir en faveur des premiers les avantages suivants :

1° Toutes les inquiétudes, toutes les appréhensions qui résultent, dans les ascenseurs hydrauliques, de l'action des forces perturbatrices de l'équilibre et du dépôt des sas sur des tins mal réglés disparaissent dans les ascenseurs funiculaires, où les tins ne sont plus que des arrêts limitant la course ;

2° Les ascenseurs funiculaires ne comportent ni grandes presses hydrauliques à course étendue, ni organes délicats tels que soupapes automatiques de sûreté, conduites d'accouplement sous forte pression, étranglements de tubulures, tampons d'inertie ; toutes les sujétions relatives à la construction de ces appareils, toutes les préoccupations relatives à leur fonctionnement disparaissent ;

3° Le poids du sas mobile n'est plus concentré sur un seul support ; il est réparti sur un grand nombre d'organes et

aucun d'eux n'est soumis à des efforts sortant des limites de la pratique courante des constructions ;

4° Les essais des chaînes de suspension sont faciles à faire et à répéter ;

5° Les organes de suspension restent constamment en charge et ne sont pas soumis à des alternatives destructives de tension et de repos ;

6° La position des sas jonctionnés avec les biefs est absolument invariable, résultat qu'on ne peut jamais atteindre avec certitude dans les ascenseurs hydrauliques, des fuites étant toujours possibles dans les garnitures ;

7° Comme conséquence, tous les appareils de sûreté destinés à empêcher le sas jonctionné de sortir des limites imposées par l'étendue de la surface du joint deviennent inutiles et il en résulte une grande simplification ;

8° Les chaînes n'ayant nul besoin d'être toujours rigoureusement verticales, il devient possible d'attirer le sas contre la tête du bief et de remplacer par un simple caoutchouc plat la poche gonflée d'air comprimé employée à l'ascenseur des Fontinettes, ce qui supprime encore bien des complications : ressorts recouvrant la poche, compresseurs d'air, canalisations d'air comprimé, etc... ;

9° Les deux chutes M et N sont tout à fait indépendantes. Ainsi disparaissent les sujétions que comportent les ascenseurs hydrauliques à un seul sas par chute relatives à la fois à la simultanéité des passages des bateaux aux deux points M et N et à la tenue du plan d'eau du bief intermédiaire à un niveau tel que les deux chutes demeurent toujours égales ;

10° Tous les appareils d'eau comprimée délicats et craignant la gelée disparaissent dans les ascenseurs funiculaires, qui ne comportent ni presses, ni conduites d'eau sous pression, ni accumulateur. La sujétion de filtrer l'eau s'évanouit. Le danger de manœuvres intempestives provoquées par des fuites de garnitures n'existe pas ;

11° La seule précaution à prendre contre les fortes gelées

persistantes consiste, dans les ascenseurs funiculaires, à vider la conduite de la turbine, ainsi que le sas au haut de sa course. On peut ne pas se préoccuper des petites gelées, tous les appareils étant abrités dans une construction close ;

12° Grâce à l'exhaussement donné à l'appui des contrepoids, on peut suspendre les épuisements de la cale sèche la nuit et pendant les chômages, tandis que, dans les ascenseurs hydrauliques, on est obligé ou de continuer les épuisements, ou, pendant les chômages un peu longs, de placer des étages de hausses provisoires sur les tins ;

13° La construction des ascenseurs funiculaires est d'une exécution bien plus facile, ces appareils ne renfermant aucun organe de dimension et de poids exceptionnels, dont la fabrication ou la mise en place implique des sujétions ;

14° La dépense de premier établissement est notablement moindre pour les ascenseurs funiculaires que pour les ascenseurs hydrauliques.

§ III. — PLANS INCLINÉS

1° *Consommation d'eau ou de force motrice.* — *a.* La composante parallèle au plan de la surcharge donnée au sas descendant est seule utilisée comme force motrice, tandis que la totalité de cette surcharge est utilisée dans les ascenseurs. Cette surcharge est donc incomparablement plus grande dans les plans inclinés. C'est là un élément considérable de l'augmentation de la consommation d'eau.

b. — Les sas ne peuvent être jonctionnés avec le bief amont dans l'ascenseur M que dans la position correspondant au niveau minimum de ce bief. Lorsque ce bief est à son niveau maximum, la tranche d'eau supérieure de 0,50 *m* introduite inutilement dans le sas est évacuée, avant la mise en marche, dans un bassin *ad hoc* dont le niveau est inférieur de 2 *m* à celui du bief amont. Pour utiliser l'eau de ce

bassin, M. Barret l'emploie à actionner les machines hydrauliques motrices. Cette utilisation est rationnelle, mais elle fait perdre 2 *m* sur la hauteur de chute et c'est encore une cause d'augmentation de la consommation d'eau par rapport aux ascenseurs.

c. Le système mobile des plans inclinés est beaucoup plus lourd que celui des ascenseurs. — C'est ainsi que, pour ne comparer que les projets d'un même auteur, M. Barret, ce poids est de 2 297 *t* pour les plans inclinés au lieu de 1 575 *t* pour les ascenseurs funiculaires.

d. L'inertie du système mobile à vaincre au départ et à l'arrivée est beaucoup plus grande dans les plans inclinés, non seulement parce que son poids est plus considérable, mais encore parce que la vitesse à lui imprimer ou à amortir est bien plus forte et ne peut être obtenue que par une accélération plus grande. Et comme, d'autre part, la surcharge d'eau du sas descendant n'intervient plus comme force motrice que par sa composante parallèle au plan, il devient impossible de produire l'accélération initiale au départ à l'aide de cette surcharge. — M. Barret a vu la difficulté et l'a résolue en produisant le démarrage par des presses hydrauliques spéciales fonctionnant également comme tampons d'inertie à l'arrivée. Ces presses produisent à l'origine du mouvement une force supplémentaire de 50 *t* et permettent d'imprimer au système mobile une accélération de 0,215 *m*, grâce à laquelle il peut atteindre la vitesse normale de marche de 0,60 *m* en 2 secondes 8, après un parcours de 0,84 *m*.

Somme toute, la consommation d'eau pour produire le mouvement des sas varie dans les ascenseurs entre 30 *t* (projet n° 1) et 51 *t* (Fontinettes) et son rapport au poids du système mobile entre 0,018 et 0,033 lorsque les masses se faisant équilibre sont voisines ; cette consommation varie entre 58,8 *t* et 72,1 *t* et son rapport au poids du système mobile entre

0,037 (projet n° 4) et 0,042 (projet n° 6) lorsque les deux chutes M et N sont accouplées, tandis qu'elle atteint 260 *t* et que son rapport au poids du système mobile s'élève à 0,113 dans les plans inclinés projetés par M. Barret. Cette consommation de 260 *t*, très supérieure à celle autorisée par le programme du concours, se décompose comme il suit :

Surcharge donnée au sas descendant	159,6 <i>t</i>
Dépense d'eau par la machine motrice	95,4 »
Dépense d'eau par les presses de démarrage	5,0 »
Total égal.	260,0 <i>t</i>

Les plans inclinés à pente modérée les mieux conçus nécessitent donc une force motrice cinq fois au moins plus élevée et partant une consommation d'eau motrice cinq fois au moins plus grande que les ascenseurs formés de masses voisines se faisant équilibre. Dans les projets nos 12 et 13, cette consommation serait bien plus grande encore que dans le projet de M. Barret, ainsi qu'il a été dit au chapitre I^{er} de cette étude.

2° *Passage progressif des câbles ou chaînes de traction du côté du sas descendant pendant le mouvement.* — De même que dans les ascenseurs funiculaires, le passage des chaînes d'un côté à l'autre des poulies de renvoi tend, dans les plans inclinés, à accélérer le mouvement et l'emploi de chaînes compensatrices y est également indispensable. Leur omission dans le projet n° 12 a été signalée comme une faute lourde au chapitre I^{er} de cette étude.

3° *Traction funiculaire.* — Ce qui a été dit au paragraphe précédent de la suspension funiculaire s'applique à la traction funiculaire : les câbles en fils de fer ou d'acier avec ou sans âme en chanvre ne paraissent pas offrir une sécurité suffisante ; les chaînes Galle du type Neustadt, avec bagues d'usure emboîtées sur les fuseaux proposées par M. Barret inspirent, au contraire, une entière confiance. — Malheureu-

sement, ces chaînes, qui sont fort chères, présentent dans les plans inclinés un développement considérable, en sorte que la dépense devient presque impossible à aborder. C'est ainsi que, dans le projet n° 11 de M. Barret, les chaînes, poulies et arbres représentent l'énorme somme de 1 466 467 fr. — L'entretien de ces longues chaînes renfermant ensemble 22 600 axes de rotation à entretenir lubrifiés d'huile présenterait aussi de nombreuses sujétions et ne pourrait manquer d'être assez onéreux.

4° *Répartition du poids du sas sur un très grand nombre d'appuis.* — L'équale répartition de l'énorme poids d'un sas sur 112 roues (projet n° 11) ou sur 144 patins (projet n° 12) est un problème de mécanique assez complexe que ni M. Barret ni MM. Thomasset et Vollot ne paraissent avoir résolu d'une manière complètement satisfaisante.

Ces derniers font reposer le sas sur les patins par l'intermédiaire de presses hydrauliques dans lesquelles le mécanicien doit de temps en temps envoyer de l'eau comprimée pour réparer les fuites. Les presses des patins de chacun des quatre quarts du sas sont desservis par un réseau distinct de conduites d'eau comprimée. Si, ce qui est inévitable, les fuites sont plus grandes dans un groupe que dans les trois autres, le sas se trouvera porté presque entièrement par ces trois groupes. Il pourrait même ne l'être que par deux groupes diagonalement opposés. — En outre, le mécanicien peut ne pas faire en temps utile une émission d'eau comprimée pour compenser les fuites et alors les plongeurs de certaines presses arriveront à fond de course avant ceux des autres, ne serait-ce qu'en raison des inégalités inévitables de la voie, et les patins correspondant à ces plongeurs supporteront seuls toute la charge. Enfin, l'introduction de 144 presses hydrauliques constamment en charge et de leurs réseaux de conduites constitue une complication inouïe et introduit des sujétions intolérables d'exploitation et d'entretien.

M. Barret fait reposer le sas sur les boîtes à graisse des essieux par l'intermédiaire de clavettes en forme de coins au 1/12 et chacune de ces clavettes est la tête du plongeur d'une balance hydrostatique. — Ici, le sas ne repose plus sur les supports par l'intermédiaire de matelas d'eau comprimée. Les presses ne sont qu'un instrument de réglage intermittent, comme celles des balances d'attache des extrémités des chaînes de l'ascenseur funiculaire du même auteur. Ce système, outre qu'il est également extrêmement complexe, donne lieu aux mêmes objections que celui du réglage de l'égal tension des chaînes de l'ascenseur funiculaire : il est fort douteux que l'admission de l'eau comprimée pendant un temps très court produise l'égal serrage de toutes les clavettes, les courses des pistons des balances pendant cette courte admission paraissant devoir dépendre au moins autant des parcours que l'eau comprimée aura à effectuer pour y parvenir que des charges initiales des clavettes; — difficulté et délicatesse de l'opération, une admission d'une durée trop longue pouvant conduire tout ou partie des clavettes à fond de course; — possibilité que le mécanicien néglige de procéder en temps utile aux opérations de réglage. Mais il y a lieu d'observer encore que, à chaque opération de réglage, les clavettes s'enfoncent davantage et qu'il n'existe aucun moyen de les ramener en arrière en dehors d'une manœuvre d'écrous à la main faite successivement aux 112 clavettes, opération fort longue que le mécanicien aura à faire après un petit nombre de réglages même s'il est fort habile, à chaque réglage et peut-être même plusieurs fois s'il est moins habile, s'il admet l'eau comprimée pendant un temps un peu trop long et pousse ainsi ses clavettes à fond de course. — Enfin, il est à remarquer que l'égal répartition des charges supposée réalisée quand le sas est sur un point de la voie cesserait de l'être dès que le sas se serait transporté sur un autre point, en raison des inégalités des tassements inévitables de la voie.

Nous ne connaissons qu'une seule solution vraiment simple

et complète du problème de l'égalité répartition du poids d'un sas sur de très nombreux appuis, c'est celle qui a été indiquée par feu M. l'ingénieur en chef Peslin dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (n° 17 du 1^{er} semestre de 1885) et qui consiste à fractionner le sas dans le sens de sa longueur en un certain nombre de segments indépendants portés par quatre trucs ou boggies placés vers ses quatre angles. Le sas est ainsi assimilable à un véritable train formé de wagons à boggies. Chaque boggy ayant quatre roues, chaque wagon est ainsi porté par seize roues. Les différents wagons de ce train seraient attelés et pourvus de freins continus absolument comme les trains de chemins de fer. Il ne reste qu'à assurer par des joints convenables la continuité de la bâche formée d'autant de tronçons qu'il y a de wagons. Il ne suffit pas, comme paraissent l'avoir pensé MM. Gruson et Barbet, de former ces joints par de simples bandes de caoutchouc qui seraient serrées par la composante du poids des tronçons supérieurs, la chaîne de traction du train venant s'attacher au tronçon inférieur. Un tel système ne serait applicable qu'à un train dépourvu de freins, au moins dans tous les tronçons autres que le tronçon inférieur. La sécurité paraissant exiger des freins sur tous les tronçons, le serrage des freins, pour peu qu'il agit un peu plus rapidement sur un tronçon que sur celui placé au-dessous de lui, produirait une ouverture du joint et une énorme fuite d'eau. — Mais M. Peslin a indiqué deux systèmes de joints légèrement extensibles, compatibles avec les freins continus et l'élasticité des attelages ordinaires, qui paraissent l'un et l'autre très pratiques et entre lesquels un choix pourrait être fait après expérience : un soufflet construit en lames d'acier flexibles analogue à celui qui réunit entre eux les wagons des trains de luxe des pays froids ou une toile caoutchoutée fixée par ses lisières sur les extrémités du fond et des parois latérales des tronçons de bâche à réunir. — On pourrait même peut-être remplacer la toile caoutchoutée par une bande de caoutchouc pur, ainsi qu'on le fait

dans le joint étanche de dilatation des ponts-canaux métalliques.

5° *Mouvements désordonnés de l'eau du sas lors des variations de la vitesse du mouvement.* — Les variations de la vitesse du mouvement des sas constituent la difficulté capitale et non encore pratiquement résolue de la construction de plans inclinés transportant les bateaux à flot. Les machines qui commandent la marche des sas ne peuvent donner un mouvement absolument régulier et uniforme. Une accélération au début du mouvement, un ralentissement à la fin sont inévitables. Un arrêt accidentel peut, en outre, devenir nécessaire en cours de route. Ces variations de la vitesse produisent des oscillations du plan d'eau dans le sas en marche, des projections d'eau hors du sas et des chocs du bateau contre les parois et le fond du sas. Un arrêt brusque, comme celui que produirait l'action de freins énergiques serrés instantanément en cas d'accident, n'immobiliserait que le sas proprement dit et non l'eau et le bateau qu'il contient. Le bateau romprait très probablement ses amarres et serait lancé hors du sas dont il défoncerait la porte. Tout au moins, l'eau serait projetée hors du sas et le bateau s'échouerait. Aux plans inclinés de Blackhill, en Ecosse, et de Georgetown, en Amérique, où la vitesse de marche est de 0,90 *m* par seconde, on a dû renoncer immédiatement à transporter les bateaux à flot et il a fallu se borner à ne laisser pendant la marche que peu d'eau dans le sas de façon que la carène du bateau repose sur le fond, ce qui n'est possible que pour des bateaux vides ou peu chargés solidement construits. MM. Gruson et Barbet (voir p. 16, 17, 23, 24 et 192 de leur étude), après avoir rappelé ces faits, indiquent les palliatifs suivants : adopter un moteur produisant un mouvement aussi uniforme que possible ; — placer sous les yeux du mécanicien un tachymètre dont l'aiguille soit mue par les poulies de renvoi et reproduise l'image du mouvement réel des sas, tandis qu'une autre

aiguille actionnée par un mouvement d'horlogerie indiquerait la vitesse du mouvement uniforme que le mécanicien doit s'efforcer de réaliser; — attacher le bateau au sas par des amarres à ressort; — établir, en outre, au niveau de la flottaison de petites presses hydrauliques fixées au sas dont les pistons appliqueraient fortement contre les parois du bateau des longrines flottantes en bois; — enfin placer au fond du sas des cloisons verticales mobiles que l'on soulèverait après l'entrée du bateau pour diviser la masse d'eau et éviter les grandes ondulations d'ensemble, ainsi d'ailleurs que l'avaient déjà proposé M. Bony, directeur de la maison Gobert de Lyon, et M. l'ingénieur en chef Peslin. — MM. Gruson et Barbet ajoutent que ces palliatifs, qui peuvent être bons, n'ont point reçu cependant la sanction de l'expérience, en sorte qu'on ne saurait garantir leur efficacité et qu'ils introduiraient dans les plans inclinés d'énormes complications et des sujétions d'exploitation considérables, qui n'existent pas dans les ascenseurs à mouvement vertical très lent. Aussi concluent-ils au rejet du système des plans inclinés. — M. Barret, dans une note du 30 janvier 1882, a formellement abandonné, à son tour, le projet de plans inclinés qu'il avait présenté et déclaré ne maintenir que ses projets d'ascenseurs verticaux. — Enfin il est digne de remarquer que MM. Leslie, les constructeurs du premier plan incliné, celui de Blackhill, n'ont présenté au concours qu'un projet d'ascenseurs funiculaires, ce qui implique leur renoncement au système des plans inclinés dont ils sont cependant les inventeurs.

Théoriquement, la valeur de la vitesse absolue des sas n'aurait point d'importance, si elle était rigoureusement uniforme. Mais, comme les irrégularités de la marche dues à l'imperfection des moteurs, l'accélération initiale, le ralentissement final croissent nécessairement en valeur absolue avec cette vitesse, en même temps qu'augmentent considérablement les dangers d'un arrêt précipité en cas d'accident, il est hors de doute que la vitesse de marche doit être très modérée.

— Trois éléments nous paraissent donc devoir être considérés au point de vue des mouvements de l'eau dans le sas en marche : la vitesse en valeur absolue, l'accélération au départ et l'accélération négative à l'arrivée, enfin la régularité de marche fournie par le moteur.

A chacun de ces trois points de vue, les conditions réalisées par les projets de MM. Thomasset et Vollot sont aussi déplorablement que possible : la vitesse de marche est de 4 m à la seconde dans le projet n° 12 et de $4,66\text{ m}$ dans le projet n° 13, alors que les plans inclinés de Blackhill et de Georgetown n'ont pu fonctionner pour les bateaux laissés à flot avec une vitesse de $0,90\text{ m}$; — l'accélération au départ est de plus de $0,21\text{ m}$ par seconde ; — la surcharge motrice, suffisante pour provoquer cette accélération, tend à la maintenir pendant toute la durée de la marche ; les câbles non compensés tendent même à l'accroître ; il faut donc, dès que la vitesse de régime est atteinte, s'opposer sans cesse à l'accélération et diriger le mouvement par les freins ; or, les freins ne sont autres que les patins sous lesquels on peut interrompre l'envoi d'eau comprimée au moyen d'un clapet qui se manœuvre en un dixième de seconde. Le mécanicien conduirait donc le mouvement en établissant et en supprimant alternativement l'envoi d'eau comprimée aux patins. On obtiendrait ainsi un mouvement saccadé composé d'alternances d'accélération et de ralentissements, ce qui est absolument le contraire du but cherché. Enfin, à la moindre fautive manœuvre, les sas s'emballeraient ou s'arrêteraient brusquement.

M. Barret a adopté la vitesse de marche de $0,60\text{ m}$ par seconde. Il paraît difficile de descendre au-dessous sans consacrer au mouvement des sas un temps exagéré et cependant il n'est peut-être pas absolument certain que cette vitesse soit suffisamment inférieure à celle de $0,90\text{ m}$ reconnue inadmissible pour qu'elle garantisse toute satisfaction. Une expérience pourrait seule faire la lumière sur ce point. — (Dans un projet

de plan incliné dressé en 1890, la C^{ie} Fives-Lille a cru devoir adopter une vitesse de 0,20 *m* seulement par seconde). — Mais M. Barret a admis au départ une accélération de 0,2146 *m* par seconde qui est certainement beaucoup trop forte. Il était forcément conduit à adopter une accélération exagérée en raison de ce qu'il produit cette accélération par des presses de démarrage et qu'il faut ainsi que la vitesse de régime soit acquise sur le parcours, nécessairement très faible, qui correspond à la course des pistons de ces presses. C'est là, à notre avis un vice absolument réhibitoire de ce mode de démarrage. — Ces mêmes presses fonctionnant comme tampons d'inertie, produiraient également une accélération négative trop forte à la fin du mouvement. — La machine à colonne d'eau prévue comme moteur, renfermant des organes à mouvement alternatif, ne paraît pas devoir donner un mouvement aussi régulièrement uniforme qu'une turbine, qui serait ici bien mieux à sa place. — Enfin, des à-coups sont à redouter dans le mouvement au moment où le sas cesse de recevoir l'impulsion des presses de démarrage et à celui où il reprend appui sur elles vers la fin de sa course. — Les dispositions projetées par M. Barret ne paraissent donc pas non plus satisfaisantes; les presses de démarrage notamment ne semblent pas pouvoir être adoptées.

6° *Dans le cas particulier du canal de la Marne à la Saône, impossibilité de racheter la chute totale de 41 mètres par un plan unique et excessive importance des dépenses de premier établissement.* — Le principal avantage des plans inclinés sur les ascenseurs verticaux, c'est que, en général, la hauteur de chute qu'ils rachètent est illimitée, en sorte qu'un seul plan de 41 *m* de chute, par exemple, peut suffire là où deux ascenseurs au moins eussent été nécessaires.

Mais il n'en est pas ainsi dans le cas particulier du canal de la Marne à la Saône où, ainsi que cela a déjà été dit en décrivant le projet n° 12, la topographie du vallon, qui se prête

parfaitement bien à un fractionnement en deux chutes partielles de 20,50 *m*, ne permet pas, sans l'exécution de terrassements d'une hauteur prodigieuse et vraiment inabordables, l'inscription d'un tracé de canal présentant une chute de 41 *m* concentrée sur une faible longueur. Dès l'instant où deux plans inclinés distincts sont nécessaires aux points M et N, les dépenses de premier établissement deviennent excessives, en raison du prix élevé de la voie qui atteint 1343,43 *fr* par mètre courant dans le projet n° 11 et 1350,86 *fr* dans le projet n° 12, et des chaînes Galle qui, à elles seules, sont estimées 1 334 371 *fr* dans le projet n° 11. — C'est ainsi que ce dernier projet comporte, pour la partie métallique et la voie, une dépense de 3 590 835 *fr* non compris les 448 balances hydrostatiques ajoutées après coup et non évaluées, alors que, avec les ascenseurs, la dépense correspondante ne s'élève qu'à 1 250 000 *fr* dans le projet n° 10 et 1 214 700 *fr* dans le projet n° 6.

7° *Programme à adopter pour la construction de plans inclinés.* — Le principal défaut du projet de M. Barret nous paraît être l'importance exagérée de l'accélération positive ou négative du mouvement au départ et à l'arrivée et nous estimons qu'il convient, pour ne pas provoquer d'oscillations inadmissibles de l'eau des sas, de réduire cette accélération à 0,03 *m* par seconde, en sorte que la vitesse de régime de 0,60 *m* par seconde ne serait atteinte ou amortie qu'en 20 secondes sur un parcours de 6 *m*.

Pour obtenir ce résultat dans le projet de M. Barret, il suffit d'y apporter les changements suivants :

1° Supprimer les presses de démarrage ou tout au moins ne les conserver que comme appareils de sécurité devant fonctionner comme tampons d'inertie en cas d'arrivée du sas en vitesse au bas de sa course, à la suite d'un accident ou d'une fausse manœuvre :

2° Réduire à 102,35 *t* la surcharge additionnelle motrice,

de telle sorte que sa composante parallèle au plan ne soit que de 8,5 *t* et soit ainsi inférieure de 7 *t* aux résistances passives à l'état de mouvement uniforme;

3° Pourvoir l'appareil de deux turbines motrices identiques de 56 *chx* de force chacune capables de produire un effort de 7 *t* à la circonférence d'enroulement des câbles.

Dans ces conditions, la mise en marche simultanée des deux turbines pendant 20 secondes à l'origine du mouvement produirait une accélération de 0,03 *m* par seconde ($\frac{7}{2297} = \frac{0,03}{g}$); le maintien en fonction d'une seule turbine conserverait ensuite le mouvement uniforme de 0,60 *m* de vitesse; enfin, l'arrêt de cette turbine 6 *m* avant que les sas n'arrivassent à l'extrémité de leur course provoquerait l'arrêt des sas sur ce parcours de 6 *m* en 20 secondes avec une accélération négative de 0,03 par seconde.

CHAPITRE III

ATTRIBUTION DES PRIX DU CONCOURS ET COMPARAISON DES ASCENSEURS ET DES ÉCLUSES

§ I^{er} — ATTRIBUTION DES PRIX DU CONCOURS

Les trois projets de plans inclinés ont été d'abord éliminés : les n^{os} 12 et 13 parce qu'ils comportent des vitesses de marche de sas plein d'eau de 4 *m* et de 4,66 *m* par seconde, qui ont paru tout à fait inadmissibles, parce qu'ils ne satisfont pas aux conditions du concours en ce qui concerne la consommation d'eau, et enfin parce que les dispositions prises pour assurer la sécurité au quadruple point de vue de la tranquillité de l'eau dans le sas, de la répartition du poids du sas sur de nombreux appuis, de la traction funiculaire et de la régularité de la marche n'ont pas paru suffisantes. Ainsi qu'on l'a montré au chapitre I^{er}, la première modification à leur apporter pour les rendre exécutoires consisterait à réduire la vitesse de marche à 0,60 *m*, à remplacer les patins glissants par des roues, ce qui ferait disparaître toute l'originalité de ces projets, et à prévoir, dans le projet n^o 12, deux plans inclinés au lieu d'un seul, faute d'emplacement pour l'établir convenablement, changements qui feraient du projet n^o 12 une sorte de duplicata de celui n^o 11 de M. Barret et qui rendraient infiniment longues les manœuvres du projet n^o 13. — Le projet n^o 11 a été éliminé en raison de sa complication inouïe et des difficultés d'exploitation qui en résulteraient (8 350 *m* de chaîne Galle renfermant plus de 45 000 axes de rotation et de 1 800 roulettes, 16 balances hydrostatiques pour l'attache de ces chaînes, 448 autres balances pour le réglage des clavettes,

448 boîtes à graisse, 4 machines à colonne d'eau à 2 pompes, 4 accumulateurs, 4 machines motrices à 3 cylindres, 8 presses de démarrage, 8 presses de retenue, 8 presses de manœuvre des portes, 4 cabestans hydrauliques à 3 cylindres, 32 poulies d'enroulement des chaînes, 4 treuils roulants, etc...), des chances sérieuses d'avaries d'appareils aussi complexes, de la difficulté et de la délicatesse des manœuvres, du défaut de sécurité du bateau résultant de l'exagération de l'accélération admise, de l'insuffisance des moyens prévus pour assurer l'égalité répartition du poids du sas sur ses 112 roues porteuses, de la non-satisfaction au programme du concours en ce qui concerne la consommation d'eau et la durée de la manœuvre, enfin de l'énormité des dépenses d'entretien et de premier établissement.

Le projet n° 9 d'ascenseurs funiculaires présenté par M. Barret renferme quelques idées excellentes que nous avons retenues dans le programme à adopter pour la construction d'ascenseurs de cette espèce, notamment celle d'opérer la suspension par des chaînes Galle, du type Neustadt, pourvues de bagues d'usure emboîtées sur les fuseaux, qui supportent seules le contact des poulies, et celle de n'embarquer qu'une surcharge d'eau insuffisante pour vaincre les résistances passives et de produire le mouvement par une machine hydraulique actionnant l'un des arbres de suspension. Il a dû néanmoins être éliminé en raison de l'insuffisance des balances hydrostatiques pour assurer l'égalité tension des chaînes, ainsi que cela a été démontré au chapitre II des dépenses excessives d'exploitation, d'entretien et de premier établissement, ces dernières s'élevant à 2 800 628 fr pour la partie métallique seulement, c'est-à-dire à plus du double des dépenses correspondantes des projets nos 4, 6 et 10 ; de la grande difficulté des manœuvres et de l'entretien et de l'extrême complication des mécanismes (3 accumulateurs, dont un d'un type spécial et complexe, 153 cylindres à eau comprimée, 442 presse-étoupes, 15355 organes à entretenir lubrifiés dont 13 000 fuseaux de

chaînes de suspension et 2355 organes de machines exigeant un graissage soigné et régulier, 31 leviers ou volants de manœuvre, dont 21 sur la seule table du mécanicien de l'ascenseur M, etc...).

Le projet n° 8 d'ascenseurs flottants étudié par M. Seyrig présente des mérites incontestables. Il n'a pu cependant être retenu en raison des grandes difficultés que présenterait la construction de ces appareils et surtout de leur prix extrêmement élevé.

On donnera une idée des difficultés de construction en rappelant que, pour chaque élévateur rachetant une chute de 20,50 m, la hauteur de la construction entre le niveau de fondation des puits et les chemins de halage du bief amont atteint 62,65 m et que celle du système mobile entre la base des flotteurs et la lisse des garde-corps du sas et de 39,80 m ; — que les vastes puits des flotteurs sont fondés à 37,80 m en contre-bas du radier de la cale sèche et à 41,53 m en contre-bas du plan d'eau du bief aval ; — et que le volume à déblayer en contre-bas du radier de la cale pour creuser ce puits est, pour l'ensemble des deux ascenseurs à sas unique, de 18 200 m³. Or, ce volume est supérieur à 43 fois celui des puits des presses des deux sas des Fontinettes et la profondeur de 37,80 m supérieure à 2 fois 1/4 celle des puits des Fontinettes. Il suffit de se rappeler les difficultés considérables du forage des puits des Fontinettes pour se faire une idée de ce que pourraient être celles de l'établissement de puits 2 fois 1/4 plus profonds et 43 fois plus vastes.

Bien que les déblais des puits ne soient évalués qu'à 25 fr le mètre cube, prix qui ne serait peut-être pas suffisant, les puits, les flotteurs et les tourelles qui les surmontent doivent coûter 1 451 352 fr, c'est-à-dire plus à eux seuls que la dépense totale, sauf les terrassements et les maçonneries de la cale, des projets nos 4, 6 et 10. — Rectification faite d'une erreur de multiplication de 348 000 fr relevée dans le détail estimatif et compte tenu de quelques majorations dont l'étude

détaillée du projet a montré la nécessité, la dépense totale du projet n° 8 s'élèverait à 3 400 000 *fr.*, dont 2 622 752 *fr.* pour la partie métallique et le fonçage des puits. Elle serait double au moins de la dépense correspondante des projets nos 4, 6 et 10 qui ne comportent, comme le projet n° 8, qu'un seul sas par chute. Une telle dépense de premier établissement est un véritable vice rédhibitoire. — La consommation d'eau par manœuvre est également double de celle que comportent ces projets et qu'autorise le programme du concours et le personnel nécessaire à la manœuvre une fois et demie à deux fois plus nombreux, ainsi que le montre le tableau résumant les données principales des divers projets inséré à la fin du chapitre I^{er}.

Bien que la Commission n'ait pas pris en considération le projet n° 8, il n'est pas sans intérêt d'étudier quelques améliorations de détail dont il est susceptible, l'examen des ascenseurs flottants n'ayant pas trouvé place dans les considérations du chapitre II.

De même que dans les ascenseurs hydrauliques, l'équilibre du système mobile d'un ascenseur flottant est instable. Ce système est, de plus, comme tout corps flottant, exposé à des oscillations de translation verticale après la cessation du mouvement. Il y a donc lieu de se prémunir à la fois contre les oscillations de translation verticale et contre les oscillations angulaires, conséquences de l'instabilité de l'équilibre. M. Seyrig a très bien réussi à éviter les premières en laissant le poids du système mobile en excès sur la poussée de l'eau et en produisant le mouvement par une presse hydraulique à basse pression. Il n'a pas été aussi heureux en ce qui concerne les secondes.

Le guidage (fig. 1 et 2, pl. 5) se fait par les extrémités du sas et par la base des flotteurs au moyen de galets pouvant s'appliquer sur des règles placées dans les puits, dont il serait, soit dit en passant, bien difficile de réaliser le parallélisme rigoureux avec les guidages du sas. Ces galets laissent un jeu de 0,06 *m.* Quant aux guidages placés aux extrémités du

sas, il est impossible, étant donné qu'ils doivent permettre la dilatation des tôles du sas sur une longueur de 42 m, qu'ils laissent un jeu supérieur à 0,03 m. Dans ces conditions, l'inclinaison que pourrait prendre le système mobile pivotant autour de la bague du stuffing-box de la presse motrice ne serait limitée qu'à 0,0009 m par mètre au bas de sa course par les galets des flotteurs et qu'à 0,0006 m par mètre au haut de sa course par les guidages du sas, si ce système mobile était absolument indéformable et il en résulterait, entre les extrémités du sas, des dénivellations respectives de 0,0405 m et de 0,027 m. La flexibilité des tôles doublera environ ces dénivellations qui atteindront ainsi 0,081 m et 0,054 m. L'eau se portant du côté déprimé du sas tendra à le maintenir dans cette position par un moment dont l'expression en tonnes-mètres par rapport au centre de rotation, qui est le centre de la bague du stuffing-box, est $\frac{1}{12} L^3 li$, appelant $L = 44$ m la longueur entre les portes, $l = 6$ m la largeur du sas entre bordés et $i = 0,0018$ ou $0,0012$ l'inclinaison par mètre. La valeur de ce moment est ainsi de 76,666 tm, au bas de la course, et de 51,110 tm en haut. — Or, elle est très inférieure à celles des moments des forces perturbatrices de l'équilibre, telles que la poussée de l'eau sur la porte fermée d'un sas jonctionné et la surélévation de l'eau produite par un bateau en marche, moments dont les expressions sont $\frac{l(m + \Delta m)^2 b}{2}$ et $\frac{L^2 l \Delta m}{8}$, en appelant $b = 2,55$ m ou $23,05$ m la distance verticale entre le centre du stuffing-box et le centre de poussée sur la porte fermée et $\Delta m = 0,10$ m la surélévation de l'eau devant un bateau en marche, et dont les valeurs sont, pour la poussée sur la porte, 37,026 tm au bas de la course et 334,686 tm au haut de la course et, pour la surélévation de l'eau, 145,200 tm dans les deux cas. Le sas jonctionné avec l'un ou l'autre des biefs passera donc, sous l'influence du développement ou de la cessation des forces perturbatrices de l'équilibre, de la position inclinée dans un sens à la position

inclinée en sens inverse et subira ainsi de grandes oscillations rotatives autour du centre du stuffing-box, suivies chacune d'oscillations plus petites, de trépidations. — Ces mouvements oscillatoires, outre qu'ils donneraient lieu à des chocs dangereux et pourraient déchirer le joint entre le sas et le bief, ouvriraient ce joint lorsqu'ils se produiraient dans le sens de l'éloignement du bief et provoqueraient des fuites d'eau énormes. — Ils sont à tous égards tout à fait inadmissibles. — Pour les éviter, il nous paraît indispensable d'adopter, comme dans les ascenseurs hydrauliques, un guidage central unique au milieu de la longueur du sas avec un jeu extrêmement faible et, en outre, afin d'éviter sur la virole supérieure de la presse motrice, dont le stuffing-box constitue un guidage sans jeu aucun, les effets des forces et couples perturbateurs de l'équilibre, d'articuler le sas sur la tête du plongeur. Une articulation efficace est ici extrêmement facile à réaliser à l'aide d'une simple rotule sphérique puisque le système mobile, porté presque entièrement par les flotteurs, ne s'appuie que légèrement sur le plongeur, en sorte que l'articulation n'offre que fort peu de résistance au glissement. La condition d'un bon guidage étant que les galets inférieurs et supérieurs soient séparés par une grande distance verticale et le sas n'ayant que peu de hauteur, il serait nécessaire de le pourvoir en son milieu d'un portique sous lequel passeraient les bateaux et dont les montants serviraient à porter les patins ou galets supérieurs de guidage.

La presse projetée par M. Seyrig est à la fois appuyée par sa base sur le fond du puits et suspendue à la margelle par sa partie supérieure. L'accident d'Anderton a surabondamment montré combien était dangereux ce double mode de support. Il convient de choisir entre l'un ou l'autre. La presse étant un cylindre mince en tôle d'acier, on ne saurait, sans changer son mode de construction, la faire reposer uniquement sur le fond du puits. On peut la suspendre entièrement à la margelle, mais il faut alors, pour qu'elle soit assez résis-

tante, porter de 0,007 *m* à 0,010 *m* l'épaisseur de la tôle qui la constitue.

Le vide annulaire de 0,47 *m* de largeur ménagé entre la presse et les parois du puits n'est pas suffisant pour permettre commodément la mise en place et la visite de la presse. Il convient de le porter à 0,82 *m* comme à la Louvière ou à 0,872 *m* comme aux Fontinettes, sauf à éloigner légèrement du milieu les deux flotteurs intérieurs.

Les soupapes hydrauliques à tiroir, qui commandent l'admission et l'échappement de la presse, sont sujettes à dérangement, d'une manœuvre trop brusque et ne se prêtent pas facilement à des ouvertures partielles, cependant bien nécessaires ici puisque la force motrice varie dans le rapport de 32 à 1. — Il convient de les remplacer par des valves discoïdales manœuvrées à la main. — Il serait bon également de munir l'appareil de valves-papillons et de leviers de Clark ralentissant graduellement le mouvement à la fin de la course. Les dispositions des enclenchements paraissent aussi pouvoir être un peu simplifiées.

Ces quelques modifications supposées faites, il y a lieu de remarquer encore que l'ascenseur flottant, de même que l'ascenseur hydraulique, n'assure pas la fixité absolue de la position du sas jonctionné avec un bief, en raison des fuites possibles du stuffing-box de la presse, et que, l'alimentation de la presse de l'ascenseur N exigeant une conduite de 2 kilomètres de longueur, l'ascenseur flottant participe, au moins dans le cas particulier du canal de la Marne à la Saône, des inconvénients inhérents aux longues conduites d'eau sous pression examinés au chapitre II dans l'étude des ascenseurs hydrauliques à sas unique par chute.

Enfin, un inconvénient spécial à l'ascenseur flottant réside dans les fuites inévitables des flotteurs. Cet inconvénient est d'autant plus grave que les flotteurs sont toujours entièrement immergés, en sorte que rien ne permet de s'apercevoir de rentrées d'eau à leur intérieur. Or, ces rentrées d'eau détrui

sent l'équilibre du système mobile et engendrent des couples dangereux pouvant fatiguer énormément le guidage. — M. Seyrig a prévu l'établissement d'un pulsomètre dans chaque flotteur. Cela suppose un réseau de conduites fixes de tuyaux de vapeur avec tubulures en attente en face de chaque puits de flotteur et entraîne pas mal de sujétions. De plus, on pourra toujours redouter qu'un mécanicien négligent n'épuise pas assez fréquemment les flotteurs, ou qu'une grosse fuite, que rien ne décèlerait à l'extérieur, ne vienne à se produire tout d'un coup.

Les projets n° 8, 9, 11, 12 et 13 une fois éliminés, la Commission restait en présence du projet n° 10 d'ascenseurs funiculaires de MM. Leslie et des sept projets d'ascenseurs hydrauliques. Le projet n° 5 à 4 chutes de 10,25 *m* lui a paru peu logique. « Dans l'établissement d'un projet d'ascenseur, on « doit, disait M. Dufourny au Congrès de 1889, atteindre la « limite de hauteur compatible avec le système employé, puis- « qu'on réduit ainsi le nombre des appareils, les frais d'éta- « blissement, le personnel et les dépenses d'exploitation. » La Commission a partagé de tous points cette manière de voir. Le projet n° 3, tout en comportant les mêmes difficultés que le projet n° 6 relatives aux longues conduites d'accouplement, coûte, en effet, 585 764 *fr* de plus que le projet n° 6 et exige un personnel de manœuvre double.

Le projet n° 7, dans lequel le sas, unique à chaque chute, est équilibré par deux grands accumulateurs comportant des presses, des plongeurs et des puits semblables à ceux d'un second sas et même d'une plus grande hauteur, coûte presque autant qu'un projet à deux sas accolés à chaque chute, sans en avoir les avantages. (L'économie par rapport au système à deux sas accolés est seulement de 100 000 *fr* sur la partie métallique et de 200 000 *fr* sur les terrassements et maçonneries, soit de 300 000 *fr*, tandis qu'elle atteint 830 000 *fr* en reliant le sas unique de la chute M à celui de la chute N par une conduite d'accouplement, ainsi que cela a été fait dans le

projet n° 6.) Des raisons impérieuses d'économie conduisent donc à classer les projets n^{os} 5 et 7 après le projet n° 6.

Les trois projets n^{os} 5, 6 et 7 présentent d'ailleurs les inconvénients suivants : les presses sont fondées sur des plates-formes en bois compressibles et éminemment défectueuses, ainsi que l'a montré l'accident d'Anderton ; — elles ne sont pas pourvues de tampons d'inertie ni d'aucun appareil de sûreté amortissant la vitesse de chute en cas d'accident ; — la conduite d'accouplement n'est pas étranglée à ses points de pénétration dans les presses ; — les compensateurs à tuyaux télescopiques sont délicats, encombrants, sujets à de nombreux dérangements et à des ruptures pendant les gelées, et cependant on ne peut les supprimer sans cesser de satisfaire au programme du concours, la consommation d'eau atteignant déjà, malgré ces appareils, la limite imposée de 100 m³ par manœuvre. Les longues conduites d'accouplement des projets n^{os} 5 et 6 ne sont pas séparées des presses par des soupapes automatiques de sûreté destinées à mettre les élévateurs à l'abri des conséquences de fuites ou d'accidents aux conduites. Enfin, et c'est cet inconvénient qui a paru décisif à la Commission, les sas des projets n^{os} 6 et 7 sont supportés par deux presses latérales, disposition qui, ainsi que cela a été montré au chapitre II, rend impossible l'étranglement des conduites à leurs points de pénétration dans les presses, complique l'appareil, augmente les dépenses et les chances d'accident, éloigne trop les deux presses l'une de l'autre pour permettre d'espérer une marche tout à fait concordante de leurs plongeurs, provoque par suite le coincement du système mobile entre les presse-étoupes et le guidage et introduit ainsi une nouvelle force perturbatrice de l'équilibre dont l'action est permanente, enfin augmente considérablement les effets des forces perturbatrices sur les viroles supérieures des presses, en raison de l'importante réduction de la distance verticale entre le niveau de ces presse-étoupes et celui des patins de guidage les plus éloignés

de ce niveau. — Les projets n^{os} 6 et 7 ont donc été classés après ceux dans lesquels le sas n'est supporté que par une seule presse centrale. Mais des projets de MM. Clark, Standfield et Clark, nous avons retenu le grand levier automatique actionnant une valve-papillon qui modère graduellement la vitesse des sas à la fin de leur course, appareil dont le fonctionnement est irréprochable aux Fontinettes et à la Louvière et qui peut être appliqué aux ascenseurs de tous systèmes, ainsi que l'idée de l'accouplement à grande distance des presses de deux chutes successives d'un même canal et le programme si précis de l'ordre des manœuvres et des enclenchements à réaliser pour que cet accouplement ne puisse donner lieu à aucun accident.

Au congrès de l'utilisation des eaux fluviales de 1889, M. Dufourny exposait que, dans les études d'ascenseurs hydrauliques, tous les efforts devaient tendre désormais vers ce triple but : simplifier les appareils de manière à les rendre aussi rustiques et faciles à entretenir que possible, — réduire les dépenses et supprimer l'usage de l'eau comprimée de tous les appareils secondaires, en raison des mécomptes nombreux auxquels il donnait lieu. — M. Barret, dans l'étude des projets n^{os} 1 et 2, semble avoir pris exactement le contre-pied de ce programme. Ces projets renferment un très grand nombre d'appareils fort complexes et d'ailleurs complètement inutiles; puisque leur absence aux Fontinettes et à la Louvière n'a jamais été regrettée : compensateurs à lourdes chaînes coûtant à eux seuls 112 000 *fr* dans le projet n^o 1 et 56 000 *fr* dans le projet n^o 2, vaste plate-forme fixe portée par les guidages assez robuste pour soutenir le sas plein, anses de suspension et contreventements obliques du sas, verrous de suspension et appareils hydrauliques de rotation de ces verrous coûtant 171 000 *fr* dans le projet n^o 1 et 85 500 *fr* dans le projet n^o 2, machineries hydrauliques complexes permettant de faire varier simultanément les niveaux des talons des verrous de l'ascenseur M suivant les

variations du plan d'eau du bief supérieur, machines à eau comprimée actionnant les tins de la cale sèche, autres machines à eau comprimée pour le soulèvement des colliers des presse-étoupes, pour les treuils hydrauliques de 35 t destinés aux réparations, poulies mobiles pour la suspension des portes d'aval, balanciers et mouvements de rappel des patins de guidage, etc., etc... L'usage de l'eau comprimée est abusif : manœuvre des portes, des cabestans, des tins, des colliers des presse-étoupes, des treuils pour réparations, rotation des verrous, variation du niveau des verrous.

Les dépenses, non compris tous les appareils ajoutés après coup et non estimés, tels que tins amovibles et leurs mécanismes, appareils de soulèvement des colliers des presse-étoupes, balanciers et rappels des patins de guidage, anses de suspension et contreventements obliques des sas, atteignent 3 710 000 *fr* pour le projet n° 1 et 2 475 000 *fr* pour le projet n° 2, dont 3 209 000 *fr* dans le projet n° 1 et 2 162 000 *fr* dans le projet n° 2 pour la partie métallique et le fonçage des puits, alors que les dépenses correspondantes ne sont respectivement que de 1 711 000 *fr* et de 1 317 000 *fr* pour les projets nos 3 et 4 de la C¹^e Fives-Lille.

En outre, les projets de M. Barret paraissent encore inférieurs aux projets de la C¹^e de Fives-Lille aux points de vue suivants : les tubulures de pénétration de la conduite d'accouplement dans les presses ne sont pas étranglées ; — les tampons d'inertie ne réduisent pas suffisamment la section d'échappement de l'eau et seraient peu efficaces ; — les plongeurs sont fixés aux sas d'une manière rigide, ce qui ne leur permet pas de rectifier d'eux-mêmes leur position à la faveur d'une chute de pression des presses les laissant momentanément suspendus aux sas ; — à chaque opération, les sas sont déposés successivement sur les tins de la cale sèche et sur les talons des verrous de suspension à la plate-forme supérieure, ce qui présente le double inconvénient de développer des couples perturbateurs considérables, si les niveaux de ces

appuis sont imparfaitement réglés, et de soumettre sans cesse les presses à des alternatives de charge et de décharge fatiguant le métal; — les tins sont concentrés sous la partie centrale du sas, disposition qui porte à leur maximum les inconvénients d'un défaut de réglage; — le dépôt du sas sur les talons des verrous et le dégagement de ces talons exigent des manœuvres supplémentaires; — les compensateurs rendent le mouvement uniforme, alors que le ralentissement graduel de la vitesse à la fin de la course n'est pas assuré, comme dans les projets de MM. Clark, Standfield et Clark, par des appareils automatiques; — le grand nombre des organes complique l'entretien et l'exploitation et expose davantage à des interruptions de service par suite de dérangements de quelque mécanisme. — Pour toutes ces raisons, et particulièrement à cause du défaut de simplicité, de l'usage abusif de l'eau comprimée et de l'élévation des dépenses, la Commission a classé les projets n^{os} 1 et 2 de M. Barret, après ceux n^{os} 3 et 4 de la C^{io} de Fives-Lille. — Nous avons néanmoins retenu des projets de M. Barret les soupapes automatiques de sûreté qui ont fait leurs preuves et qui constituent le meilleur moyen de mettre les sas et les presses à l'abri des fuites et des accidents de la conduite d'accouplement. Mais la supériorité des projets de M. Barret, à ce seul point de vue, sur ceux de la C^{io} de Fives-Lille est incontestablement bien loin de compenser leur infériorité à tant d'autres points de vue ci-dessus rappelés.

De tous les projets d'ascenseurs hydrauliques, ceux de la C^{io} de Fives-Lille ont donc été classés en première ligne, et il est d'ailleurs facile de vérifier que la majorité des dispositions que nous avons admises dans le programme à adopter pour la construction d'ascenseurs hydrauliques, donné à la fin du § 1^{er} du chapitre II, sont empruntées aux projets de cette Compagnie : presse unique par sas, absence de compensateurs, grande longueur des règles de guidage, tampons d'inertie de faible hauteur et à très faible section d'échappe-

ment, étranglement des pénétrations de la conduite d'accouplement, maintien permanent des presses en charge, le sas n'atteignant jamais les tins dans les manœuvres courantes, réduction des verrous au rôle d'appareils de sûreté, le sas ne pouvant porter sur eux qu'en cas d'accident, articulation du sas sur la tête du plongeur, emploi exclusif d'eau filtrée, sage restriction de l'usage de l'eau comprimée, etc.

D'autre part, il est manifeste que la plupart des idées qui nous ont inspiré le programme à adopter pour la construction d'ascenseurs funiculaires donné à la fin du § 2 du chapitre II sont empruntées au projet n° 10 d'ascenseurs funiculaires de MM. Leslie, et la comparaison qui y fait suite entre les ascenseurs hydrauliques et les ascenseurs funiculaires dressés d'après ces deux programmes a fait ressortir les nombreux avantages du dernier de ces systèmes, étant donné que le type de chaînes de suspension emprunté à M. Barret paraît assurer la plus grande sécurité. Ce sont ces considérations qui ont conduit la Commission à attribuer le premier prix au projet de MM. Leslie et le second à ceux de la Compagnie de Fives-Lille, tout en regrettant que l'énorme complication des projets de M. Barret et les dépenses élevées qu'ils comportent n'aient pas permis de lui attribuer un troisième prix que, à un autre égard, les idées si ingénieuses émises par cet ingénieur et les dispositions si heureuses proposées par lui pour les chaînes de suspension et les soupapes automatiques de sûreté paraissaient justifier jusqu'à un certain point.

§ II. — COMPARAISON DES ASCENSEURS ET DES ÉCLUSES

Avant même que la Commission se soit prononcée sur l'attribution des prix du concours, M. le Ministre des Travaux publics, à la date du 18 mai 1893, avait décidé que des appareils mécaniques ne seraient pas construits et que la chute de 41 m de la descente en Saône serait rachetée par

8 écluses de 5,125 *m* de chute. Une revision de l'étude de l'alimentation du canal par les réservoirs avait montré qu'il était possible d'affecter en grande partie le réservoir de la Liez, qui verse ses eaux dans le bief de partage, à l'alimentation du versant de la Saône. Dans ces conditions, ce réservoir pourrait fournir en tout temps le volume d'eau nécessaire aux sassées d'écluses de 3,50 *m* de chute et, en temps de sécheresse, il aurait à assurer l'alimentation d'une partie notable du versant, en sorte que le débit traversant la descente rapide située en tête de ce versant serait alors considérable et pourrait atteindre 1,05 *m*³ par seconde.

Les projets de trois tracés comparatifs de la partie du canal comprise entre le *terminus* de la partie construite du bief de partage et un point situé à 48,80 *m* en deçà de l'axe du chemin de fer de Chalindrey à Dijon avaient été étudiés, le premier comportant 12 écluses dont 10 de 3,50 *m* et 2 de 3 *m* de chute; — le second 8 écluses de 5,125 *m* de chute; — le troisième deux ascenseurs funiculaires du type décrit à la fin du § 2 du chapitre II et deux barrages de garde à quelque distance en amont de chacun de ces ascenseurs. Les deux premiers tracés suivent le thalweg du vallon de Pétasse, le troisième, le coteau de rive gauche de ce vallon. Ils sont figurés en plan sur les figures 1 et 2 de la planche 1. Les figures 6, 5 et 3 de la même planche montrent les profils en long correspondants; les figures 7 à 11, les profils en travers. Les biefs courts compris entre les écluses ont une longueur moyenne de 283,22 *m* et une longueur minima de 262,30 *m* dans le premier tracé, — une longueur moyenne de 434,98 *m* et une longueur minima de 401,71 *m* dans le second. Le mouillage de ces biefs a été augmenté de 0,70 *m* dans le premier tracé et de 0,60 *m* dans le second, en sorte qu'ils peuvent contenir, au-dessus du mouillage normal minimum de 2,20 *m*, une tranche d'eau équivalente au volume de plus de 3 sassées et qu'ils peuvent ainsi, sans que le plan d'eau sorte sensiblement des limites comprises entre

les mouillages extrêmes admis, perdre deux sassées par l'écluse aval sans en recevoir de l'écluse amont, ou en recevoir deux de l'écluse amont sans en perdre par l'écluse aval.

Une rigole latérale, de 1,50 *m* de largeur au plafond et de 1,10 *m* de mouillage normal, divisée en 37 biefs dans le premier tracé, en 33 biefs dans le second, séparés par de petits barrages de 1 *m* à 1,48 *m* de chute, part du bief du canal situé en amont de la première écluse et débouche dans celui situé en aval de la dernière. Cette rigole régulatrice, analogue à celles qui ont été établies au canal du Centre, assure la transmission des eaux pendant la période d'alimentation abondante par le réservoir de la Liez, en même temps qu'elle permet de ramener sans cesse tous les biefs intermédiaires du canal au niveau adopté pour leur retenue normale. Dans ce but, chacun des biefs intermédiaires du canal est en libre communication par un aqueduc sous chemin de halage avec l'un des biefs de la rigole, dont le plan d'eau normal est au même niveau que celui du bief du canal. Si un bief du canal est accidentellement surélevé, le trop-plein se déverse dans le bief de la rigole en communication avec lui et s'écoule ensuite vers l'aval par la rigole. Mais s'il se trouve en aval des biefs du canal qui soient à un niveau inférieur à leur niveau normal, l'eau ne peut poursuivre sa descente dans la rigole qu'après avoir rempli ces biefs à leur niveau normal. Les barrages qui séparent les uns des autres les biefs de la rigole sont des déversoirs fixes en maçonnerie, à l'exception de ceux situés en aval des biefs en communication avec les biefs du canal, dont les maçonneries sont arasées à 0,20 *m* au-dessous du niveau normal et qui sont pourvus de hausses mobiles formées de 5 madriers de chêne de 0,20 *m* de hauteur s'appuyant sur de petites fermettes portant un plancher de manœuvre (fig. 2, 8, 9 et 10, pl. 11). L'enlèvement de chaque madrier démasque une ouverture libre de 1,33 *m* de largeur et de 0,20 *m* de hauteur en contre-bas du

niveau de retenue normale. L'enlèvement simultané des 5 madiers assure l'écoulement du débit maximum prévu de $1,05 m^3$ par seconde, sans que le niveau normal soit dépassé dans le bief. Suivant les diverses valeurs du débit d'alimentation, on enlève un nombre variable de madiers et on peut toujours ainsi assurer le maintien du niveau normal à $0,02 m$ près, quel que soit le débit. Tous les barrages sont pourvus d'une petite bonde de fond permettant la mise à sec des biefs de la rigole pour les réparations.

Les écluses de $3 m$ et de $3,50 m$ de chute du premier tracé sont des écluses à aqueducs de remplissage ménagés dans les bajoyers et à quatre vannes cylindriques de $1,20 m$ de diamètre, différant peu du type du canal du Centre, sauf en ce qui concerne les abords, pour lesquels les dispositions des écluses déjà exécutées du canal de la Marne à la Saône ont été conservées. La planche 10 représente une écluse de $3,50 m$ de chute. Une telle écluse avec ses portes et sa ventellerie coûte $115\,600 fr.$ — La dépense relative aux écluses et aux maisons éclusières du premier tracé est de $1\,715\,400 fr.$, soit de $41\,839 fr$ par mètre de hauteur de chute rachetée.

Les écluses de $5,125 m$ de chute du second tracé (fig. 4 à 4, pl. 11) sont d'un type analogue, sauf que le diamètre des vannes cylindriques d'aval est porté à $1,40 m$, la section des aqueducs de remplissage étant d'ailleurs agrandie dans la même proportion, et que la tête amont reçoit une disposition spéciale. La consommation d'eau devant pouvoir être réduite au volume de la sassée d'une écluse de $3,50 m$ de chute dans les périodes où la partie inférieure du versant Saône peut être alimentée sans le secours du réservoir de la Liez, une économie d'eau d'un tiers environ doit pouvoir être réalisée sur la sassée de l'écluse de $5,125 m$ de chute. A cet effet, le bief de la rigole régulatrice qui se trouve en face de l'écluse est élargi et perreyé à mortier sur toute sa longueur pour servir de bassin d'épargne. La tête amont de l'écluse est pourvue de deux vannes cylindriques de $2 m$ de diamètre, en

sorte qu'une seule d'entre elles débite autant que deux vannes de 1,40 *m* ensemble. Les puits inférieurs de ces vannes, dans lesquels débouchent les aqueducs de remplissage logés dans les bajoyers, communiquent librement entre eux par un aqueduc rond de 1,50 *m* de diamètre passant sous la tête amont de l'écluse ; dans ces conditions, les deux aqueducs de remplissage sont également alimentés, quelle que soit celle des deux vannes cylindriques qui ait été ouverte, ainsi que le montre clairement la figure 3 de la planche 11. — Les rôles de ces deux vannes sont essentiellement différents : la chambre supérieure de l'une s'ouvre largement dans l'enclave de la porte d'amont et communique ainsi librement avec le bief amont ; la chambre supérieure de l'autre est, au contraire, complètement séparée de l'enclave de la porte par un mur de 1,65 *m* d'épaisseur et elle communique librement avec le bassin d'épargne par un aqueduc-siphon à large section (2,69 *m* d'ouverture et 1,53 *m* de hauteur sous clef), qui, après avoir passé sous le terre-plein, débouche dans un puisard maçonné creusé au fond de ce bassin. L'ouverture de la première vanne fait communiquer le bief amont avec les aqueducs de remplissage et, par suite, avec le sas. L'ouverture de la seconde fait communiquer le bassin d'épargne avec le sas. — La première vanne reçoit toujours la pression sur ses faces extérieures, puisque le niveau de l'eau dans le sas ne peut jamais dépasser celui de l'eau dans le bief amont ; c'est une vanne à simple effet. — Au contraire, le niveau du sas étant tantôt au-dessous, tantôt au-dessus du niveau du bassin d'épargne, la seconde vanne reçoit la pression tantôt sur ses faces extérieures, tantôt sur ses faces intérieures et elle doit assurer une fermeture étanche dans les deux cas : c'est une vanne à double effet. — Cette vanne (fig. 11, 12 et 13, pl. 11) ne diffère d'ailleurs de la vanne à simple effet que par l'addition d'une seconde rondelle de cuir, intérieure à la vanne, fixée par son bord interne sur le dessus de la couronne mobile et dont le bord externe est appliqué par

la pression de l'eau, lorsque c'est la pression intérieure qui domine, sur le dessus du rebord de la couronne fixe. — Il est, en outre, indispensable, pour éviter que la vanne ne soit soulevée par la pression intérieure, soit de caler la partie fixe de cette vanne par quatre solides poutrelles placées en croix sur son couvercle (fig. 11 et 13, pl. 11), soit, comme on l'a fait à la grande écluse de 10 *m* de chute de la Villette sur les canaux de la ville de Paris, de supprimer ce couvercle et de surmonter la partie fixe de la vanne d'une haute cheminée dans laquelle l'eau peut s'élever librement.

Pour vider le sas, on enverra le tiers supérieur de la sassée dans le bassin d'épargne en ouvrant la grande vanne de 2 *m* à double effet; puis, cette vanne étant refermée, on écoulera les deux autres tiers dans le bief aval par les deux vannes de 1,40 *m* d'aval. Pour remplir le sas, on ouvrira d'abord la vanne à double effet afin de reprendre dans le bassin d'épargne le tiers de sassée qui y avait été mis en réserve et on achèvera le remplissage par la grande vanne de 2 *m* à simple effet, placée de l'autre côté de la tête amont.

Les dimensions du bief de la rigole régulatrice aménagé en bassin d'épargne ont été calculées de manière que le tiers du volume de la sassée n'y occupe qu'une hauteur de 1,10 *m*. Dans ces conditions, la vanne à double effet est fermée lors du remplissage ou de la vidange du sas, lorsque les niveaux de l'eau diffèrent encore de 0,30 *m* dans le sas et dans le bassin d'épargne. On évite ainsi que l'usage du bassin d'épargne n'ajoute une seconde période d'écoulement très lent à celle qui se produit nécessairement à la fin du remplissage ou de la vidange et l'usage du bassin d'épargne n'augmente théoriquement la durée de l'opération que de deux à trois secondes. En s'imposant la condition de ne faire jamais monter ou baisser le plan d'eau du sas de plus de 0,036 *m* par seconde, la durée théorique du remplissage est, en effet, de 167",5 lorsqu'on ne fait pas usage du bassin d'épargne et de 169",9 lorsqu'on en fait usage; celle de la vidange de

168",6 dans le premier cas et de 171",6 secondes dans le second. En pratique, on peut admettre que la durée de l'opération sera d'un peu moins de trois minutes lorsqu'on ne fera pas usage du bassin d'épargne et d'un peu moins de quatre minutes lorsqu'on en fera usage, l'ouverture des vannes à simple effet ne pouvant, si l'on ne dispose que d'un seul éclusier, être, dans ce dernier cas, simultanée de la fermeture de la vanne à double effet.

[Dans l'étude définitive actuellement en préparation, nous pensons d'ailleurs pouvoir supprimer la rigole régulatrice et les bassins d'épargne et, grâce à l'introduction de déversoirs circulaires et d'alimentateurs automatiques dans la tête amont des écluses, assurer la transmission des eaux par le canal lui-même. Les vannes d'amont des écluses seraient ainsi des vannes cylindriques à simple effet de 1,40 *m* de diamètre, identiques à celles d'aval, et les aménagements de leurs puits deviendraient exactement les mêmes que dans l'écluse de 3,50 *m* de la planche 10.]

Les figures 5, 6 et 7 de la planche 11 indiquent les dispositions adoptées pour celles des écluses où un pont doit être établi sur la tête aval. Le prix de l'écluse de 5,125 *m* de chute qui vient d'être décrite est de 159 800 *fr*, lorsqu'il n'y a point de pont sur la tête aval.

La dépense relative aux écluses et aux maisons éclusières du second tracé est de 1 582 650 *fr*, soit de 38 601 *fr* par mètre de hauteur de chute rachetée.

Les dispositions des ascenseurs du troisième tracé ont été décrites au § 2 du chapitre II. Ces appareils ne pouvant assurer la transmission de l'amont à l'aval des eaux d'alimentation, une rigole, divisée en 30 biefs par des barrages de 1,10 *m* à 1,47 *m* de chute, part de l'amont du barrage de garde de l'ascenseur M et débouche en aval de l'ascenseur N.

Le prix des deux ascenseurs, de leurs barrages de garde et des maisons éclusières est de 2 666 200 *fr*, soit de 65 029 *fr* par mètre de hauteur de chute rachetée.

Le tableau suivant résume les longueurs et les prix d'établissement des trois tracés, non compris les acquisitions des terrains, qui nécessiteraient sensiblement la même dépense dans les trois et peuvent ainsi être laissées en dehors de la comparaison.

DÉSIGNATION DES TRACÉS	LONGUEUR	DÉPENSES de premier établissement.	EXCÈS de ces dépenses sur celles du 2 ^e tracé.
1 ^{er} tracé (10 écluses de 3,50 m de chute et 2 écluses de 3 m) . .	4 068,94 m	2 818 000 fr	152 000 fr
2 ^e tracé (8 écluses de 5,125 m de chute) . .	4 057,27 »	2 666 000 »	»
3 ^e tracé (2 ascenseurs funiculaires de 20,50 m de chute et 2 barrages de garde)	4 278,32 »	4 134 000 »	1468 000 »

Ce tableau montre que le tracé par écluses de 5,125 m de chute est le plus avantageux au point de vue des dépenses de construction. L'adoption d'écluses d'une chute supérieure à 5,125 m conduirait d'ailleurs à une dépense plus élevée, non seulement parce que les terrassements des biefs augmenteraient notablement, mais encore parce que les écluses se compliqueraient beaucoup, les bassins d'épargne devenant multiples et les vannes cylindriques beaucoup plus nombreuses. C'est ainsi que, en appliquant les prix de notre bordereau aux projets d'écluses de 14 et de 20 m de chute dressés en 1888 par MM. les ingénieurs Fontaine et Galliot, nous avons trouvé que la dépense par mètre de hauteur de chute rachetée atteignait 48 764 fr avec l'écluse de 14 m de chute et 50 510 fr avec celle de 20 m de chute, tandis qu'elle n'est que de 38 601 fr avec les écluses de 5,125 m. — D'ailleurs, dès qu'on dépasse notablement la chute de 5 m et qu'un bassin d'épargne unique ne suffit plus, l'écluse cesse d'être

un outil simple et rustique et devient un appareil mécanique complexe.

Le tracé par ascenseurs, qui coûte 1 468 000 *fr* de plus de dépenses de premier établissement que celui par écluses de 5,125 *m* de chute, ne présente sur lui que deux avantages, celui que la consommation d'eau par passage de bateau n'est que de 44 *m*³ à l'ascenseur, tandis qu'elle est, dans l'écluse de 5,125 *m*, égale au volume de la sassée d'une écluse dont la chute serait de 3,50 *m*, soit de 798 *m*³, et celui que les bateaux n'ont à franchir que deux ascenseurs et deux barrages de garde au lieu d'avoir à franchir huit écluses.

Le premier avantage est illusoire, puisque le tracé du canal comporte nécessairement trois écluses de 3,50 *m* de chute entre le bief qui se trouve au pied de la descente rapide et la première prise d'eau en rivière qui peut être faite dans le versant de la Saône et qu'ainsi il importe fort peu que la consommation d'eau, par passage de bateau, dans la descente rapide soit inférieure au volume de la sassée d'une écluse de 3,50 *m* de chute, cette consommation devant toujours être faite en vue du passage aux trois écluses suivantes.

Le second avantage est sans grande importance. La durée du mouvement des sas de l'ascenseur est d'un peu moins de quatre minutes, égale à celle de la durée du remplissage ou de la vidange du sas de l'écluse de 5,125 *m* de chute lorsqu'on fait usage du bassin d'épargne, supérieure de une minute à la durée de ces opérations lorsqu'on ne fait point usage du bassin d'épargne. L'ouverture et la fermeture des portes prennent exactement le même temps à l'ascenseur et à l'écluse. Mais l'ascenseur exige diverses opérations que ne comporte pas l'écluse : le serrage du sas contre la tête du bief, le remplissage de l'espace nuisible, l'égalisation des niveaux du sas et du bief avec lequel il est jonctionné, enfin le desserrage du joint entre le sas et le bief. Le remplissage

de l'espace nuisible et l'égalisation des niveaux entre le sas et le bief nécessitent ensemble soixante-douze secondes ; mais ce n'est là que le temps consacré à l'écoulement de l'eau. Il faut donc compter sur deux minutes au moins en y comprenant l'ouverture et la fermeture des deux ventelles de la porte. Le serrage et le desserrage du joint entre le sas et le bief exigeront de leur côté chacun une minute. Ces opérations se répétant au haut et au bas de la course, on voit qu'elles comportent ensemble un excès de durée d'environ huit minutes pour le passage à l'ascenseur, excès qu'il faut même porter à dix minutes pour avoir égard à ce que la section mouillée du sas mobile de l'ascenseur est notablement moindre que celle de l'écluse et que l'entrée et la sortie du bateau y seront moins rapides, en sorte que, si le passage à l'écluse exige quinze minutes, le passage à l'ascenseur exigera vingt-cinq minutes. — Quant au passage au barrage de garde, dont les portes doivent demeurer fermées toutes les fois que celles qui terminent le bief contre l'ascenseur sont ouvertes, il prendra, suivant que le bateau trouvera ouvertes les portes du barrage ou qu'il devra en attendre l'ouverture pendant cinq minutes, deux minutes et demie ou sept minutes et demie, soit en moyenne cinq minutes. Le passage d'un bateau aux deux ascenseurs et aux deux barrages de garde exigera donc une heure, tandis que son passage aux huit écluses de 5,125 m de chute exigera deux heures. Le seul avantage du tracé par ascenseurs est donc de procurer aux mariniers une économie de temps d'une heure environ. — A cet avantage bien minime, on doit opposer les inconvénients suivants : le tracé par ascenseurs présente des tranchées murillées longues et profondes et des remblais élevés, dont l'entretien sera onéreux ; — sa position à flanc de coteau dans des terrains moins imperméables qui laisseront facilement filtrer les eaux vers le thalweg rendra difficile l'étanchement du canal, et on n'arrivera sans doute jamais à rendre ce tracé aussi étanche qu'un

tracé dans le thalweg ; — une variation de quelques centimètres des niveaux des biefs jette un trouble profond dans le fonctionnement des ascenseurs (dès que la variation dépasse 0,025 m, il devient nécessaire d'ajouter ou d'enlever un disque de surhaussement à chacune des 26 colonnes d'appui des contrepoids, opération longue et pénible pendant laquelle le passage des bateaux est interrompu), tandis que toutes les sujétions relatives à la tenue absolument régulière des niveaux des biefs disparaissent avec les écluses ; — le passage d'un bateau exigeant vingt-cinq minutes à un ascenseur et seulement quinze minutes à une écluse, l'adoption du tracé par ascenseurs réduit dans le rapport de 5 à 3 la capacité de fréquentation du canal ; — les ascenseurs sont des appareils incomparablement moins simples, moins rustiques, plus délicats, plus exposés à des dérangements, à des interruptions de service, à des accidents que les écluses ; — leur manœuvre exige un mécanicien habile, tandis qu'un éclusier est formé en quelques jours ; — leur durée sera certainement moindre que celle des écluses, des ouvrages métalliques ne pouvant prétendre, comme les maçonneries, à une conservation quasi indéfinie ; — leurs dépenses d'entretien et d'exploitation seront beaucoup plus considérables, un grand nombre d'organes étant exposés à une usure rapide, la consommation de bandes de caoutchouc et surtout d'huile à graisser étant importante et les mécaniciens devant être payés plus cher que les éclusiers ; — s'il est vrai de dire que huit hommes suffiront pour les deux ascenseurs comme pour les huit écluses, il y a lieu de remarquer que, sur ces huit hommes, deux au moins devront être des mécaniciens expérimentés et que, avec le tracé par écluses, on pourra, tant que la circulation sera peu active, confier deux écluses à chaque éclusier et limiter ainsi le personnel à quatre hommes au début de l'exploitation et probablement pendant un temps assez long, ce qu'il n'est pas possible de faire avec le tracé par ascenseurs ; — enfin, le tracé par ascenseurs,

plus long de 221,05 m comporte une dépense de premier établissement supérieure de 1 468 000 fr à celui du tracé par écluses de 5,125 m de chute, considération qui à elle seule est suffisante pour justifier l'adoption de ce dernier tracé, car il est de toute évidence qu'une économie de temps d'une heure seulement procurée aux marinières n'est nullement en rapport avec une dépense supplémentaire de premier établissement de près d'un million et demi.

Ce sont ces considérations qui ont déterminé le Conseil général des Ponts et Chaussées à proposer au Ministre l'adoption du tracé par écluses de 5,125 m de chute.

L'épilogue du présent rapport peut donc être le même que celui par lequel MM. Gruson et Barbet ont terminé leur remarquable étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux : « Nous pensons que l'on doit continuer à employer *exclusivement* les écluses à sas, lorsque l'alimentation est pratiquement possible, et lorsque, *sans dépasser notablement une hauteur de 5 m*, on peut espacer suffisamment les chutes, de manière que le temps perdu pour les franchir ne soit qu'une petite fraction de la durée du parcours d'un canal. — La simplicité et la rusticité de ces appareils donnent en effet toute la sécurité contre les accidents et les chômages, en même temps qu'elles permettent des économies sur l'entretien et le personnel. — Il est bien entendu que les écluses devront être munies d'aqueducs avec vannes cylindriques pour le remplissage et la vidange des sas, etc... »

Gustave CADART,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.



TABLE DES MATIÈRES

	Pages.	Planches.
INTRODUCTION	v	n° 1
 CHAPITRE I ^{er} . — PROJETS PRÉSENTÉS AU CONCOURS	 9	 »
§ I ^{er} . — <i>Ascenseurs hydrauliques.</i>	12	»
Projet n° 1, à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.	16	n° 2
Projet n° 2, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.	21	n° 2
Projet n° 3, à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par l'usine Fives-Lille	23	n° 3
Projet n° 4, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par l'usine Fives-Lille	26	n° 3
Projet n° 5, à quatre chutes de 10,25 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par MM. Clark, Stanfield et Clark et l'usine Cail, ou projet A	27	n° 4
Projet n° 6, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, accouplé par une longue conduite avec celui de la chute suivante, présenté par MM. Clark, Stanfield et Clark et l'usine Cail, ou premier projet B	30	n° 4
Projet n° 7, à deux chutes de 20,50 m, comportant à chaque chute un seul sas équilibré par des accumulateurs, présenté par MM. Clark, Stanfield et Clark et l'usine Cail, ou deuxième projet B	31	n° 4
§ II. — <i>Ascenseurs flottants.</i>	33	»
Projet n° 8, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par M. Seyrig	33	n° 5
§ III. — <i>Ascenseurs funiculaires.</i>	35	»
Projet n° 9, à deux chutes de 20,50 m, comportant deux sas à chaque chute, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot	35	n° 6
Projet n° 10, à deux chutes de 20,50 m, comportant un seul sas à chaque chute, présenté par MM. Leslie	46	n° 7

	Pages.	Planches.
§ IV. — <i>Plans inclinés.</i>	49	»
Projet n° 11, à deux plans au 1/12 de 20,50 m de hauteur, comportant deux sas à chaque plan, présenté par M. Barret et l'usine du Creusot.	49	n° 8
Projet n° 12, à un plan au 1/10 de 41 m de hauteur, comportant deux sas, présenté par MM. Thomasset, Vollot et C ^{ie}	55	n° 9
Projet n° 13, à un plan au 1/67 de 41 m de hauteur, comportant un seul sas remorqué par des locomotives, présenté par MM. Thomasset, Vollot et C ^{ie}	66	n° 9
§ V. — <i>Tableaux des données principales et des dépenses d'établissement des treize projets.</i>	{ 68 bis	»
	(et 68 ter	»

CHAPITRE II. — QUELQUES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES
RELATIVES AUX ASCENSEURS ET AUX PLANS INCLINÉS

§ 1 ^{er} . — <i>Ascenseurs hydrauliques.</i>	69	»
1 ^o Action des forces perturbatrices de l'équilibre.	69	»
2 ^o Emploi des presses multiples.	92	»
3 ^o Mode de construction et sécurité des presses	101	»
4 ^o Mouvements des sas jonctionnés avec les biefs	110	»
5 ^o Accouplements à grande distance.	115	»
6 ^o Programme à adopter pour la construction d'ascenseurs hydrauliques	121	»
§ II. — <i>Ascenseurs funiculaires.</i>	124	»
1 ^o Passage progressif des chaînes de suspension du côté du sas descendant pendant le mouvement	124	»
2 ^o Suspension funiculaire.	124	»
3 ^o Égale tension des chaînes et maintien de l'horizontalité du sas	125	»
4 ^o Programme à adopter pour la construction d'ascenseurs funiculaires	128	n° 12
5 ^o Comparaison des ascenseurs funiculaires ci-dessus décrits avec les ascenseurs hydrauliques	143	»
§ III. — <i>Plans inclinés.</i>	145	»
1 ^o Consommation d'eau ou de force motrice	145	»
2 ^o Passage progressif des câbles ou chaînes de traction du côté du sas descendant pendant le mouvement.	147	»
3 ^o Traction funiculaire	147	»
4 ^o Répartition du poids du sas sur un très grand nombre d'appuis	148	»
5 ^o Mouvements désordonnés de l'eau du sas lors des variations de la vitesse du mouvement.	151	»

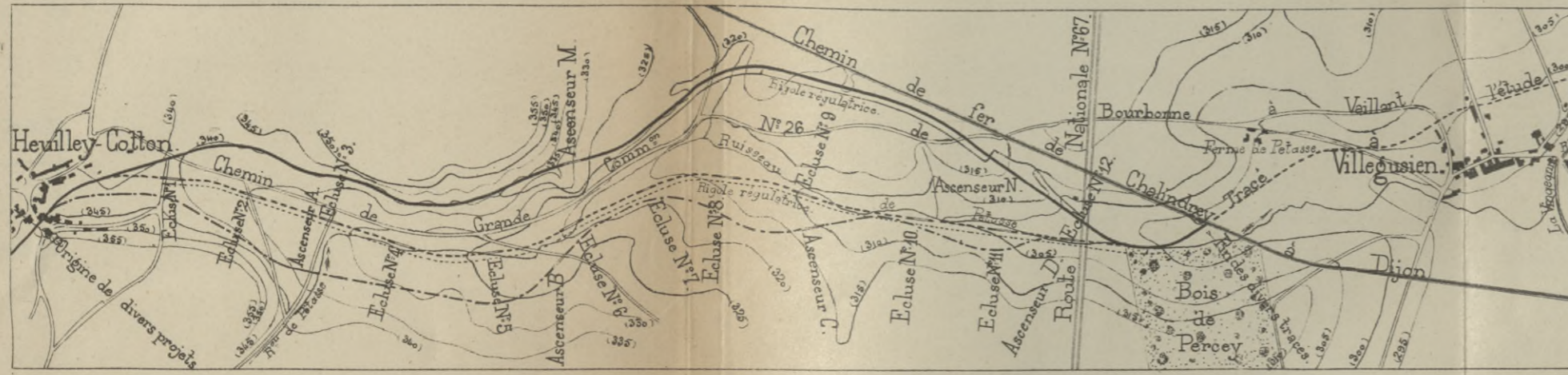
	Pages.	Planches.
6° Dans le cas particulier du canal de la Marne à la Saône, impossibilité de racheter la chute totale de 41 m par un plan unique et excessive importance des dépenses de premier établissement	154	"
7° Programme à adopter pour la construction de plans inclinés.	155	"

CHAPITRE III. — ATTRIBUTION DES PRIX DU CONCOURS
ET COMPARAISON DES ASCENSEURS ET DES ÉCLUSES

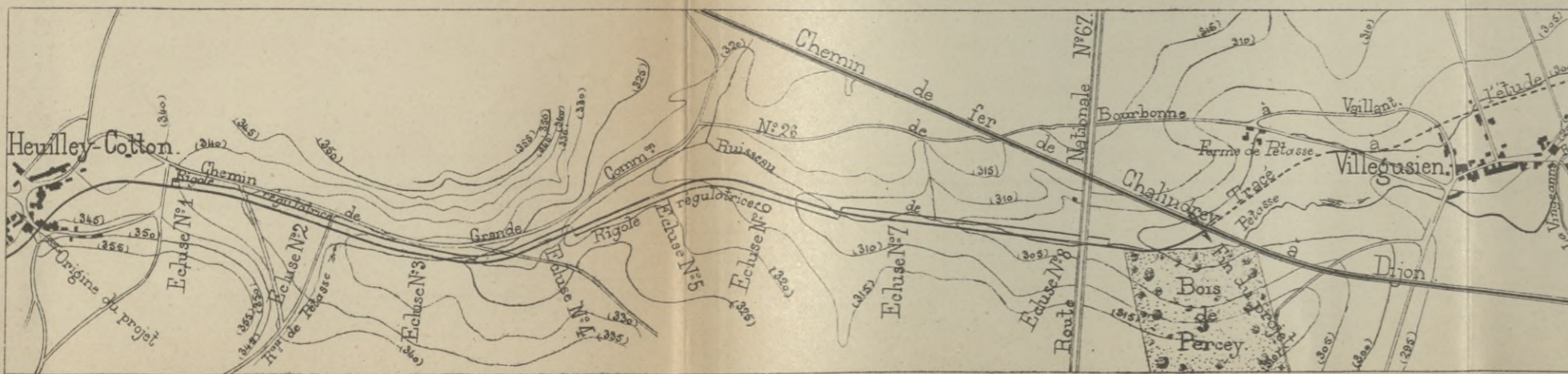
§ I ^{er} . — Attribution des prix du concours.	157	n° 5
II. — Comparaison des ascenseurs et des écluses.	169	{ n° 1, 10, 11 et 12

ÉTUDE COMPARATIVE DE LA DESCENTE EN SAÔNE. — PLANS GÉNÉRAUX PROFILS EN LONG ET EN TRAVERS TYPES.

Plan général du concours. — Fig. 1.
Echelle : $(\frac{1}{20000})$, 0,00005 p.m.



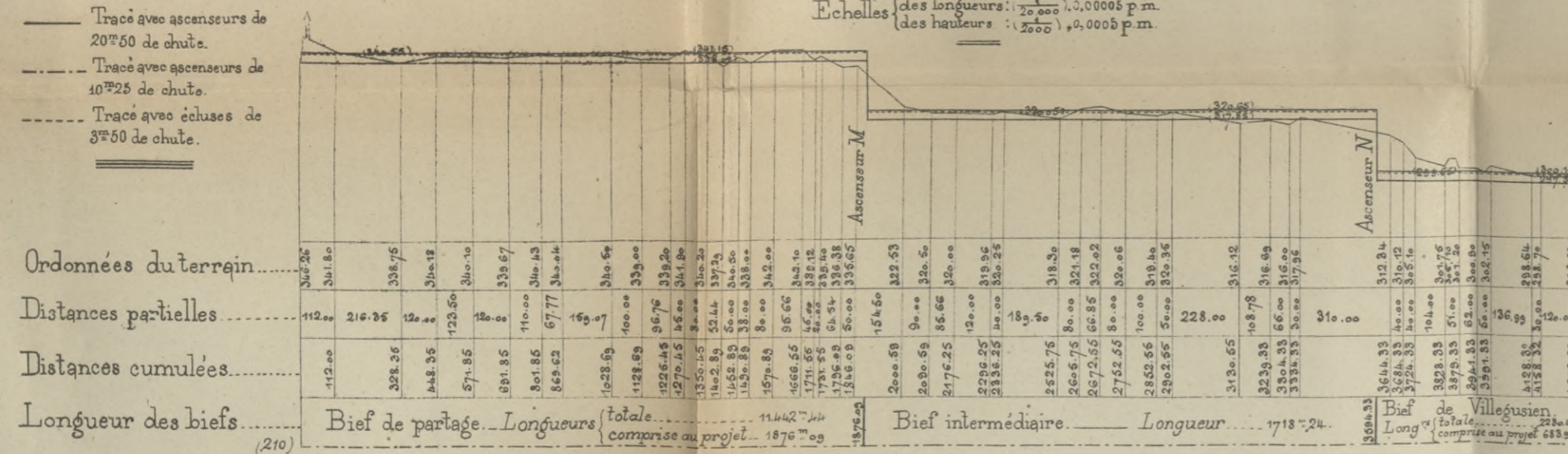
Plan général du tracé adopté. (Écluses de 5^m125 de chute). — Fig. 2.
Echelle : $(\frac{1}{20000})$, 0,00005 p.m.



Légende de la Fig. 1.

- Tracé avec ascenseurs de 20^m50 de chute.
- - - Tracé avec ascenseurs de 10^m25 de chute.
- - - Tracé avec écluses de 3^m50 de chute.

Profil en long du tracé avec ascenseurs de 20^m50 de chute. — Fig. 3.





ASCENSEURS HYDRAULIQUES DE 20^m50 DE CHUTE.

1^{er} et 2^e PROJETS A DEUX SAS ET A UN SEUL SAS PAR CHUTE (M. BARRET ET L'USINE DU CREUSOT.)

Planche N° 2

Fig. 1.
Coupe longitudinale.
(Ech. 0,002 par mètre.)

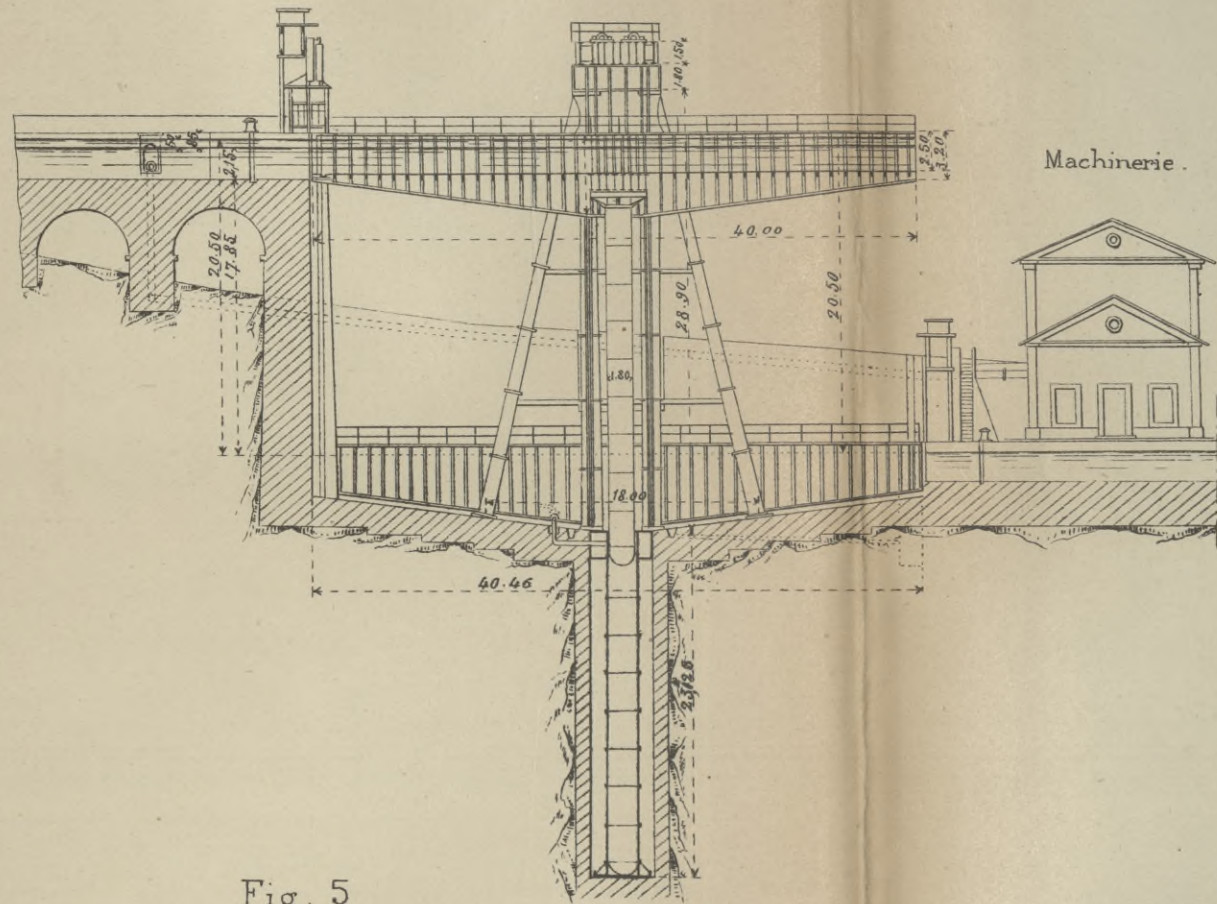


Fig. 2.
Coupe transversale.
(Ech. 0,002 par mètre.)

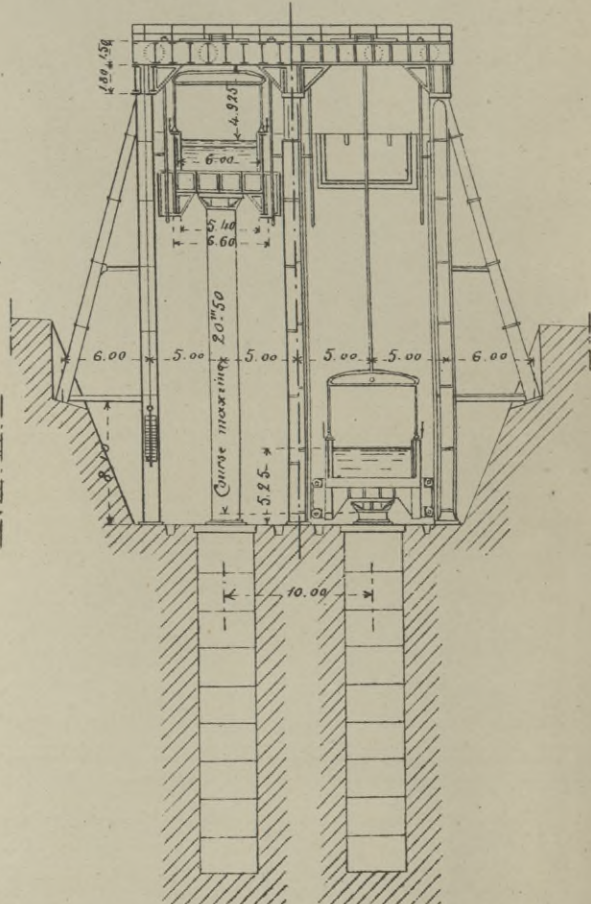
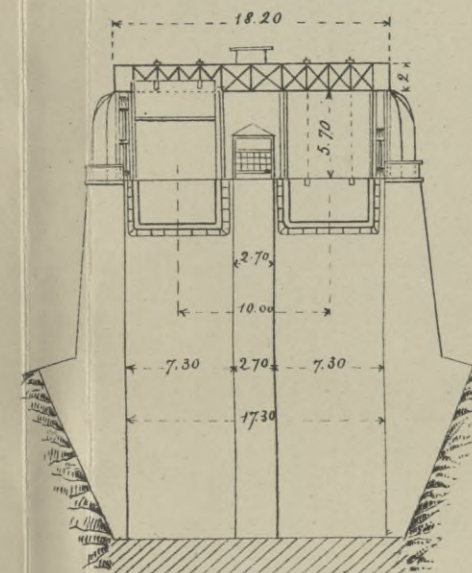


Fig. 3.
Tête du bief amont.
(Ech. 0,002 par mètre.)



Détails de la chaîne compensatrice.
Fig. 10. (Ech. 0,04 par mètre.)
Coupe transversale

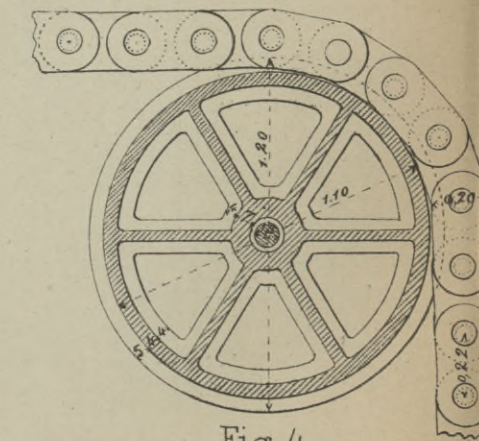


Fig. 11.
Vue de face.

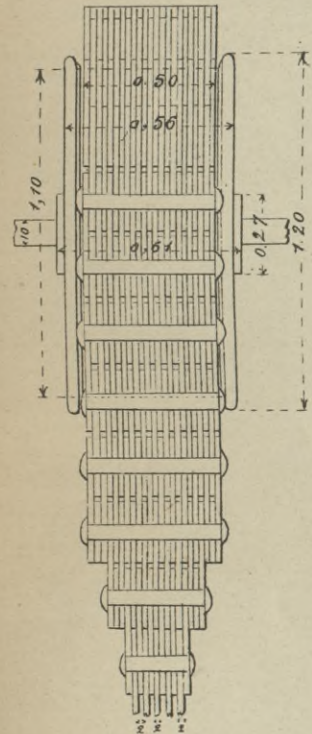


Fig. 4.
Tête du bief d'aval
(Ech. 0,002 par mètre.)

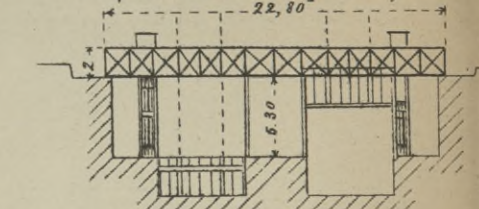
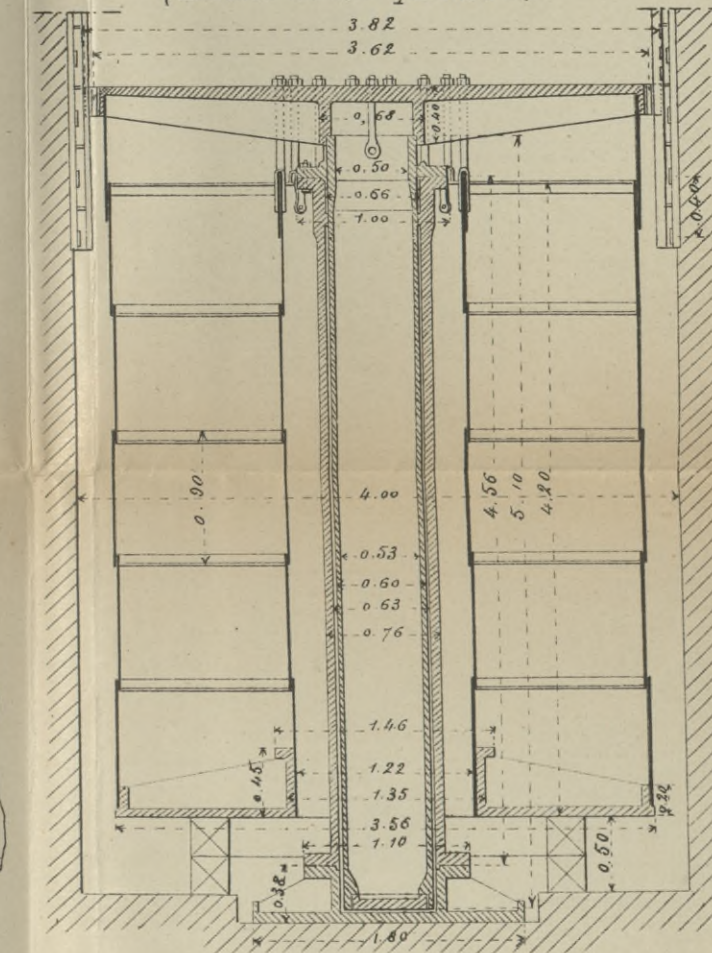


Fig. 9.
Accumulateur - Coupe verticale.
(Echelle de 0,02 par mètre.)



Appareils hydrauliques pour la manoeuvre des portes. (Ech. 0,02 par mètre.)

Fig. 12.
Coupe longitudinale.

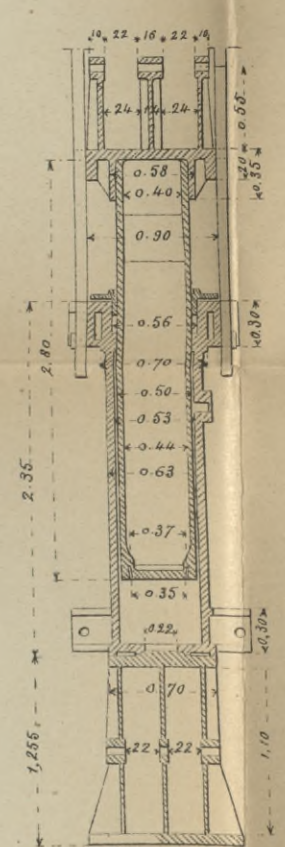


Fig. 13.
Elevation.

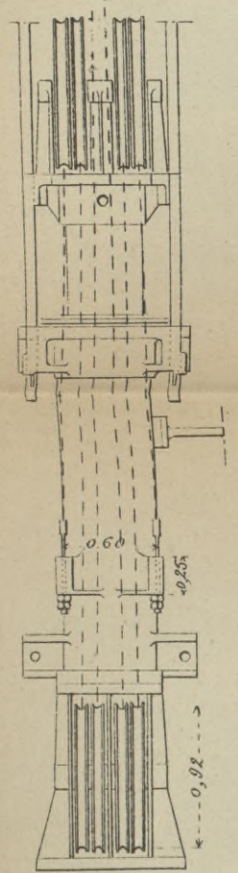


Fig. 5.
Coupe de la presse et du plongeur.
(Echelle de 0,01 par mètre.)

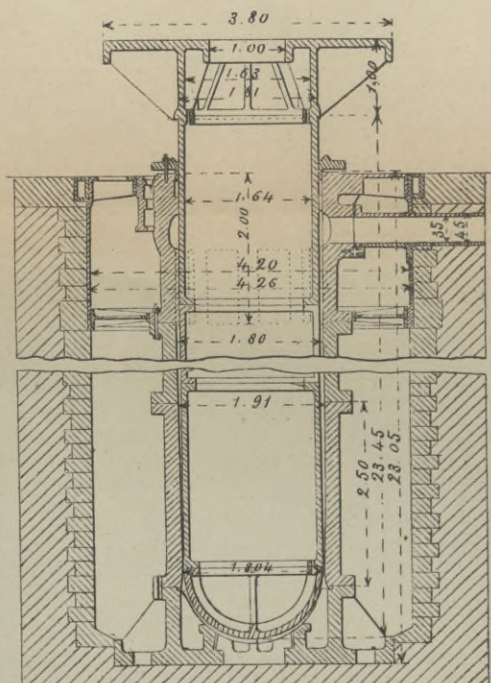


Fig. 7.
Détail dun joint du plongeur.
(Ech. 0,05 par mètre.)

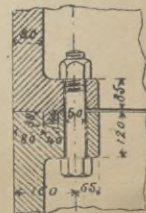


Fig. 6.
Détail d'un joint de la presse.
Ech. 0,05 par mètre.

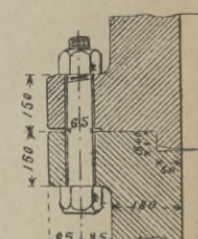
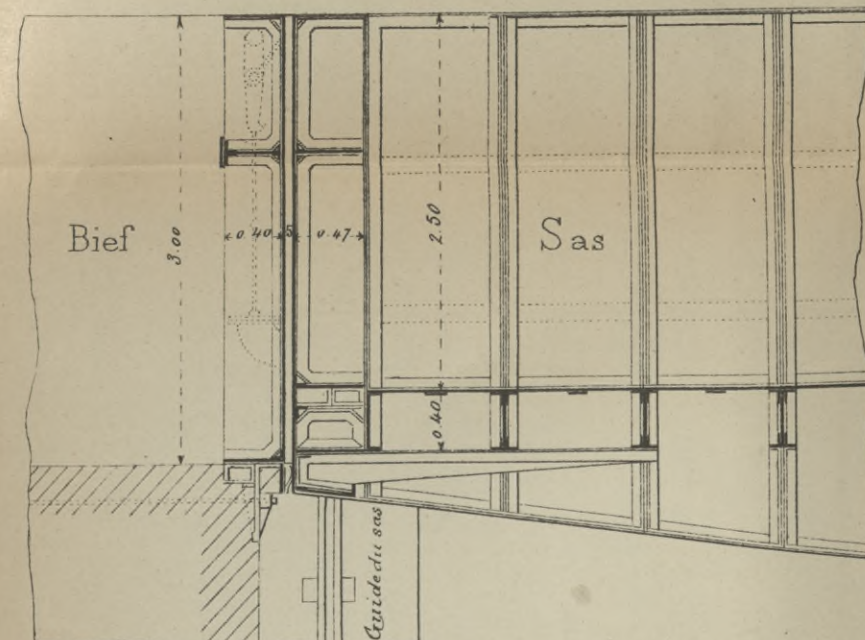


Fig. 8.
Coupe longitudinale des portes.
(Echelle de 0,02 par mètre.)





ASCENSEURS HYDRAULIQUES DE 20^m50 DE CHUTE.
 3^e et 4^e PROJETS A DEUX SAS ET A UN SEUL SAS PAR CHUTE. (C^{ie} DE FIVES-LILLE).

Fig. 1. - Coupe longitudinale. Echelle: $(\frac{1}{500})$ 0,002 p.m.

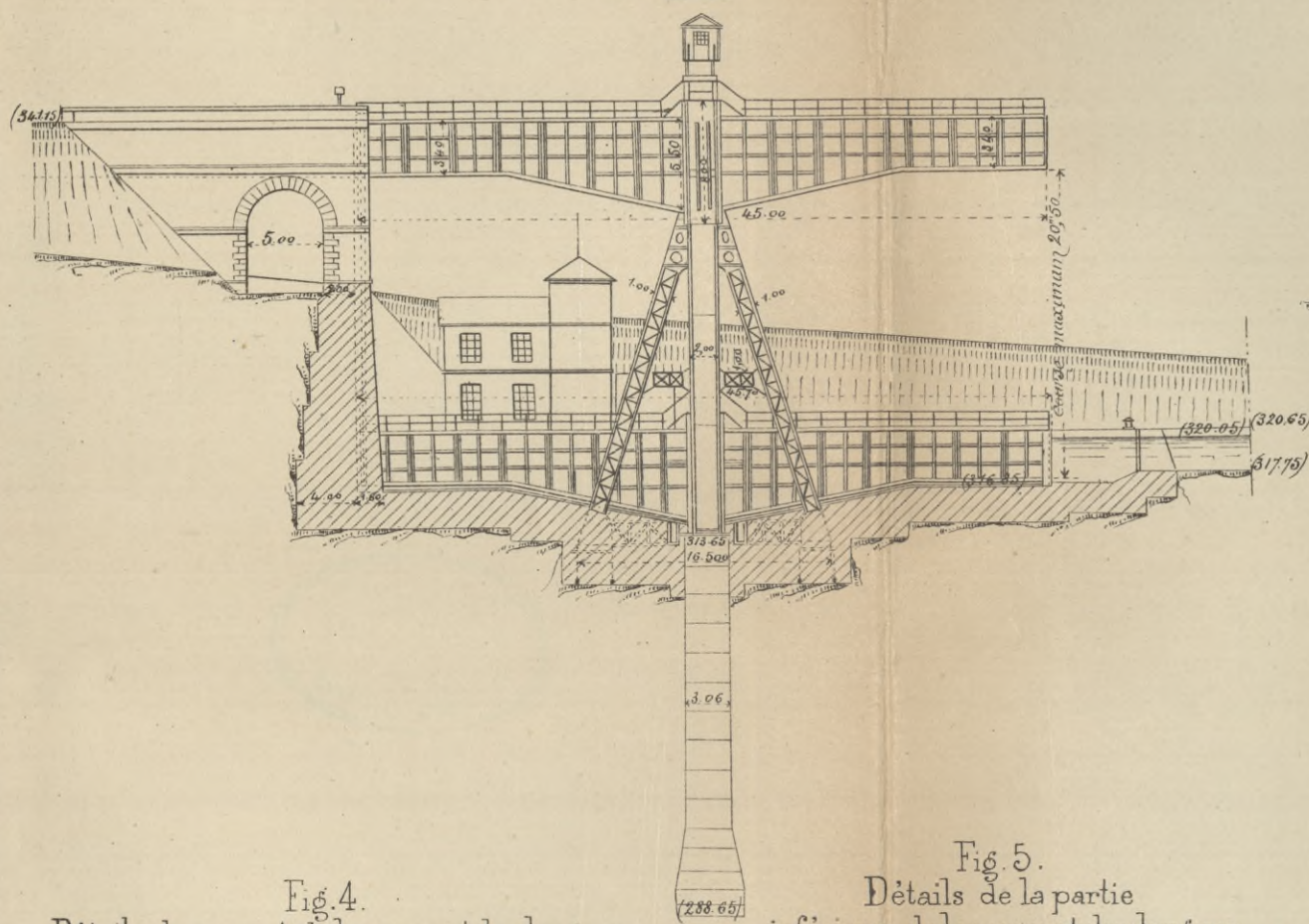


Fig. 2 - Coupe transversale. Echelle: $(\frac{1}{500})$ 0,002 p.m.

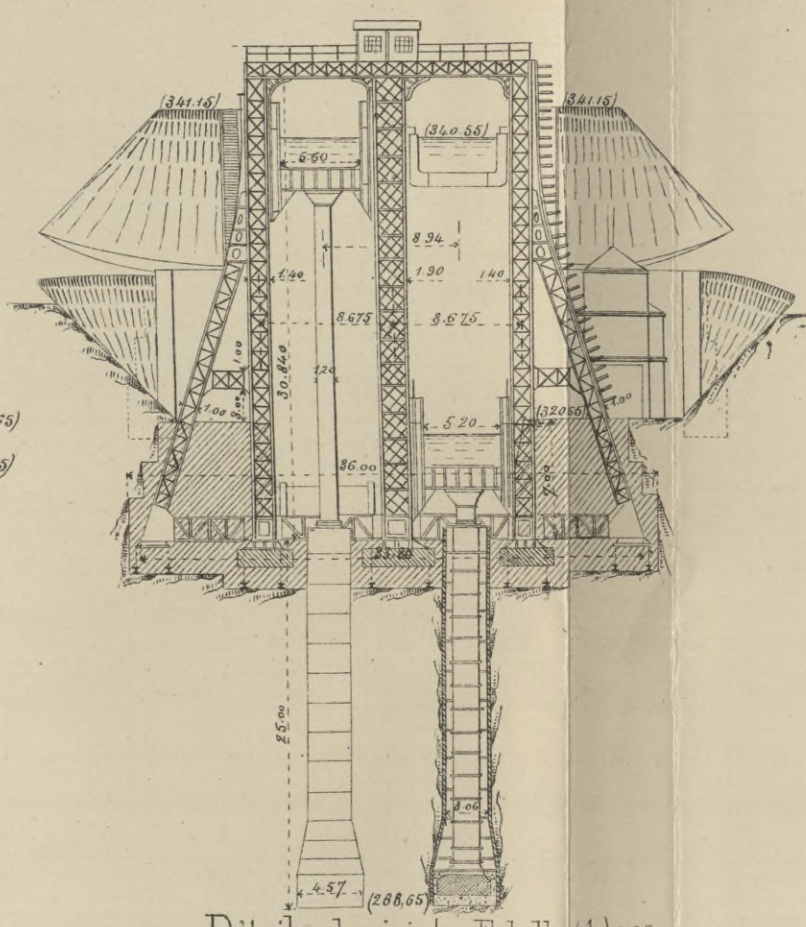


Fig. 3. - Portes et joint étanche. - Coupe longitudinale. - Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.

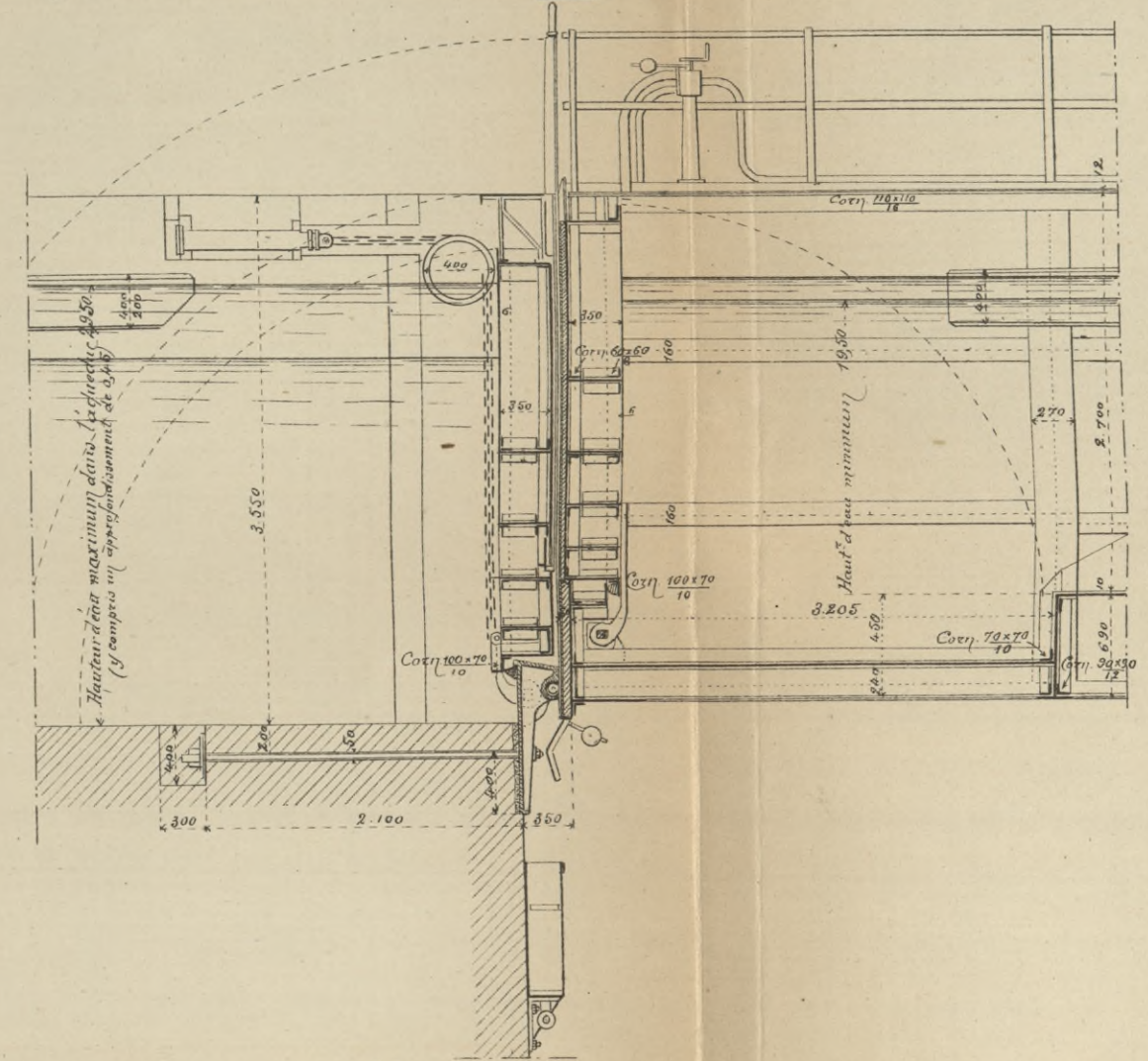


Fig. 4. Détails du sommet de la presse et du plongeur. Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.

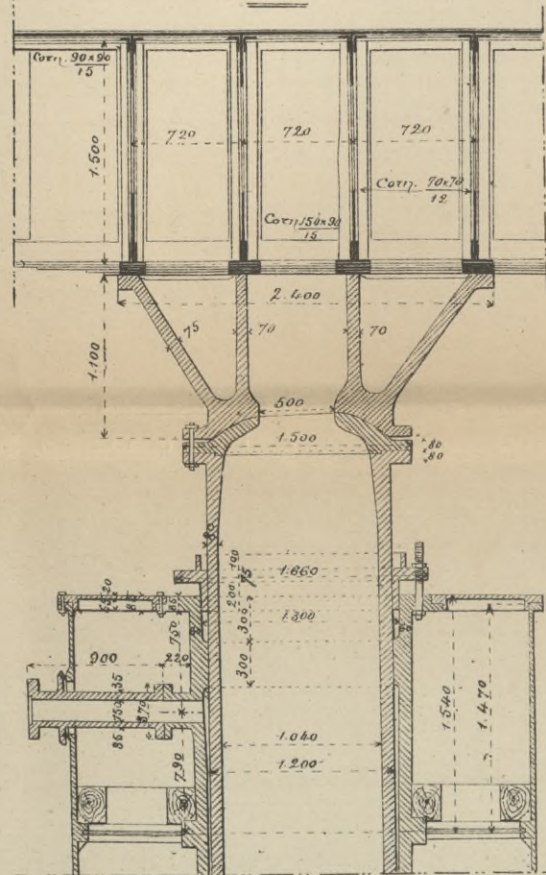
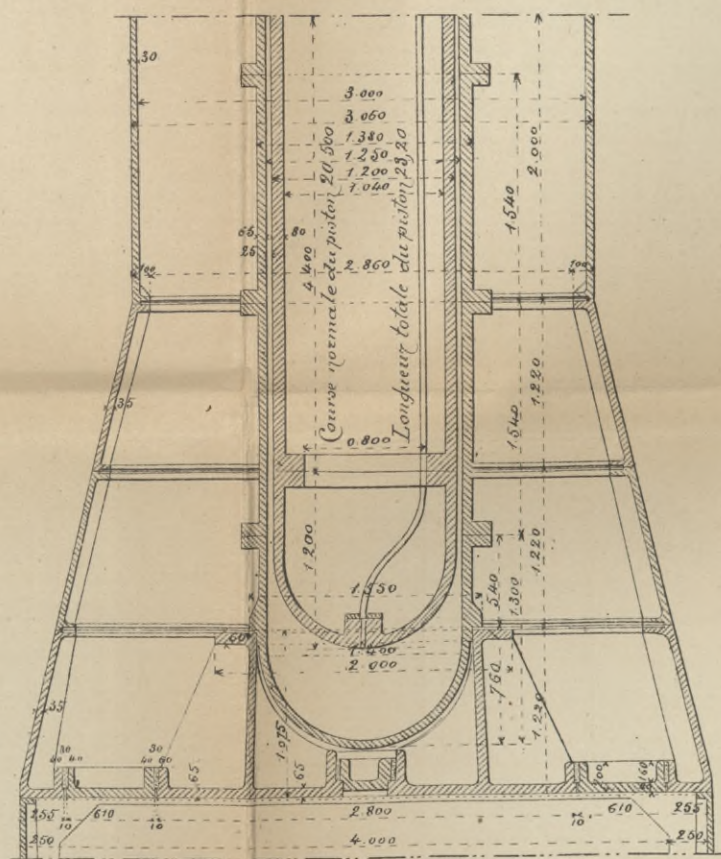


Fig. 5. Détails de la partie inférieure de la presse et du plongeur. Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.



Détails des joints. Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p.m.

Fig. 6. Plongeur. Fig. 7. Presse. Fig. 8. Cuvelage.

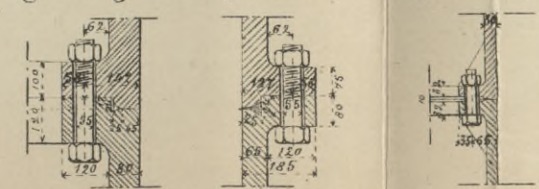
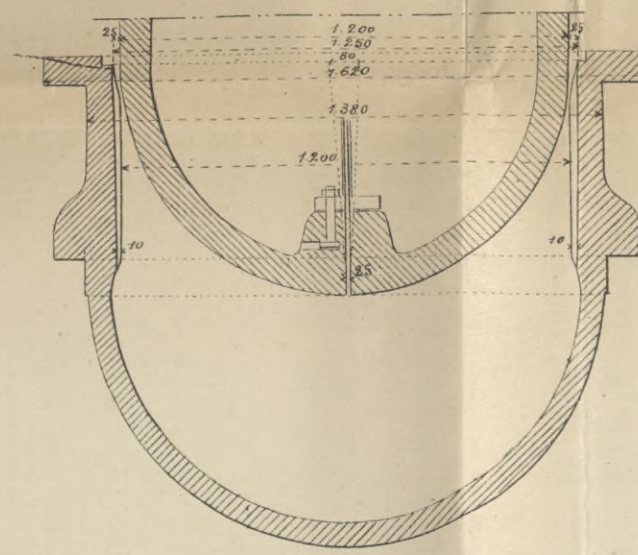


Fig. 9. Détails du tampon d'inertie. Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p.m.



Verrous. Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p.m.

Fig. 10. - Coupe horizontale à l'endroit des verrous.

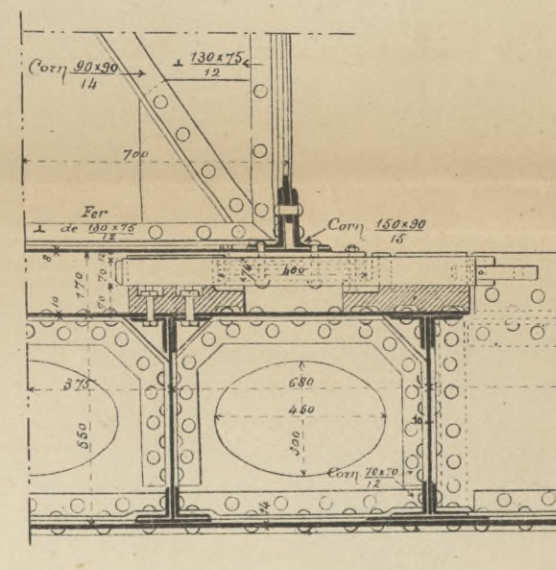
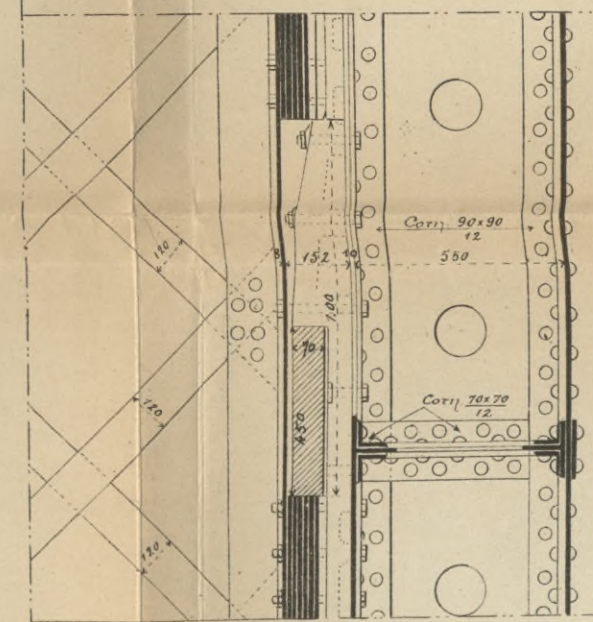


Fig. 11. - Coupe verticale.





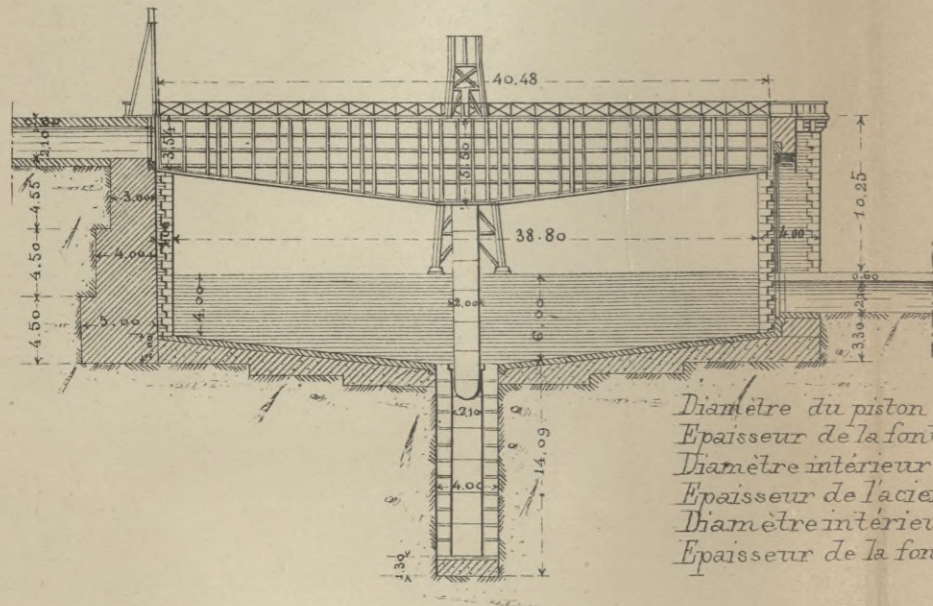
ASCENSEURS HYDRAULIQUES.

5^e- PROJETS A - CHUTES DE 10^m.25. - 6^e & 7^e- PROJETS B - CHUTES DE 20^m.50. (M.M. Clark, Stanfield et Clark et l'usine Cail.)

Planche N^o 4

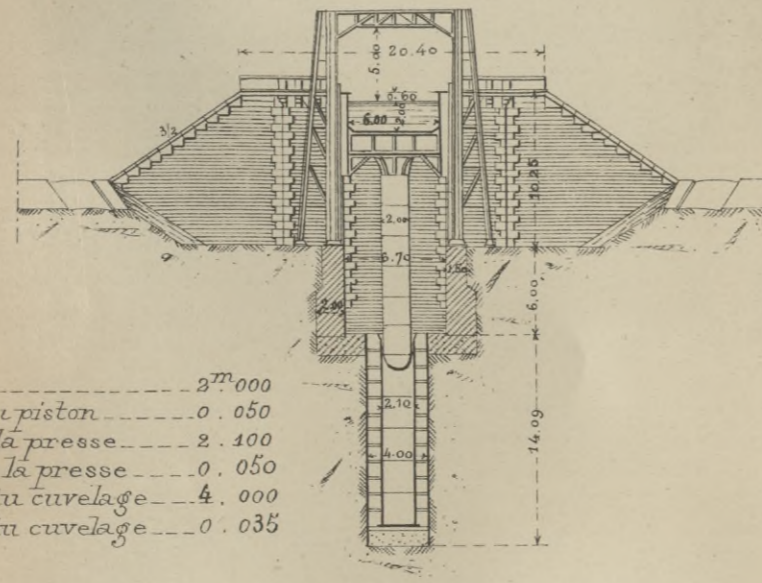
Projet A. - Chutes de 10^m.25 (Echelle de 0^m.002 par mètre)

Fig. 1. Elevation longitudinale.



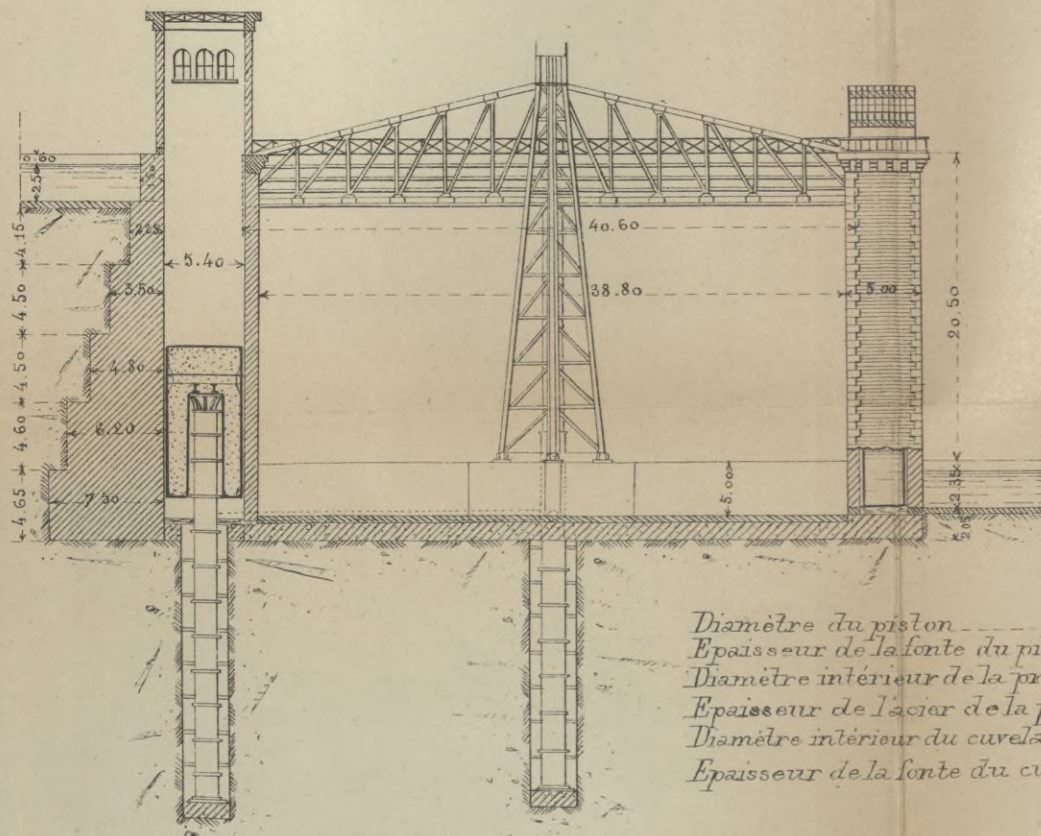
Diamètre du piston 2^m.000
 Epaisseur de la fonte du piston 0.050
 Diamètre intérieur de la presse 2.100
 Epaisseur de l'acier de la presse 0.050
 Diamètre intérieur du cuvelage 4.000
 Epaisseur de la fonte du cuvelage 0.035

Fig. 2. Coupe transversale.



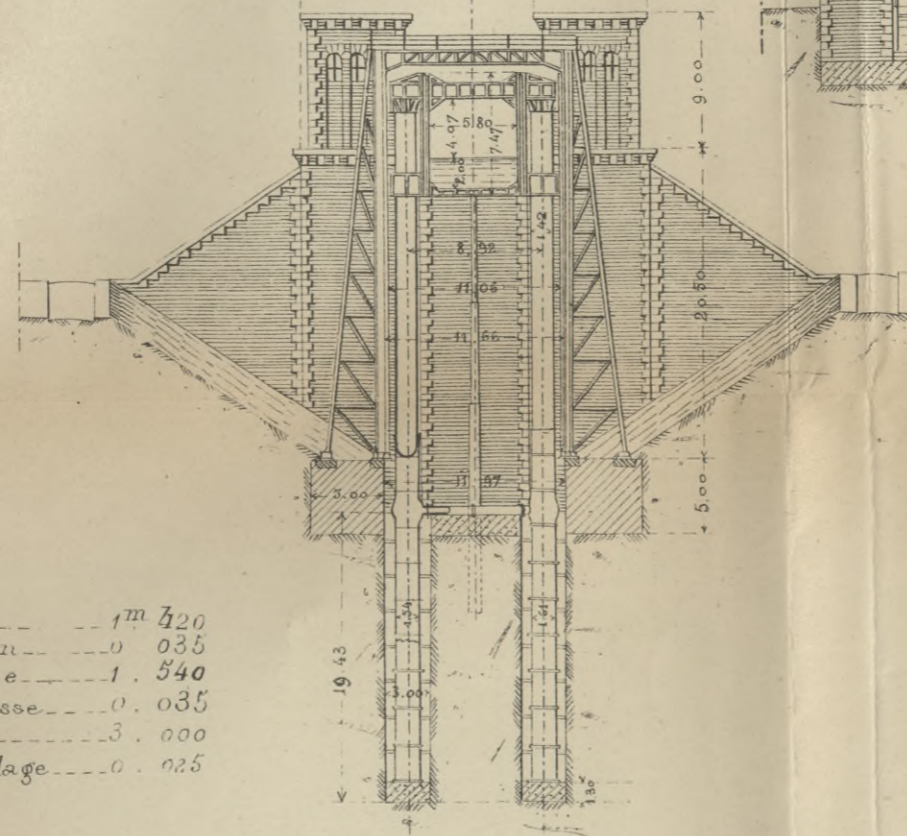
Projet B. - Chutes de 20^m.50. (Echelle de 0^m.02 par mètre.)

Fig. 4. Elevation longitudinale.



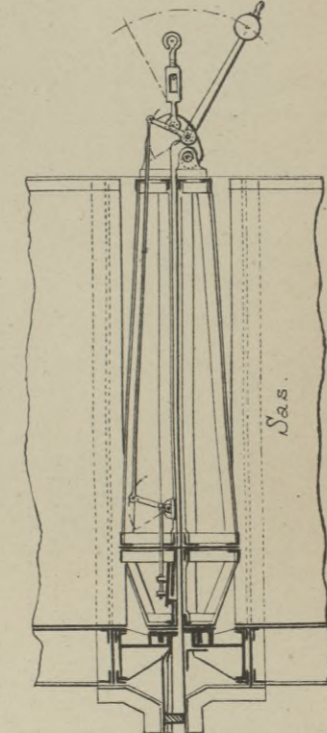
Diamètre du piston 1^m.420
 Epaisseur de la fonte du piston 0.035
 Diamètre intérieur de la presse 1.540
 Epaisseur de l'acier de la presse 0.035
 Diamètre intérieur du cuvelage 3.000
 Epaisseur de la fonte du cuvelage 0.025

Fig. 5. Coupe transversale.



Projets A et B.

Fig. 7. Coupe longitudinale des portes (1/50)



Valve automatique.
 Fig. 9. Coupe longitudinale (Echelle de 0^m.02 p. mètre)

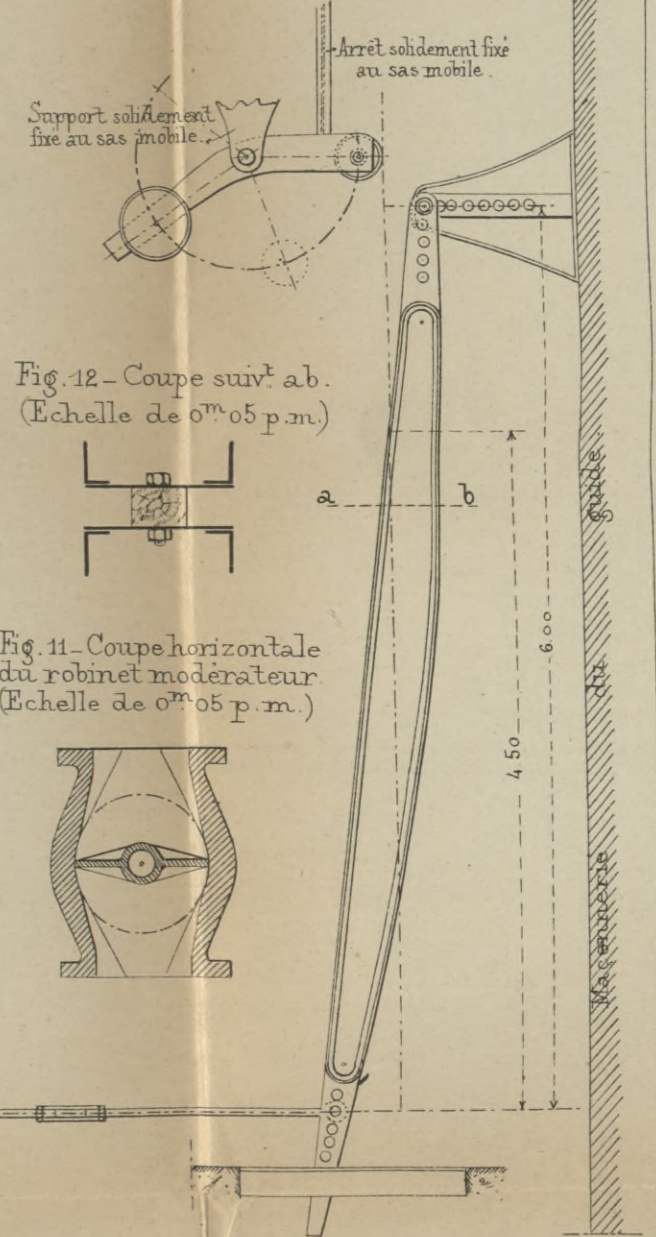


Fig. 12 - Coupe suivant ab. (Echelle de 0^m.05 p. m.)

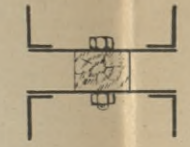


Fig. 11 - Coupe horizontale du robinet modérateur (Echelle de 0^m.05 p. m.)

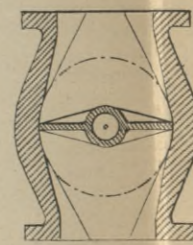


Fig. 8. Joint étanche avec bande en caoutchouc. (Echelle de 0^m.10 p. mètre)

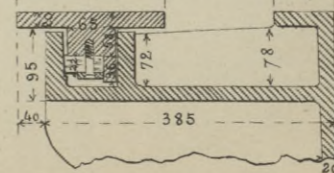
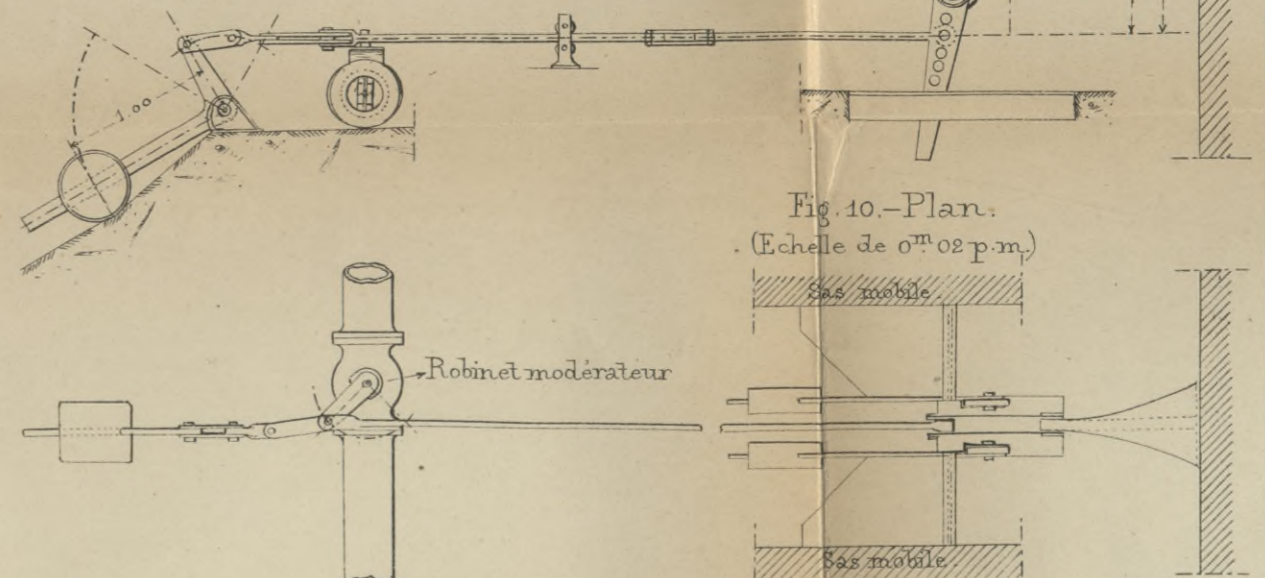


Fig. 10. - Plan. (Echelle de 0^m.02 p. m.)





ASCENSEURS FLOTTANTS DE 20^m50 DE CHUTE.

8^e. PROJET A UN SEUL SAS PAR CHUTE. — (M. SEYRIG).

Planche N^o 5.

Fig. 1. — Coupe longitudinale.
Echelle: $(\frac{1}{500}) 0,002$ p.m.

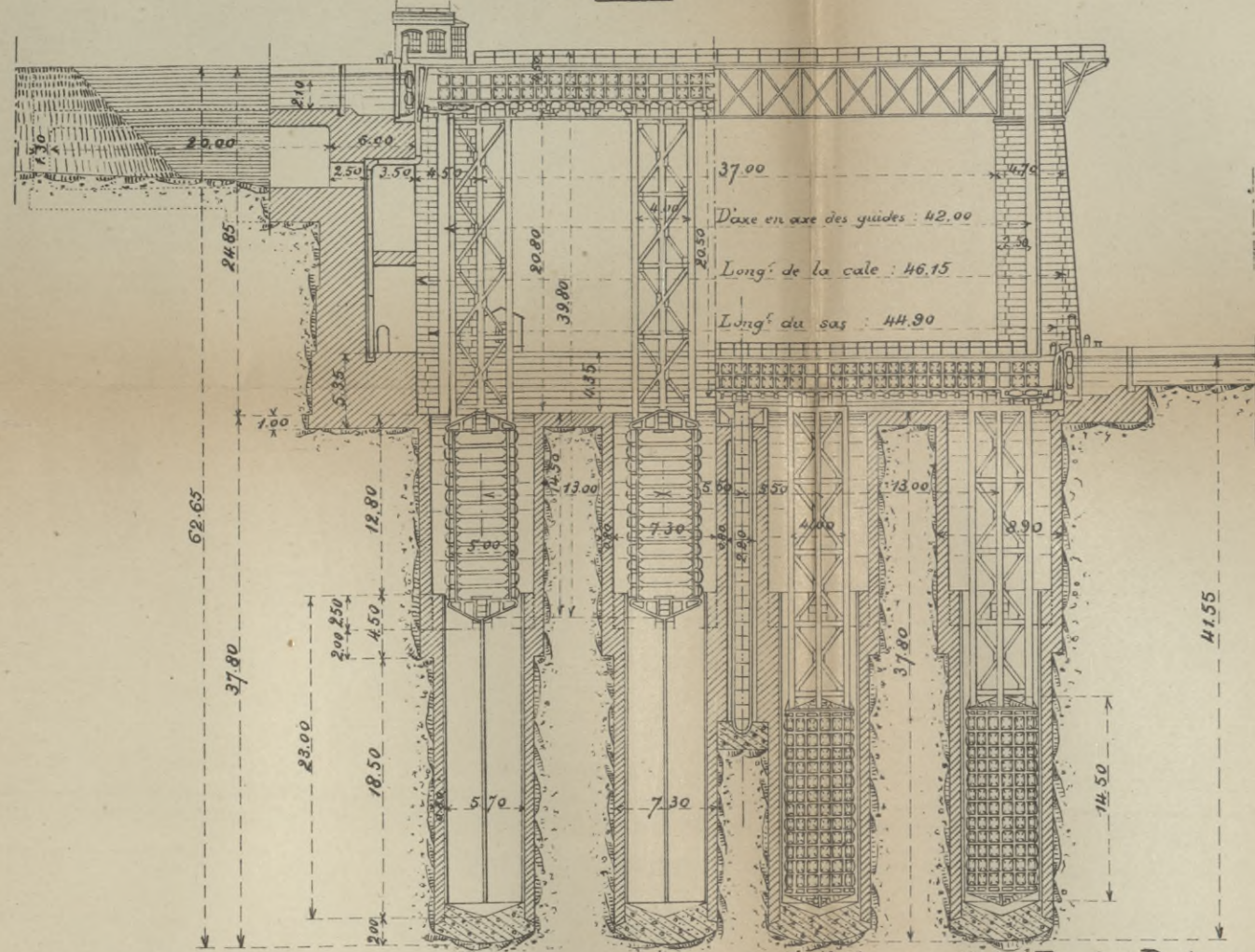
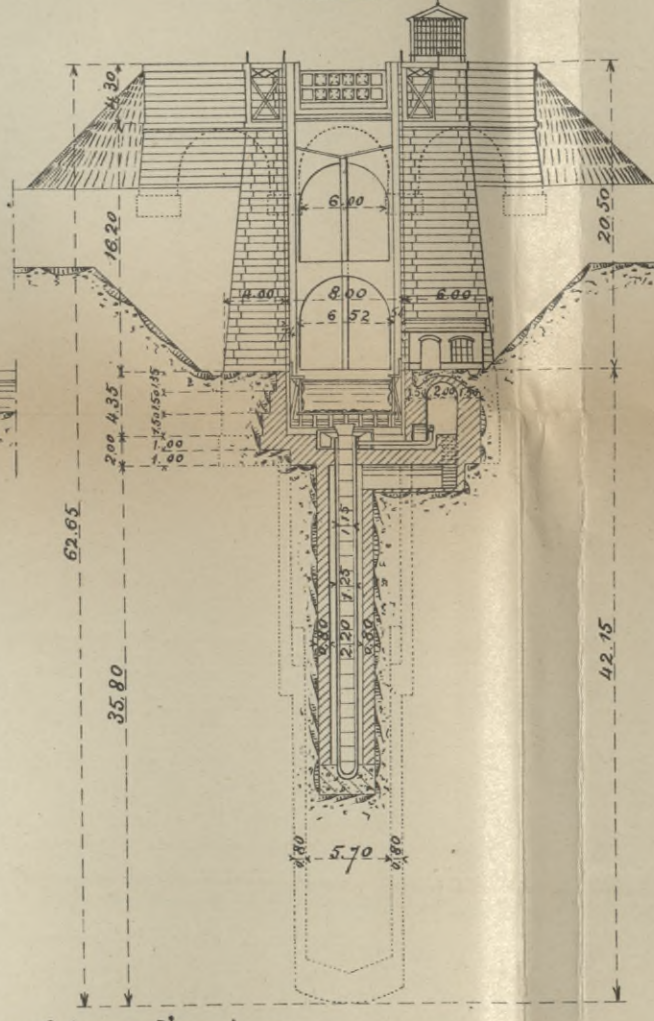


Fig. 2. — Coupe transversale sur l'axe de la presse.
Echelle: $(\frac{1}{500}) 0,002$ p.m.



Portes et joints étanches.
Echelle: $(\frac{1}{50}) 0,02$ p.m.

Fig. 4. — Projets.

Fig. 5. — Variante.

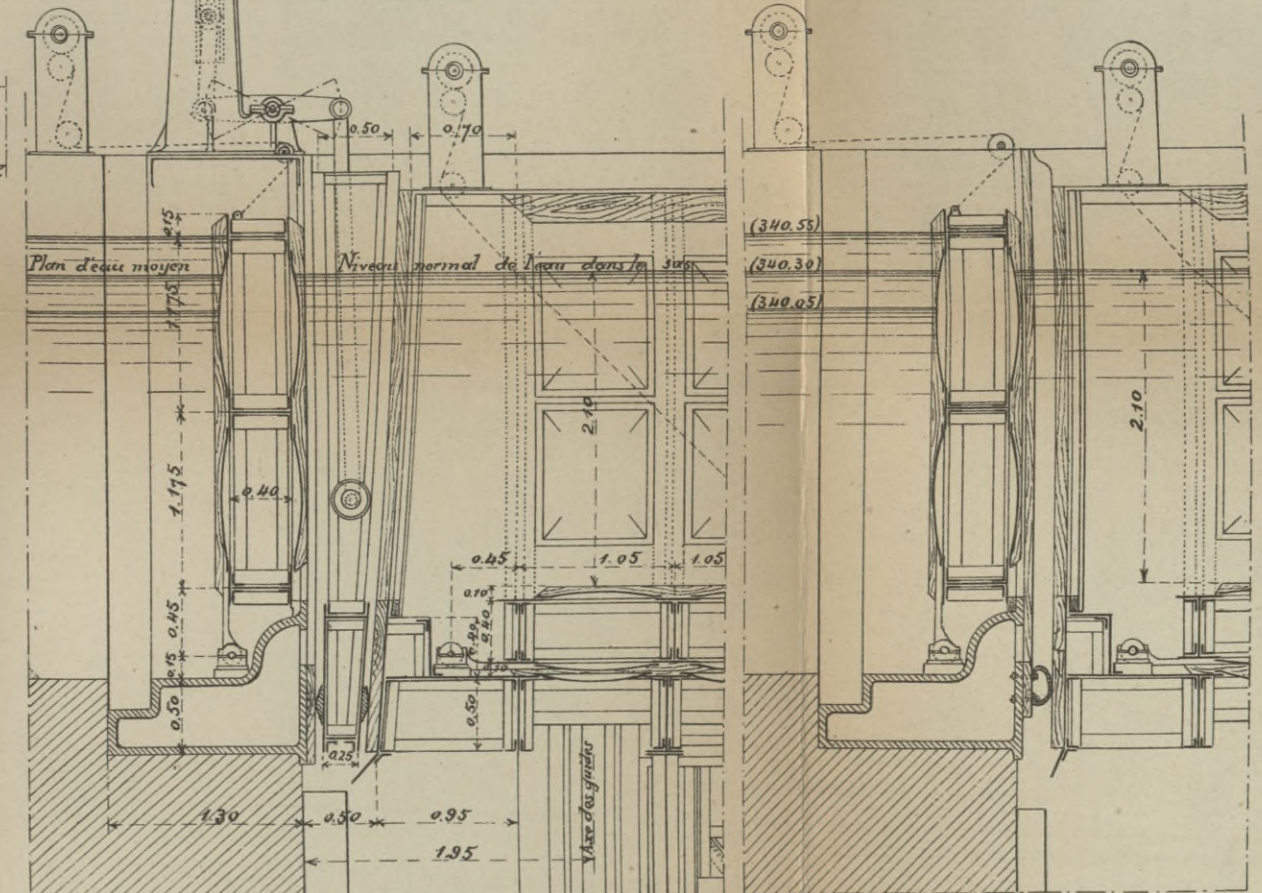


Fig. 3. — Coupes transversales du sas à différents endroits.
Echelle: $(\frac{1}{100}) 0,01$ p.m.

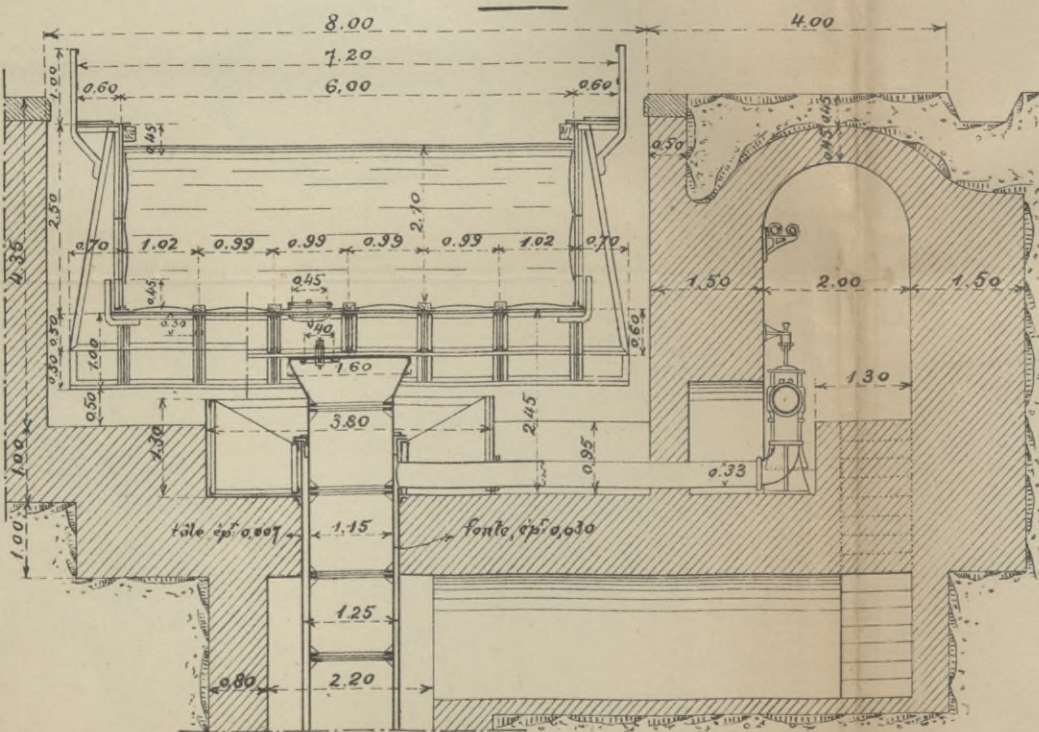
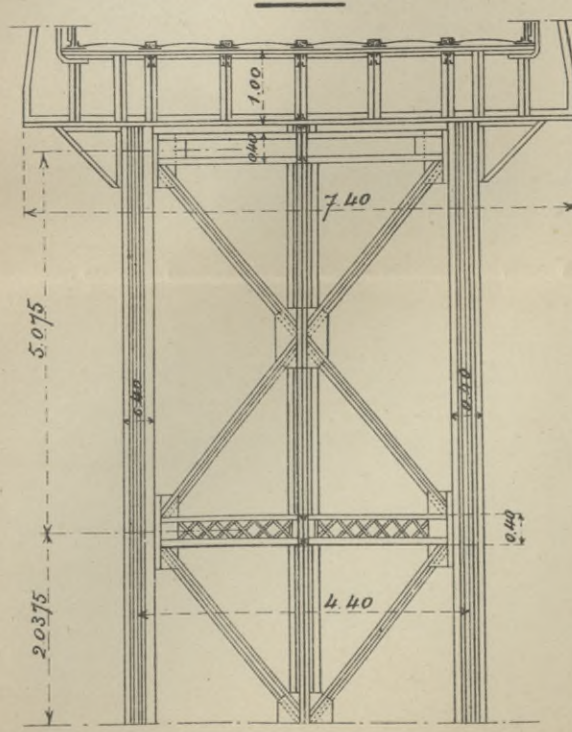


Fig. 6. — Partie supérieure d'une tour.
Echelle: $(\frac{1}{100}) 0,01$ p.m.



Détails du flotteur. — Echelle: $(\frac{1}{50}) 0,02$ p.m.

Fig. 7. — Coupe verticale suivant ABC.

Fig. 9. — Coupe verticale.

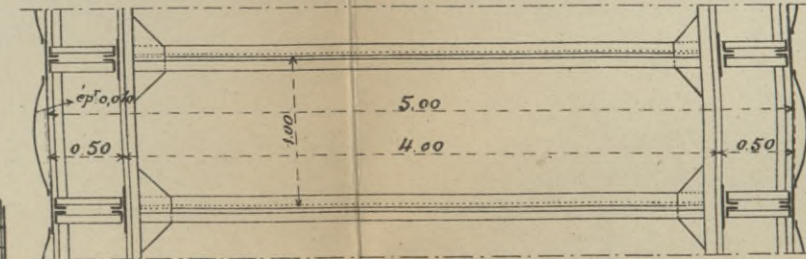
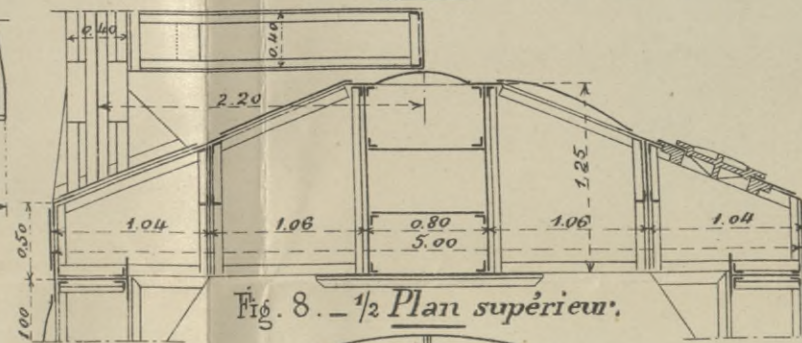
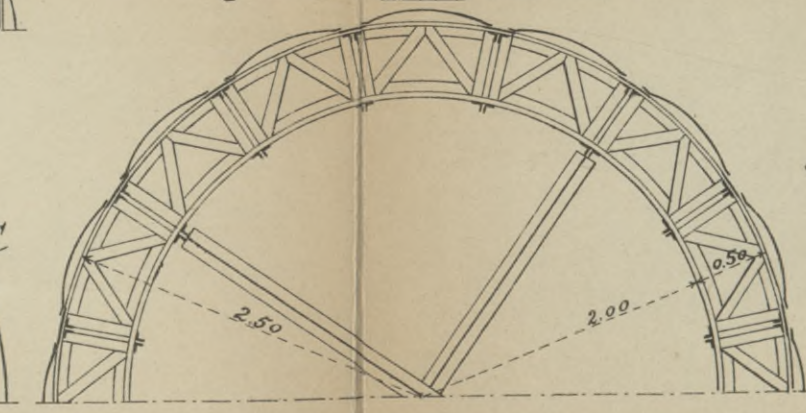
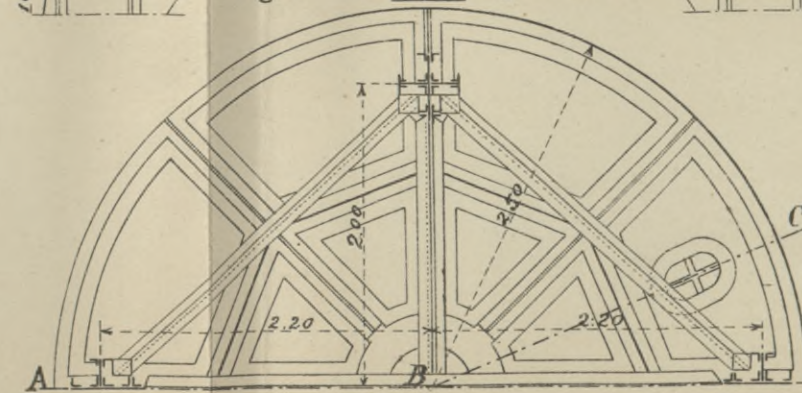


Fig. 8. — 1/2 Plan supérieur.

Fig. 10. — 1/2 Coupe horizontale.



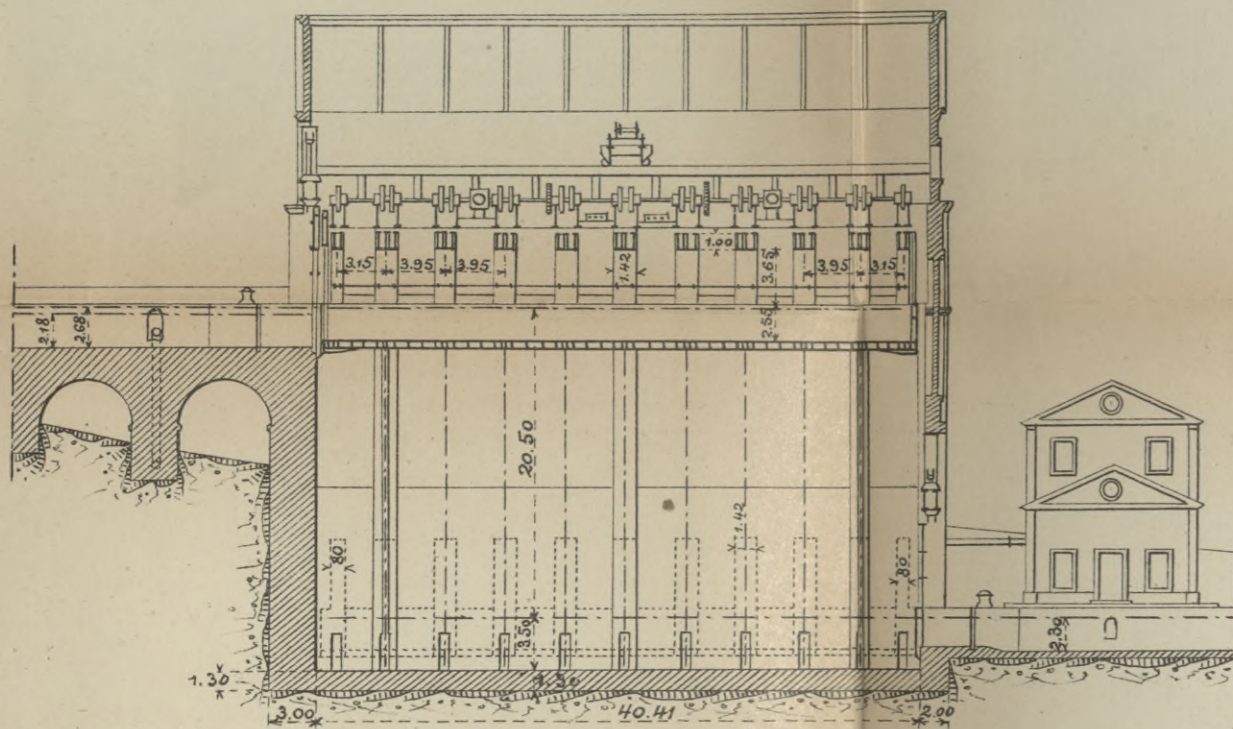


ASCENSEURS FUNICULAIRES.

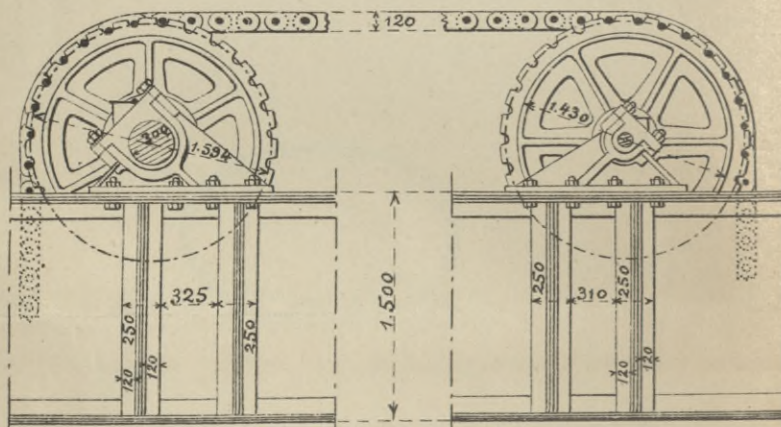
CHUTES DE 20^m50. 9^e PROJET A DEUX SAS PAR CHUTE. (M. BARRET ET L'USINE DU CREUSOT).

Planche N^o 6.

Fig. 1.
Coupe longitudinale.
Echelle: $(\frac{1}{500})$ 0,002 p.m.



Barbotins de la grande ligne d'arbres.
Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.
Fig. 4. Elevation.



Barbotins fixés sur les anses des sas
Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.
Fig. 7. Elevation.

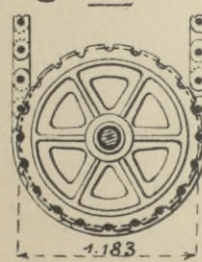
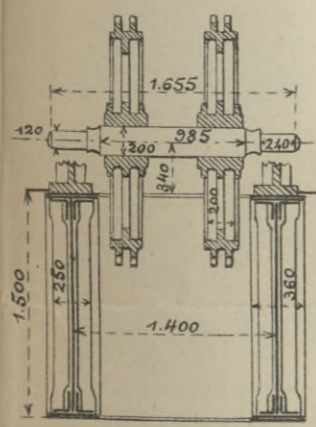


Fig. 5. Elevation.

Barbotins de renvoi.
Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.



Chânes de suspension.
Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p.m.
Fig. 9. Elevation.



Fig. 10. Plan.

Fig. 2.
Coupe transversale.
Echelle: $(\frac{1}{200})$ 0,005 p.m.

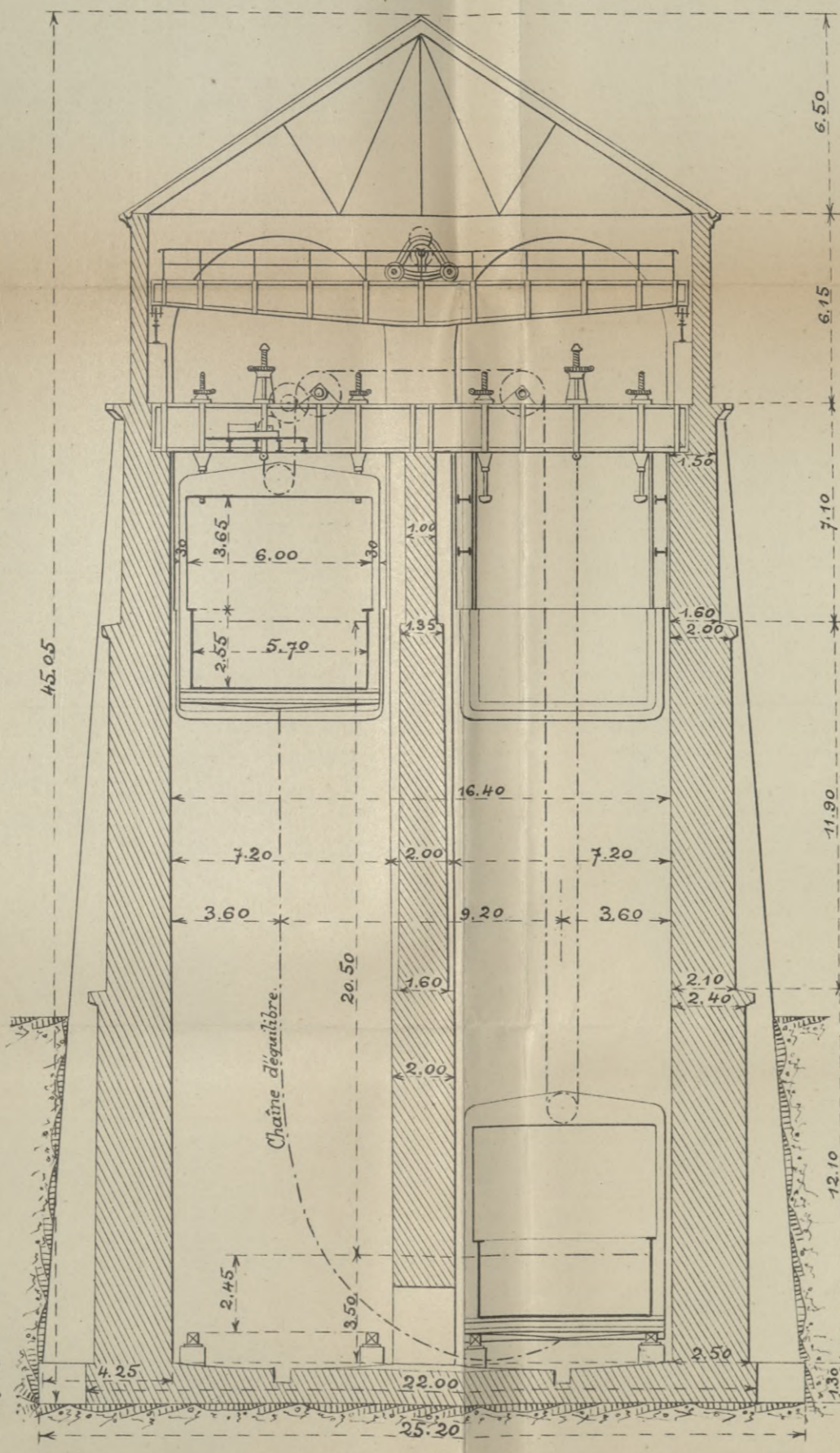
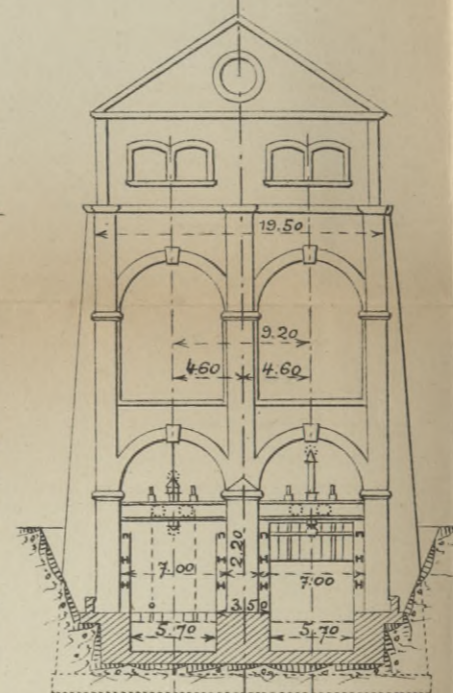
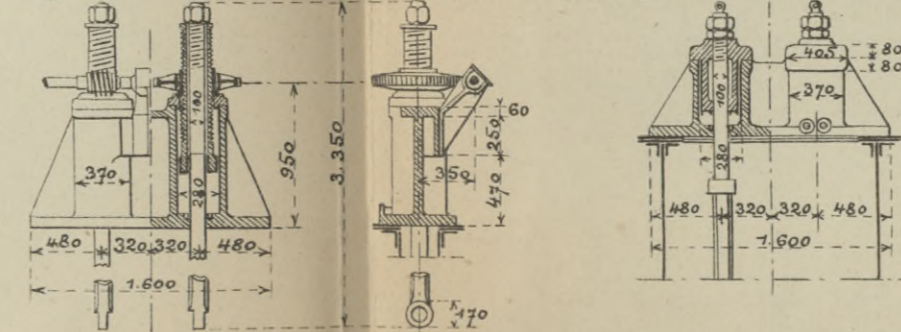


Fig. 3.
Pignon d'aval.
Echelle: $(\frac{1}{500})$ 0,002 p.m.



Balances hydrostatiques. Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.

Ascenseur M. Ascenseur N.
Fig. 16. Elev^{on} et coupe. Fig. 17. Vue par bout. Fig. 18. Elev^{on} et coupe



Freins. Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.

Fig. 19. Coupe longitudinale.

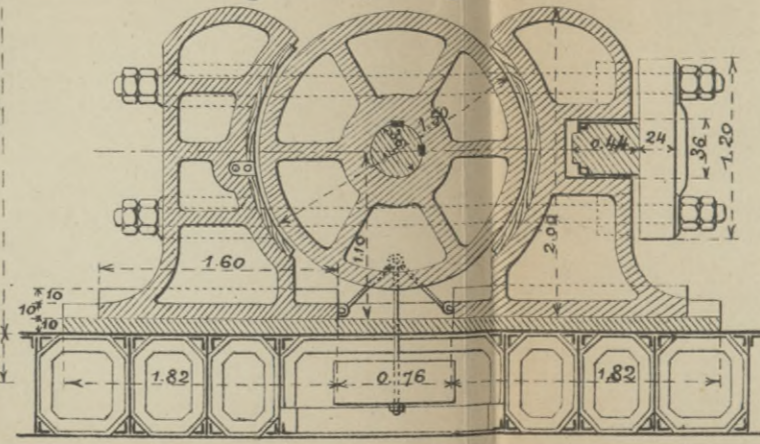
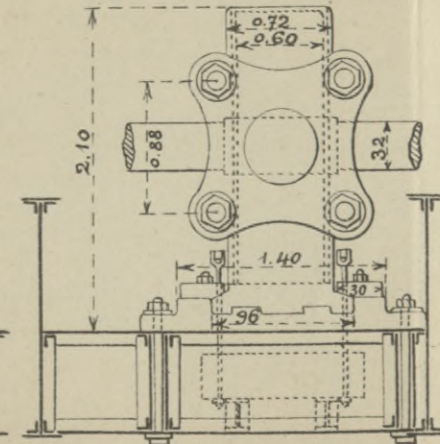
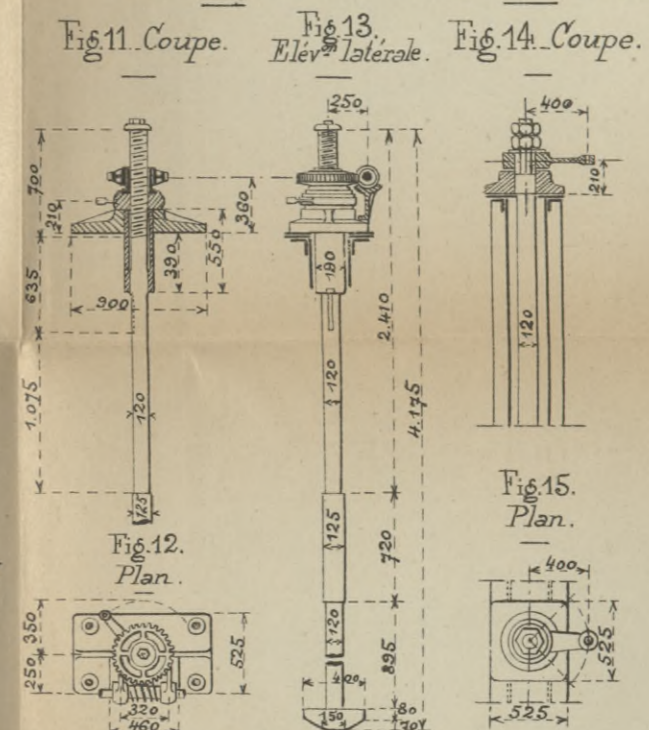


Fig. 20. Vue par bout.



Verrous.
Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.

Ascenseur M. Ascenseur N.
Fig. 11. Coupe. Fig. 13. Elev^{on} latérale. Fig. 14. Coupe.



Régulateur de pression.
Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p.m.

Fig. 21.

Plan supérieur.

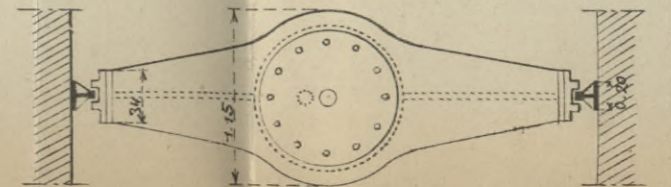


Fig. 22.
Coupe verticale.

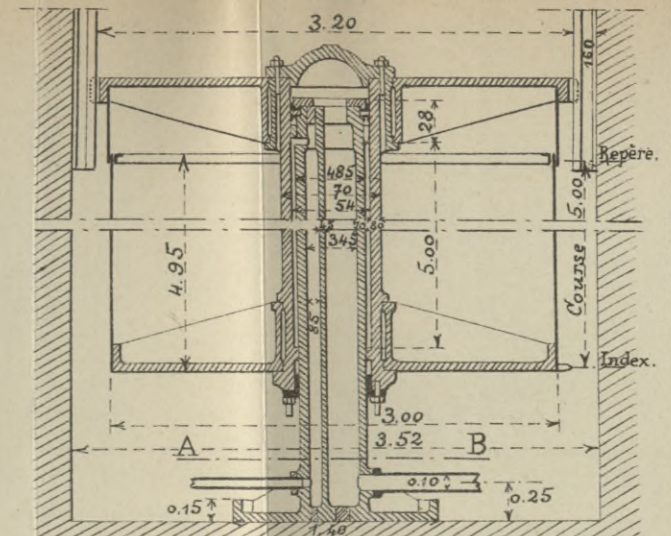


Fig. 23.
Coupe suivant AB.

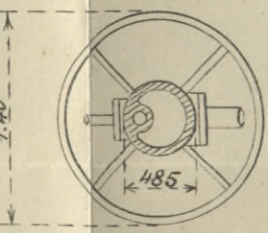
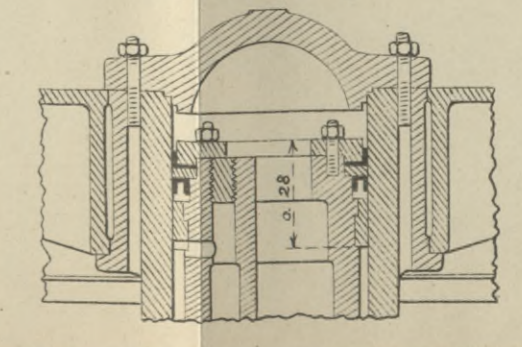


Fig. 24.
Détails de la partie sup^{rie}ure du régulateur.
Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p.m.





ASCENSEURS FUNICULAIRES DE 20^m50 DE CHUTE.

10^o — PROJET A UN SEUL SAS PAR CHUTE. — (M.M. J. et A. LESLIE).

Planche N^o 7.

Dessins d'ensemble. — Echelle: $(\frac{1}{500}) 0,002$ p.m.

Fig. 1. — Coupe longitudinale.

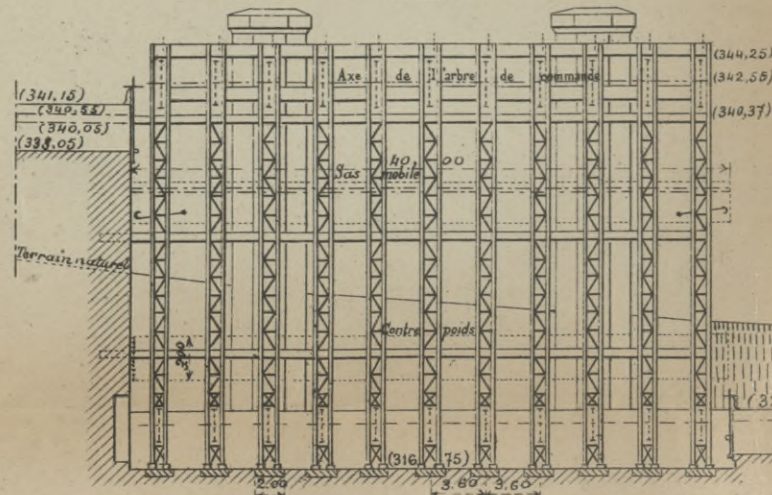


Fig. 2. — Coupe transversale.

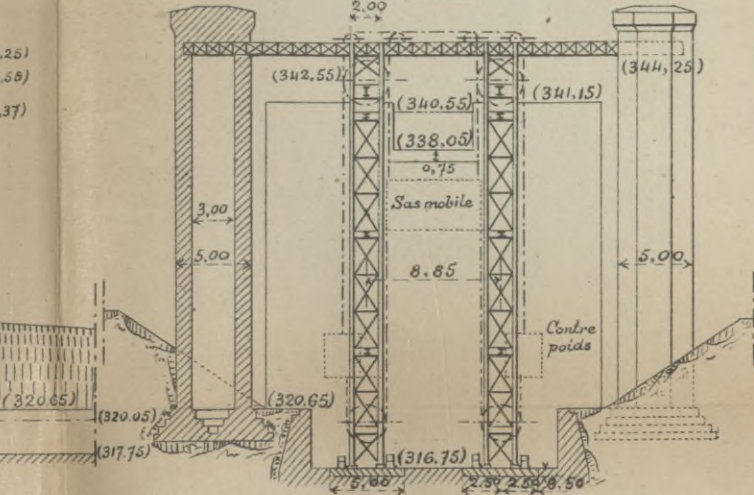


Fig. 3. — Elevation de l'extrémité du sas.
Echelle: $(\frac{1}{100}) 0,01$ p.m.

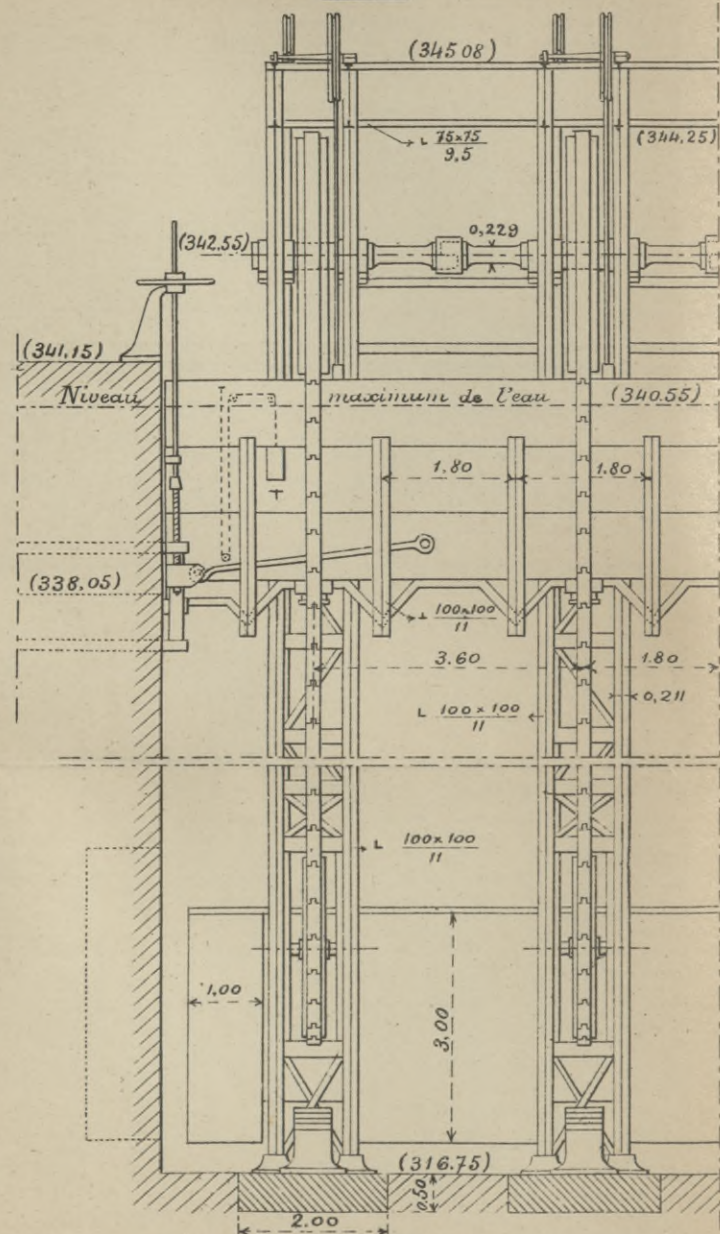
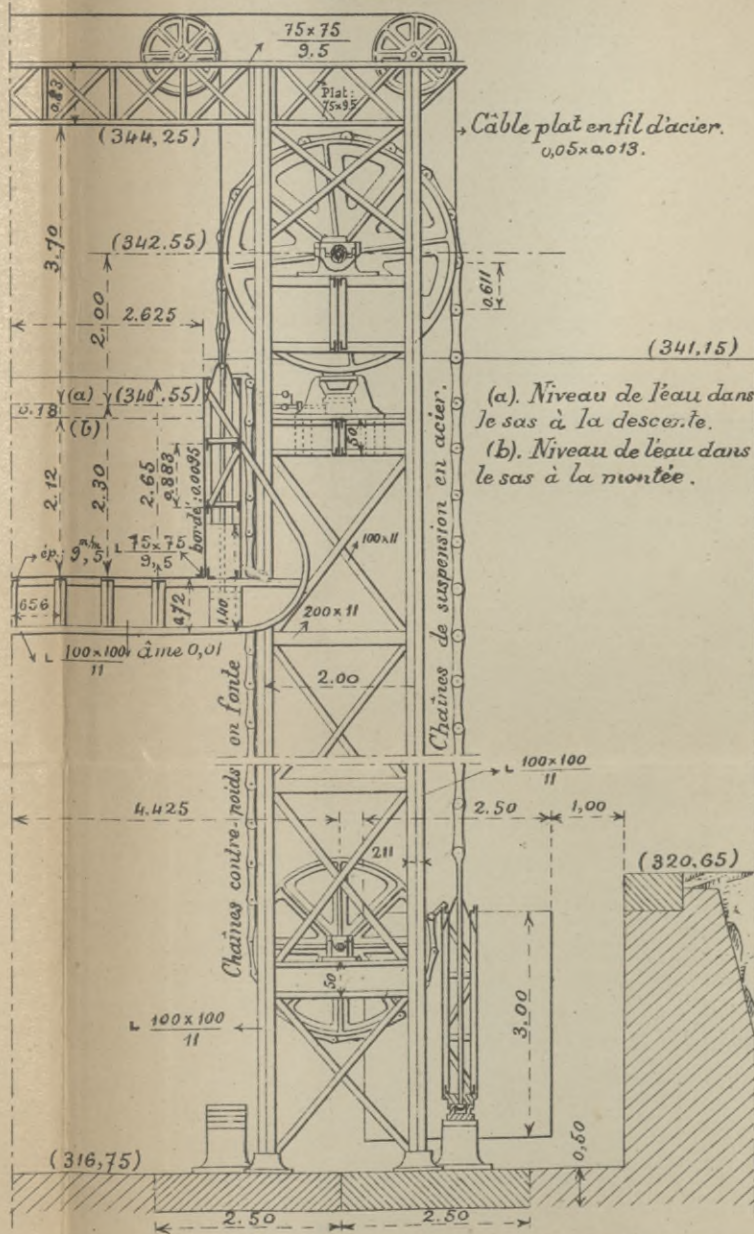


Fig. 4. — $\frac{1}{2}$ Coupe transversale du sas
Echelle: $(\frac{1}{100}) 0,01$ p.m.



Portes et joint étanche. — Echelle: $(\frac{1}{50}) 0,02$ p.m.

Fig. 5. — Plans à différents niveaux.

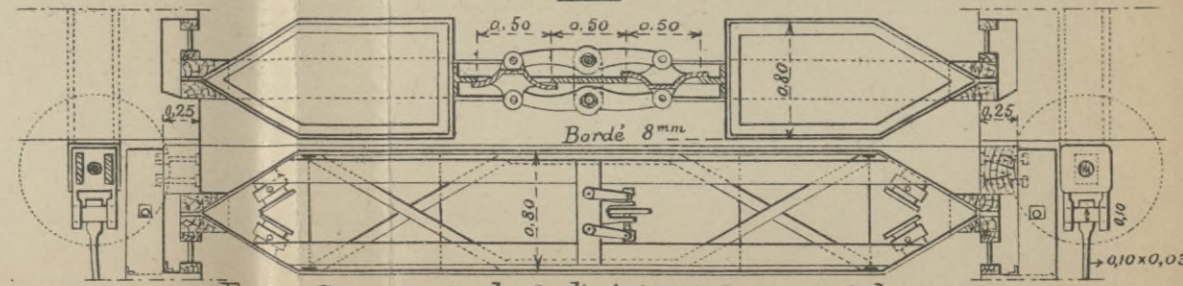


Fig. 7. — Coupe transversale des portes à différents points.

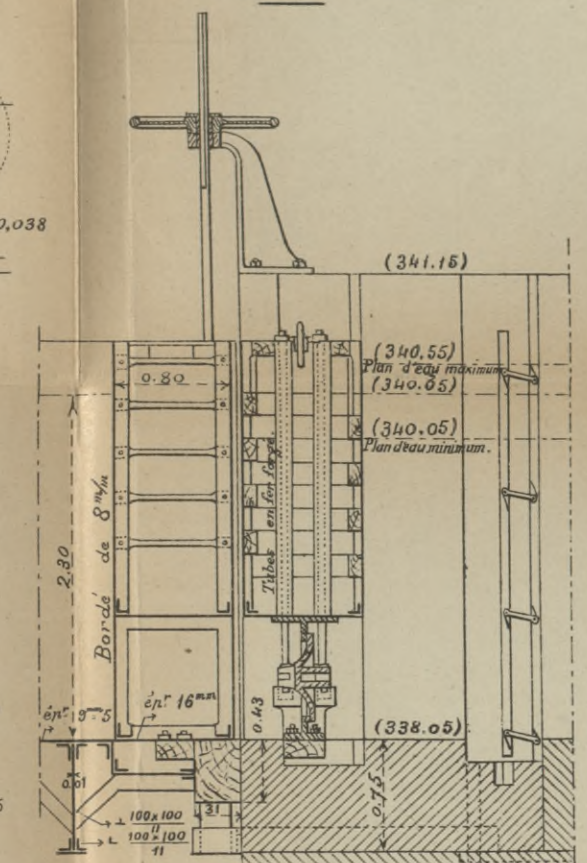


Fig. 6. — Coupe verticale de l'extrémité du sas et de la porte montrant la vanne.

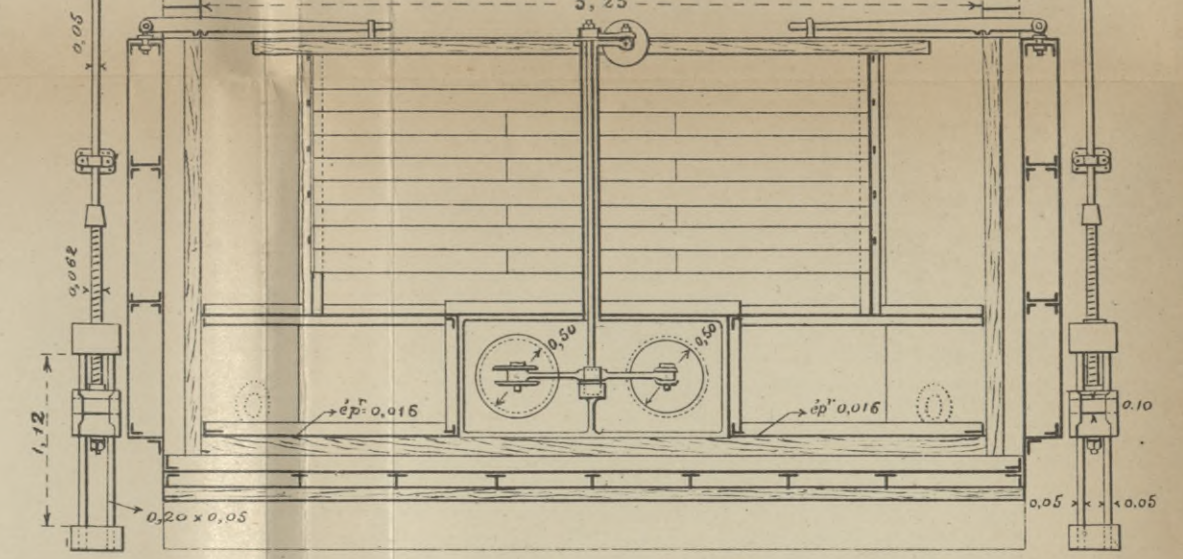
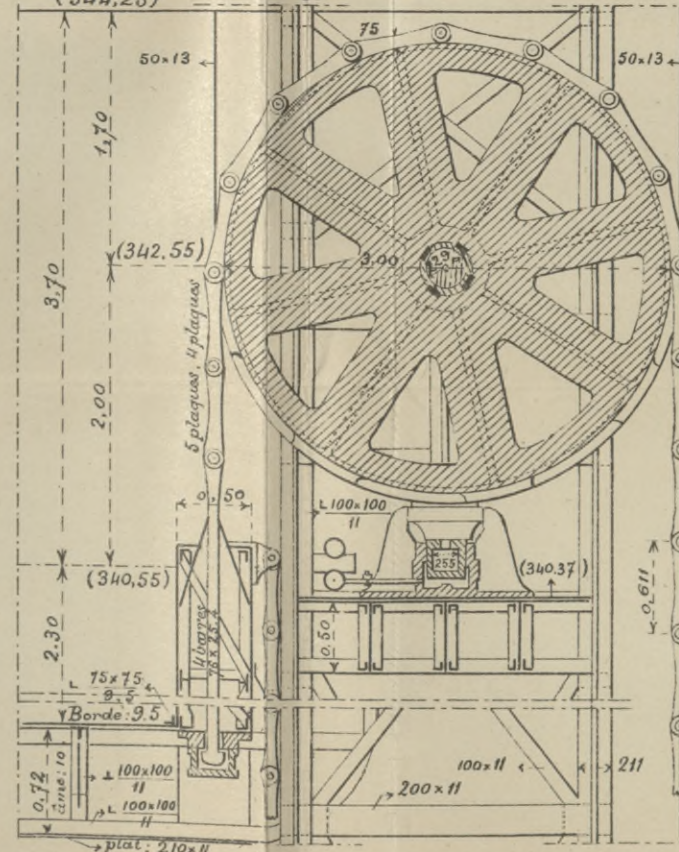
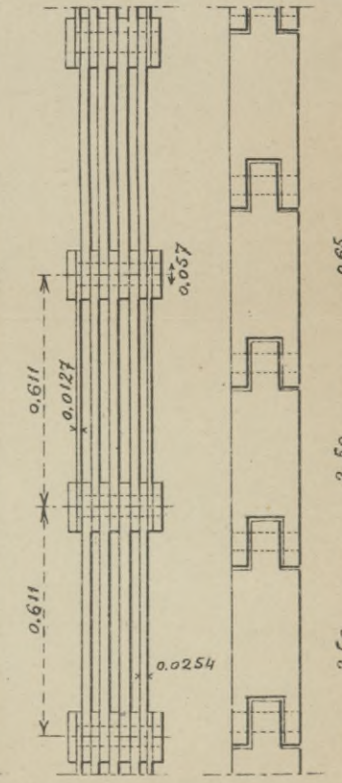


Fig. 8. — Coupe d'une poulie principale.
Echelle: $(\frac{1}{50}) 0,02$ p.m.



Elevation des chaînes.
Echelle: $(\frac{1}{20}) 0,05$ p.m.

Fig. 9. Chaînes de suspension. Fig. 10. Chaînes contre-ponds.



Détails des contre-ponds.
Echelle: $(\frac{1}{100}) 0,01$ p.m.

Fig. 11. — Coupe longitudinale.

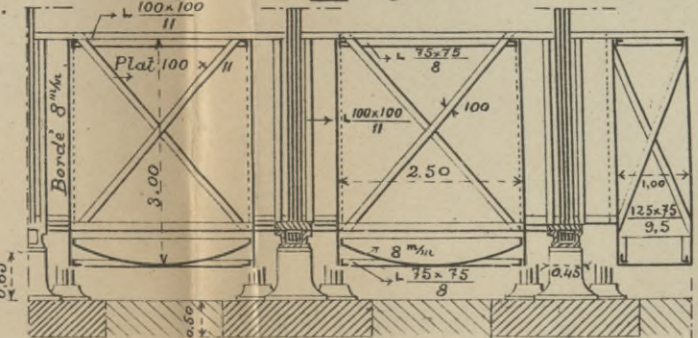
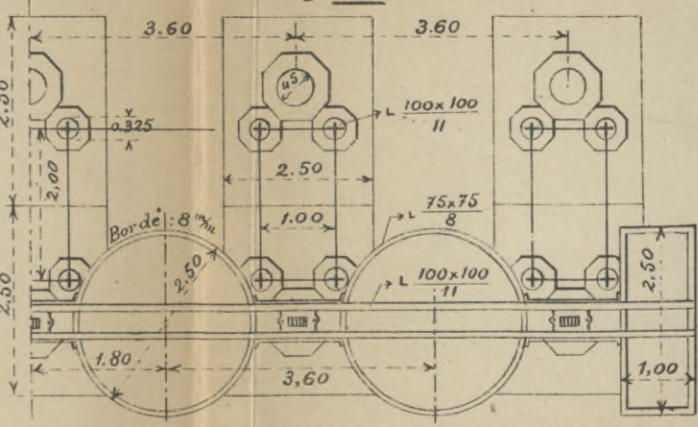
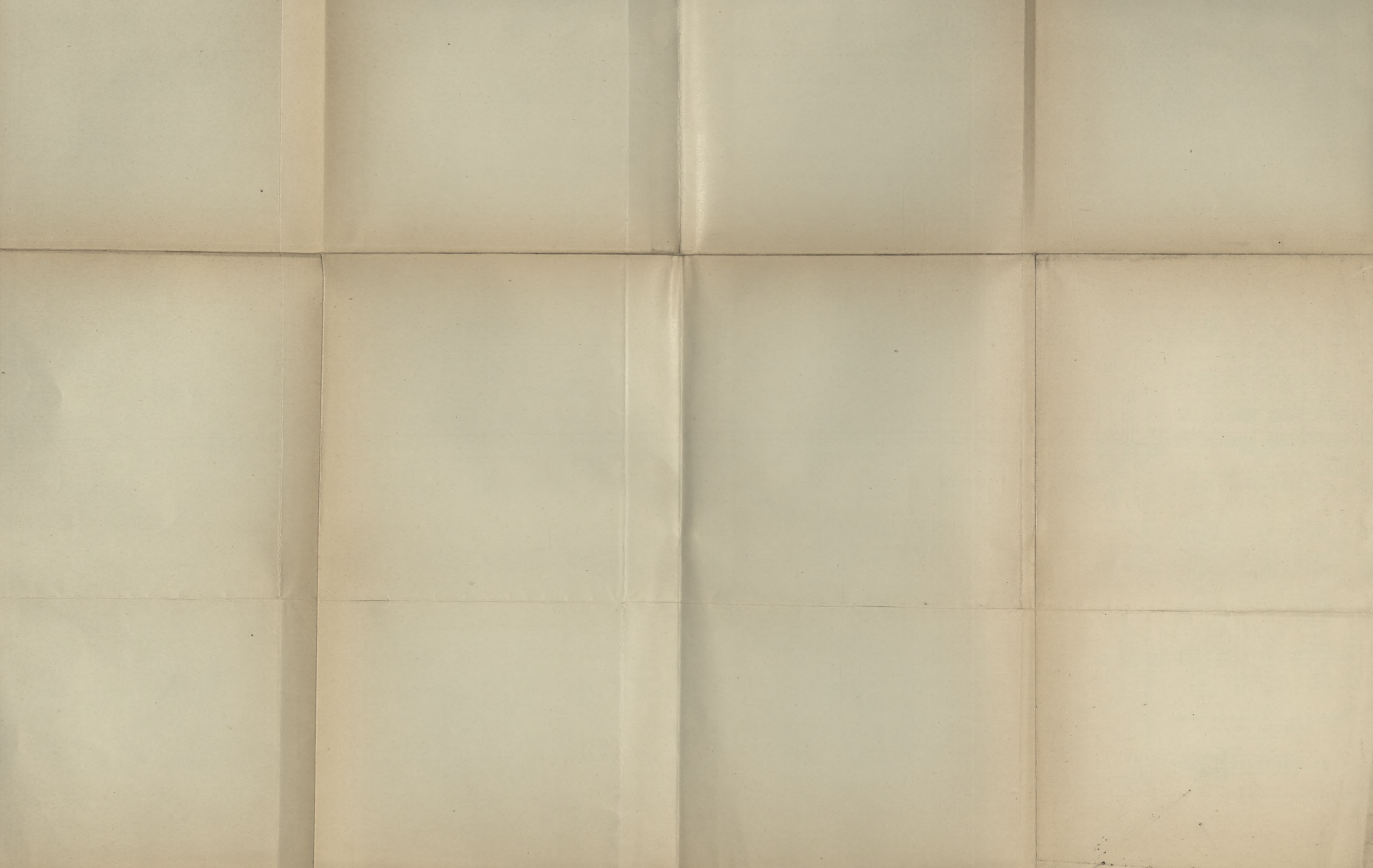


Fig. 12. — Plan.





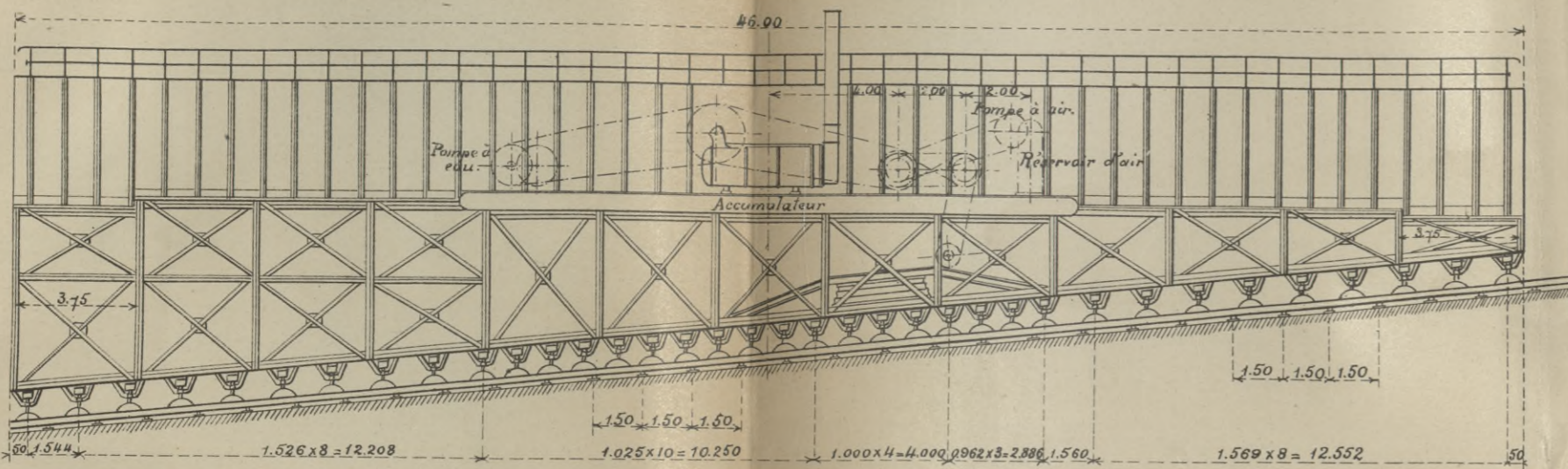


PLANS INCLINÉS DE 41^m DE HAUTEUR.

12^s et 13^s. PROJETS A DEUX SAS ET A UN SEUL SAS PAR CHUTE. (M.M. THOMASSET, VOLLOT ET C^{ie})

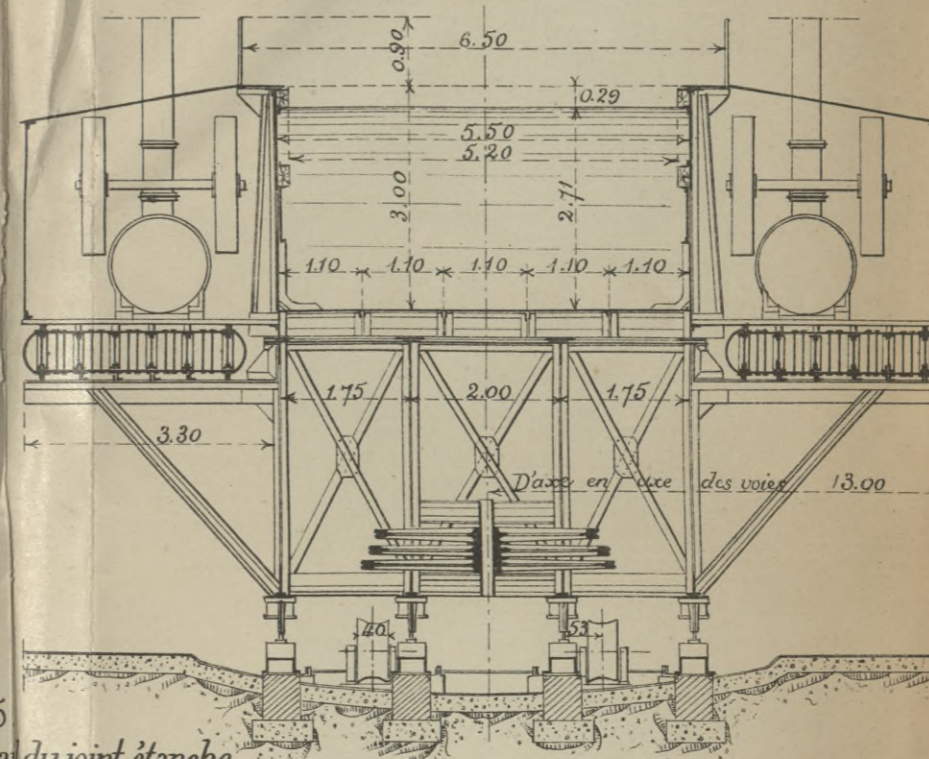
Planche N^o 9.

Fig. 1. *Elévation latérale d'un sas.* - Echelle: $(\frac{1}{200})$ 0,005 p. m.



Plan incliné au $\frac{1}{10}$.

Fig. 2. *Coupe transversale d'un sas.* Echelle: $(\frac{1}{100})$ 0,01 p. m.



Robinet.
(Système Girard).
Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p. m.
Fig. 8. - *Vue de côté.*

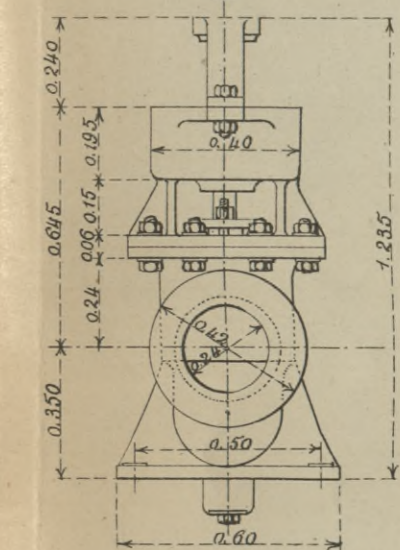


Fig. 3. *Plan incliné au $\frac{1}{10}$ - Tête du bief supérieur. Coupe longitudinale.*
Echelle: $(\frac{1}{100})$ 0,01 p. m.

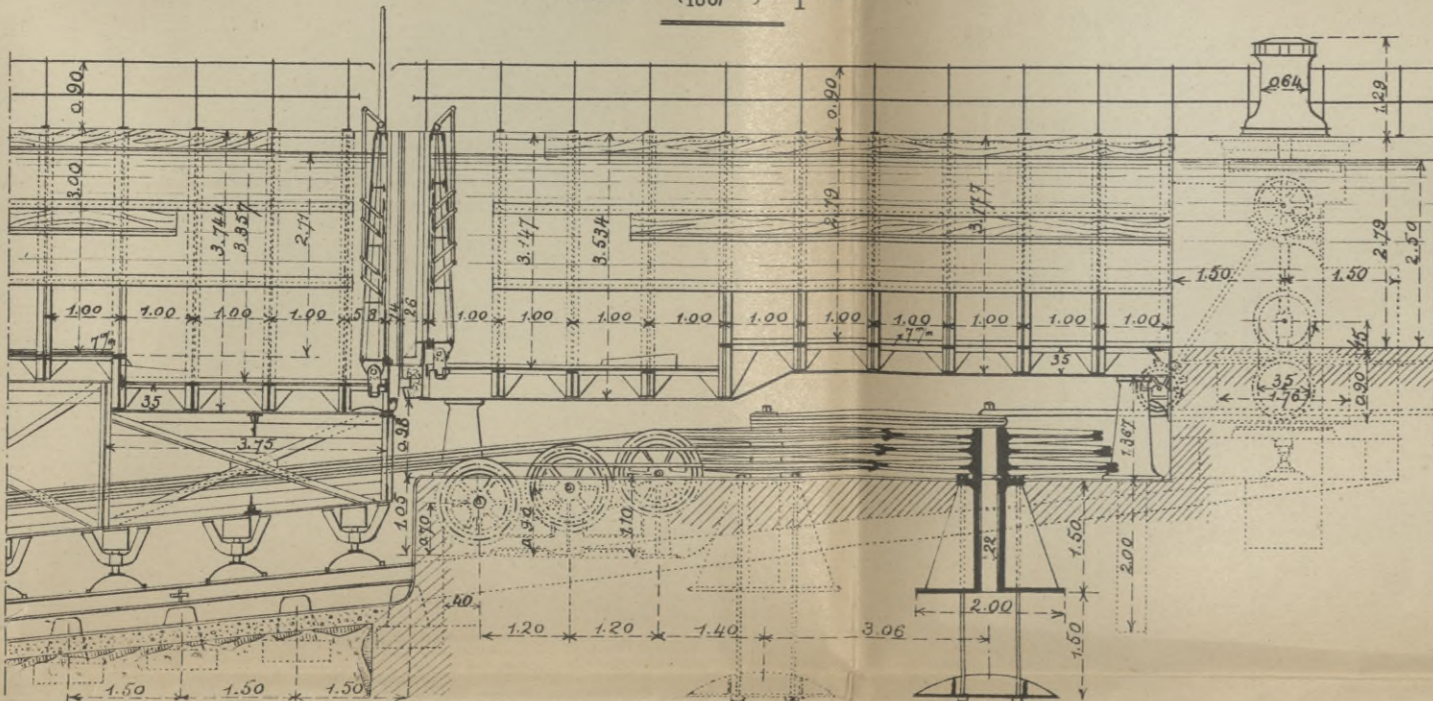
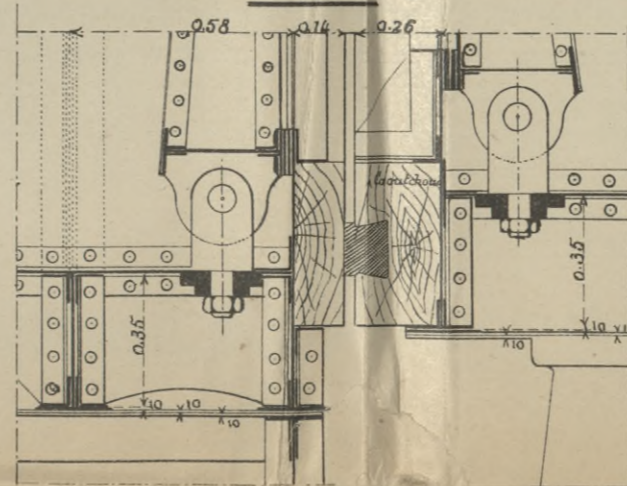


Fig. 5.
Plan incliné au $\frac{1}{10}$ - *Détail du joint étanche.*
Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p. m.



Plan incliné au $\frac{1}{10}$ - *Détails d'un patin.*
Echelle: $(\frac{1}{20})$ 0,05 p. m.

Fig. 6. *Elévation.* Fig. 7. *Coupe.*

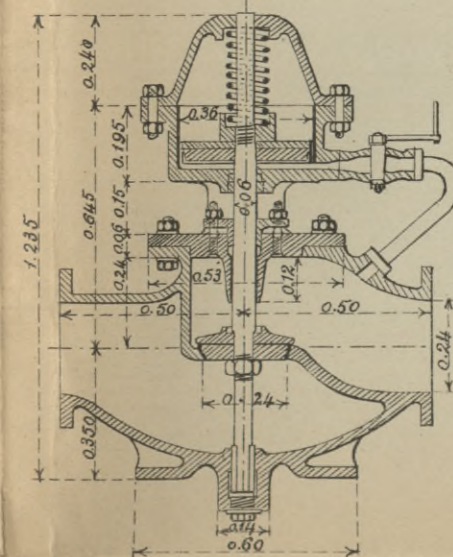
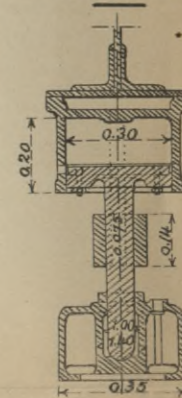
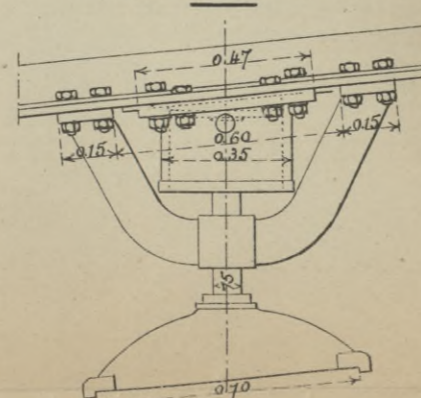


Fig. 4. *Plan incliné au $\frac{1}{50}$ - Elévation d'une partie de voie.*
Echelle: $(\frac{1}{50})$ 0,02 p. m.

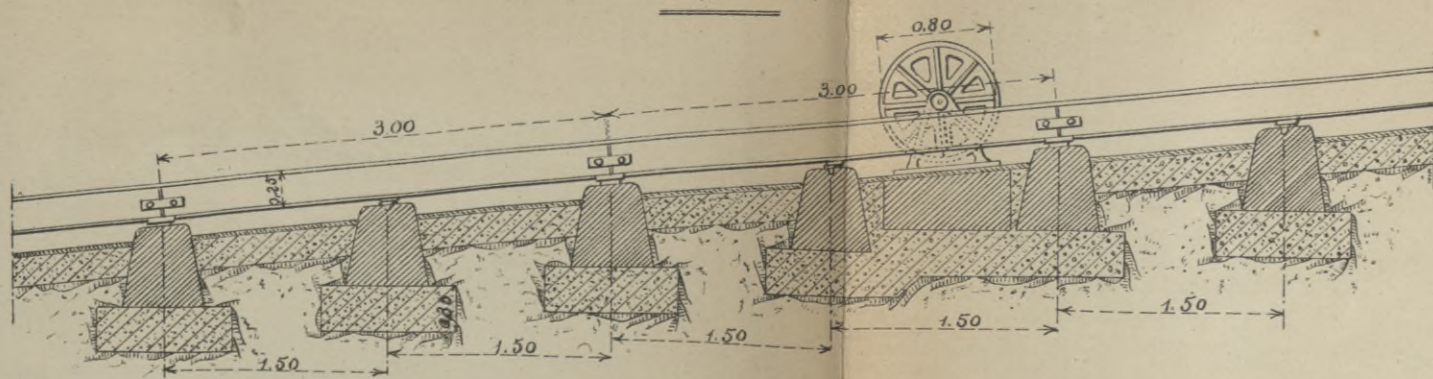
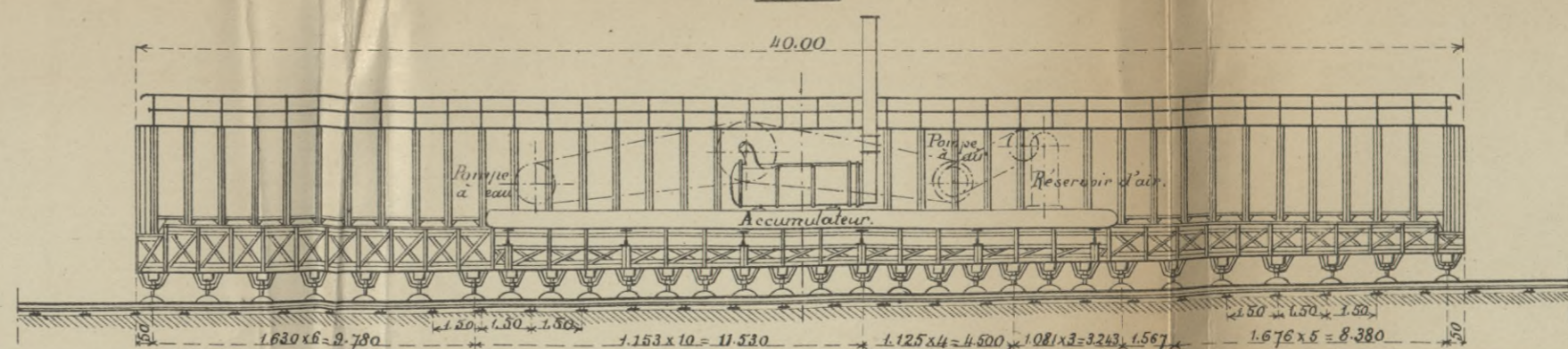


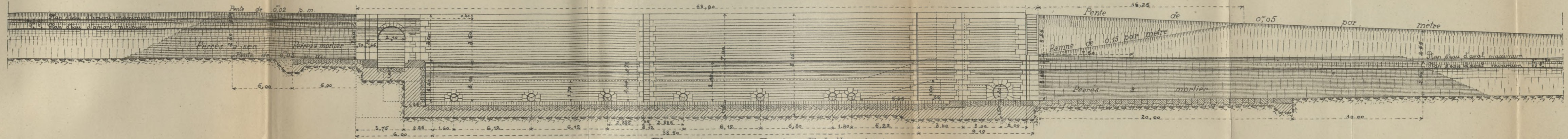
Fig. 10. *Plan incliné à 0,015 de pente par mètre. - Elévation latérale du sas.*
Echelle: $(\frac{1}{200})$ 0,005 p. m.



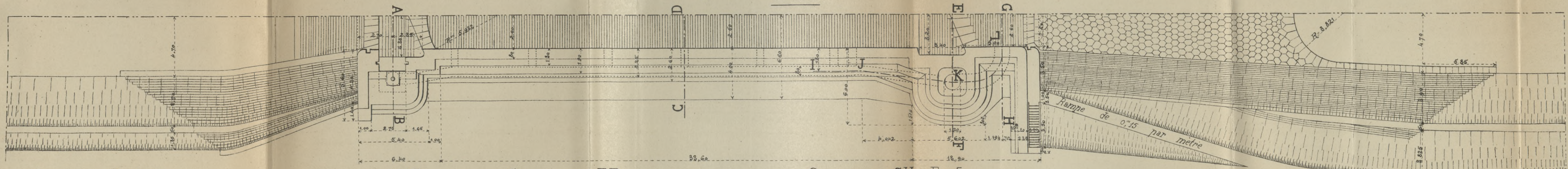
BIBLIOTEKA
KRAKOW
Politechniczna

ETUDE COMPARATIVE DE LA DESCENTE EN SAÔNE. — ECLUSES DE 3^m 50 DE CHUTE

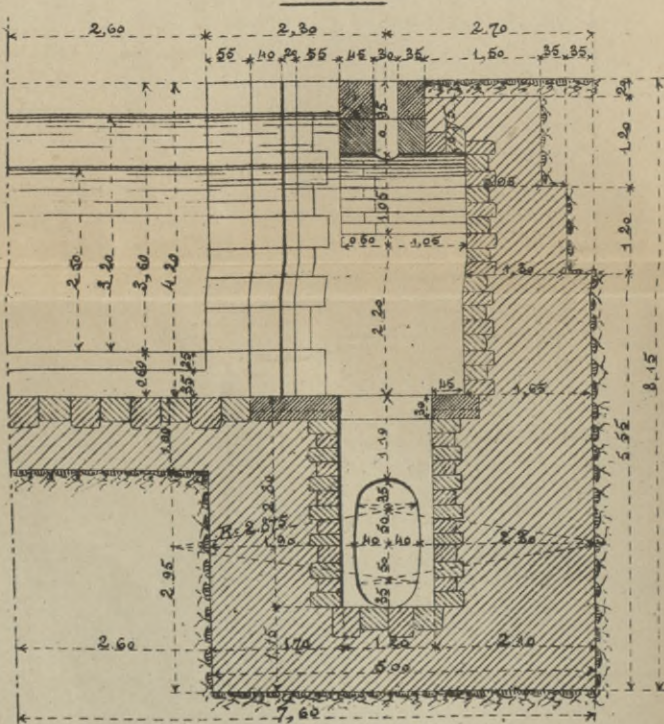
Coupe longitudinale sur l'axe Fig.1 Echelle: $(\frac{1}{200})$, 0,005 p.m.



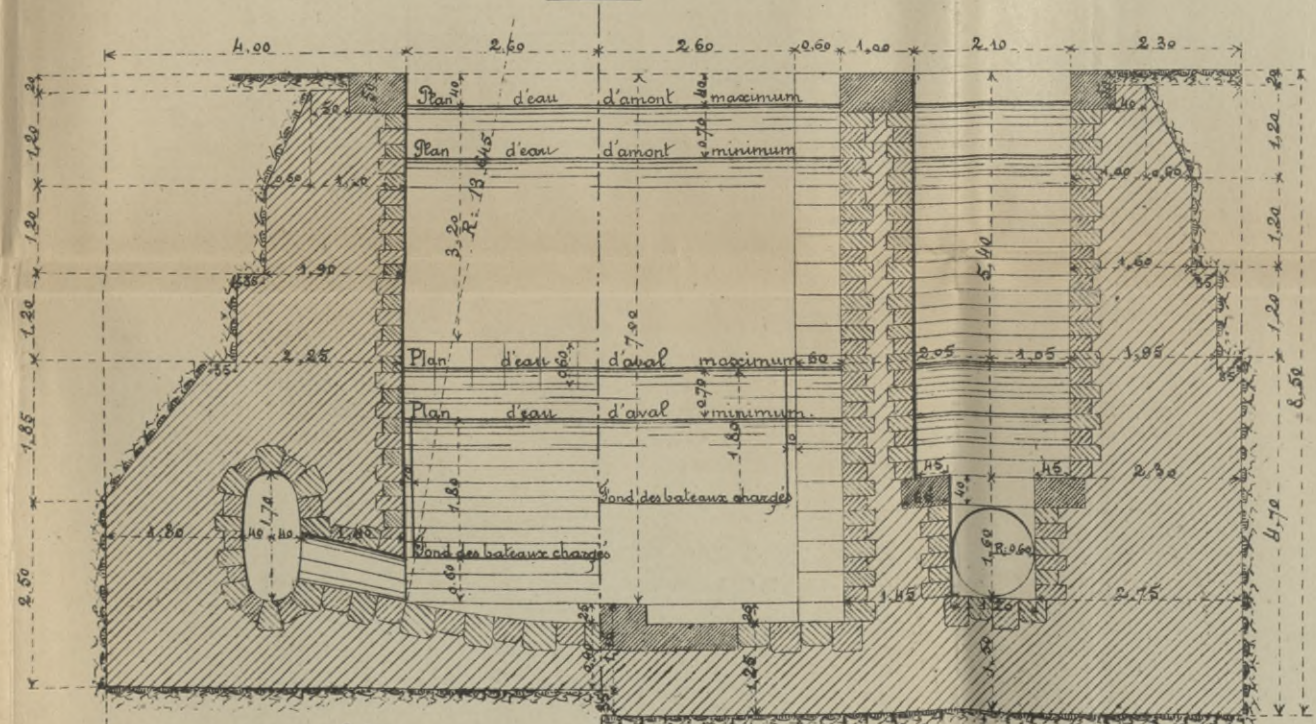
1/2 Plan supérieur Fig.2. Echelle: $(\frac{1}{200})$, 0,005 p.m.



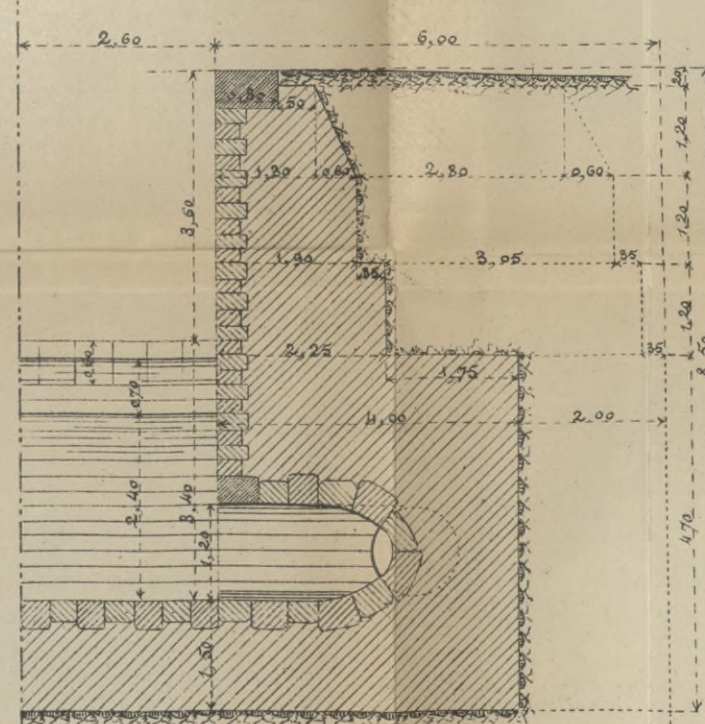
Coupe suivant AB Fig.3.
Echelle: $(\frac{1}{100})$, 0,01 p.m.



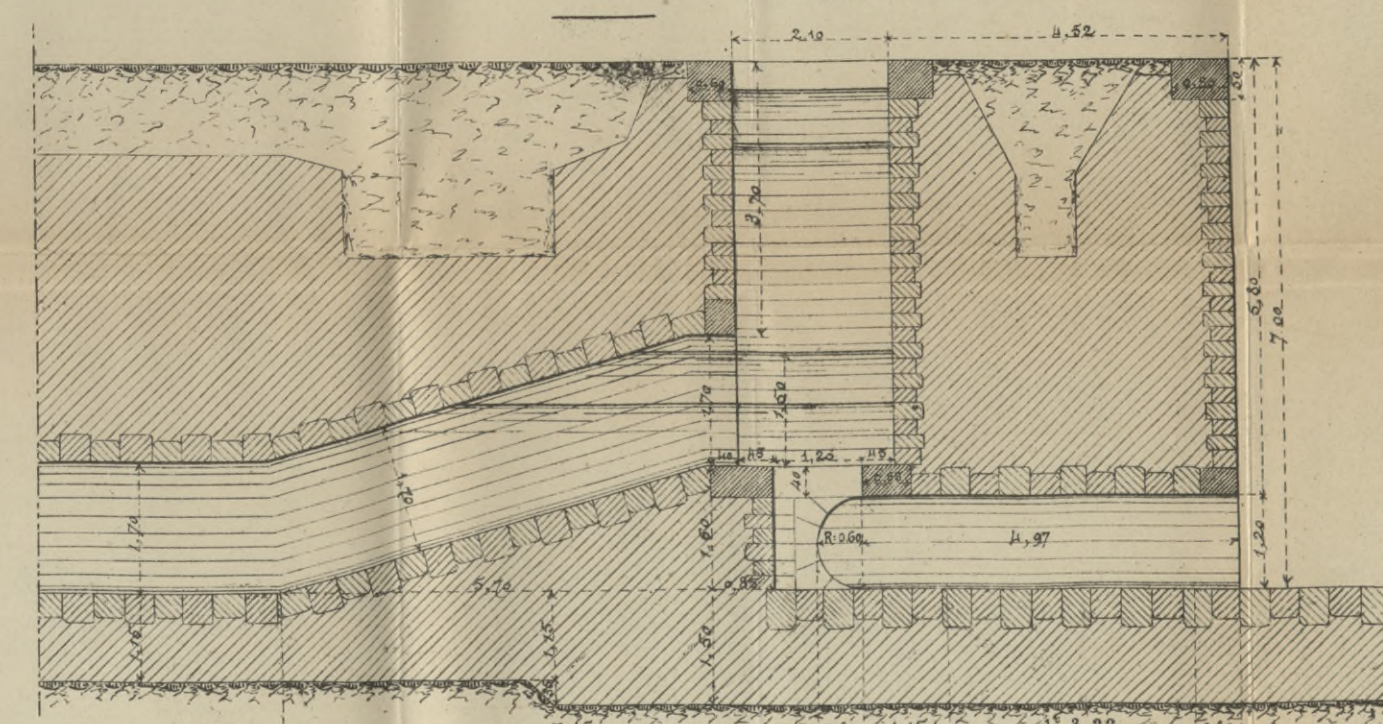
Coupe suivant CD Fig.4. Echelle: $(\frac{1}{100})$, 0,01 p.m.



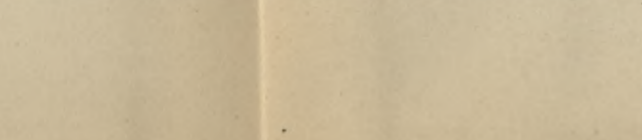
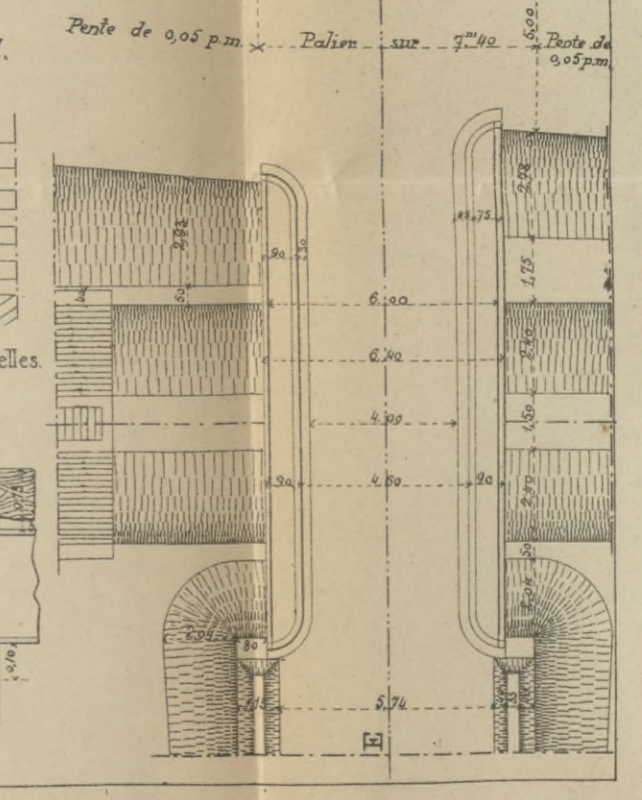
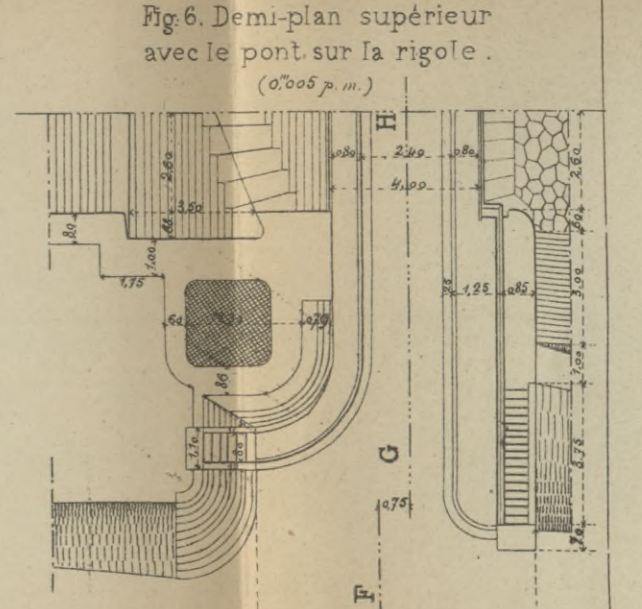
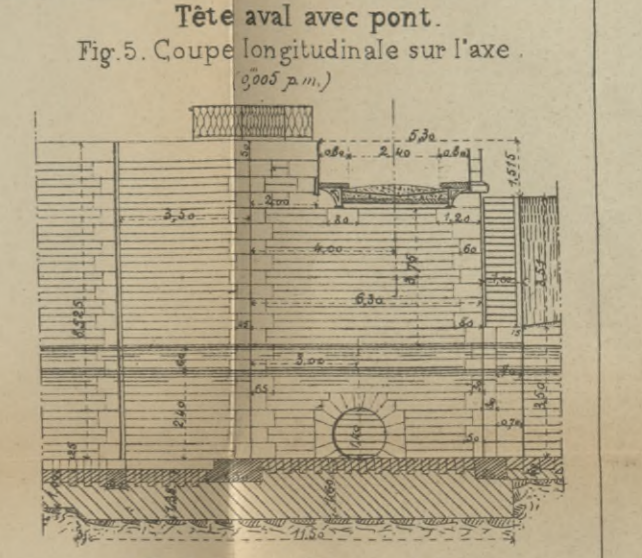
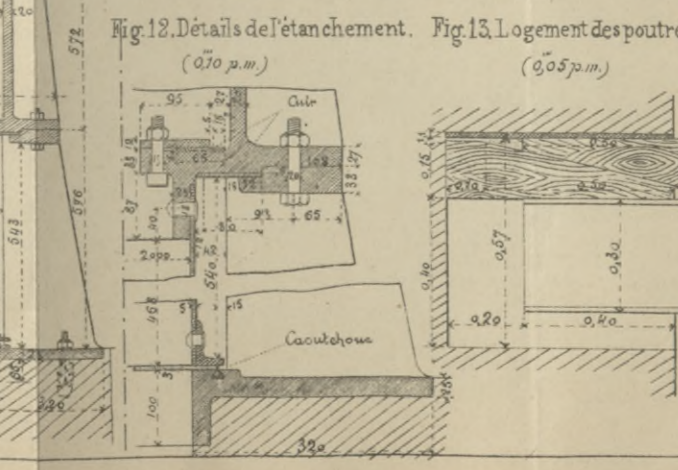
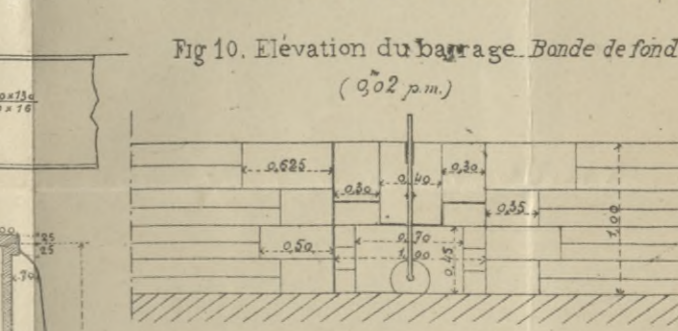
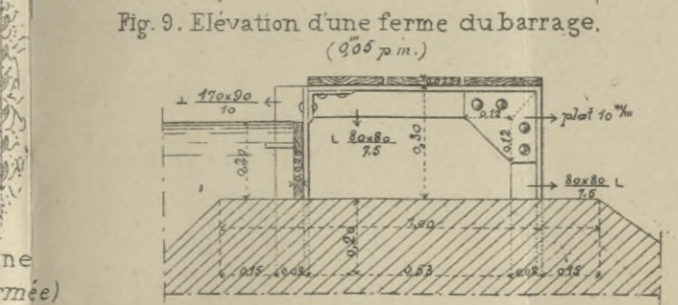
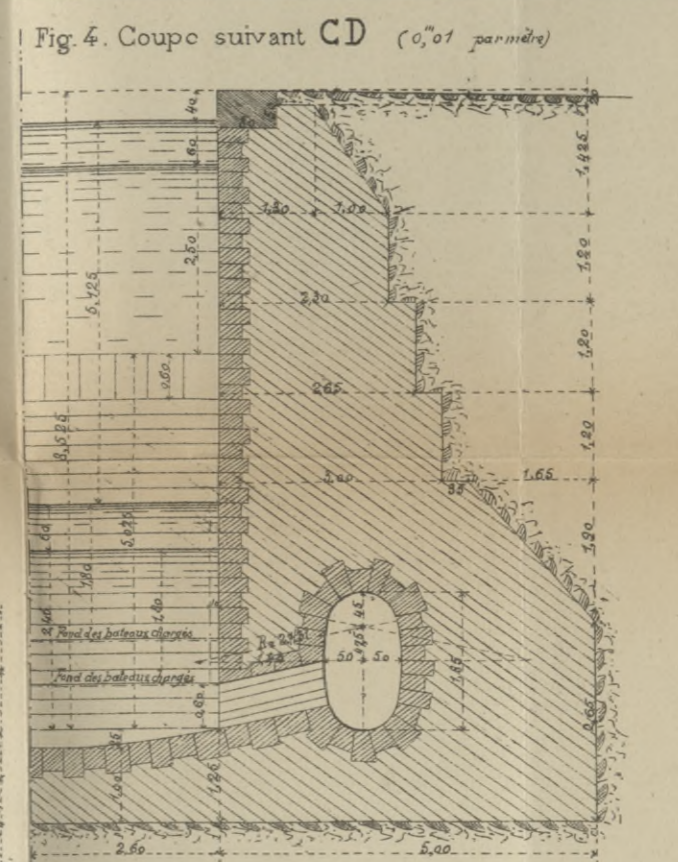
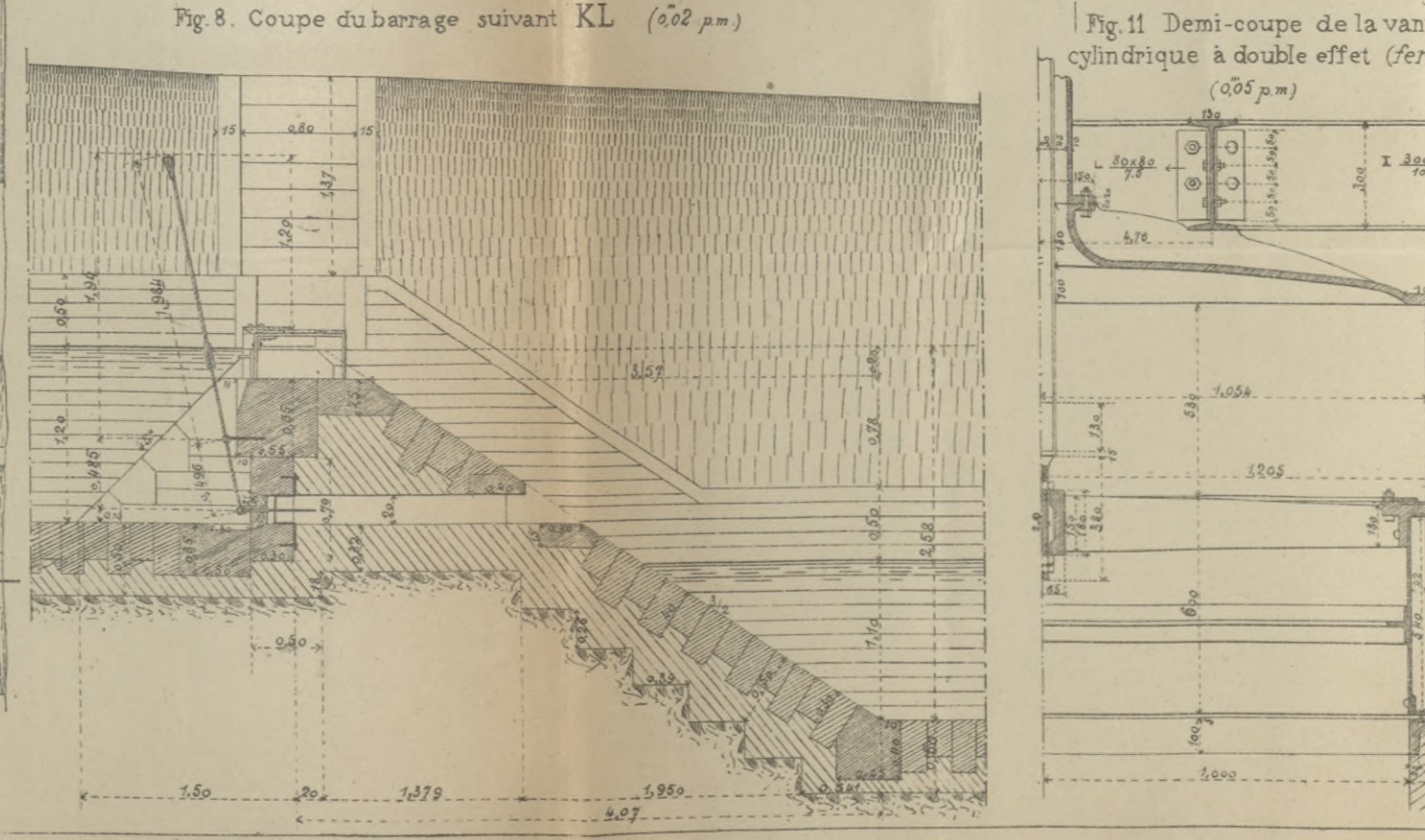
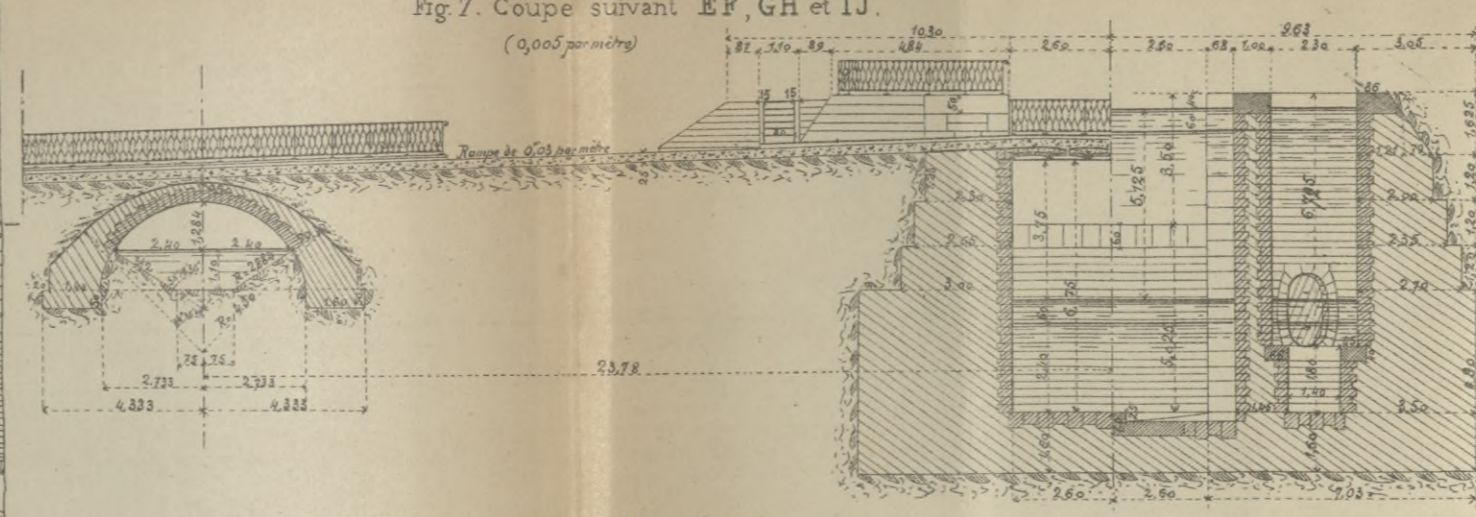
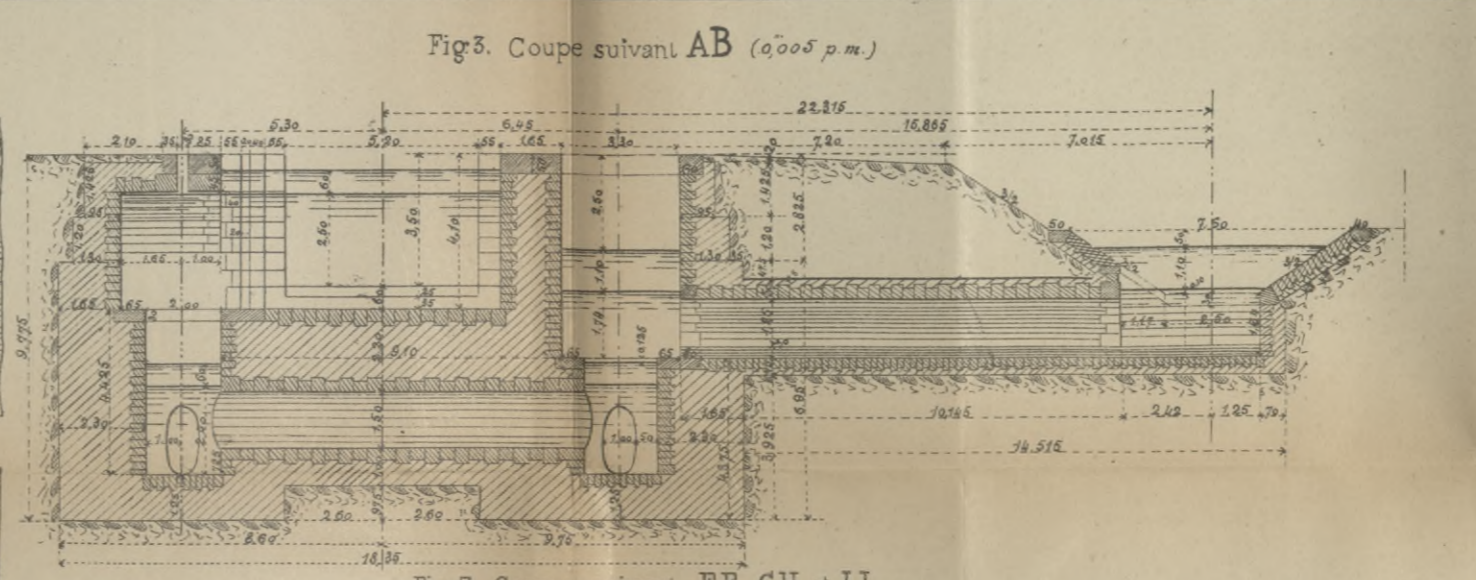
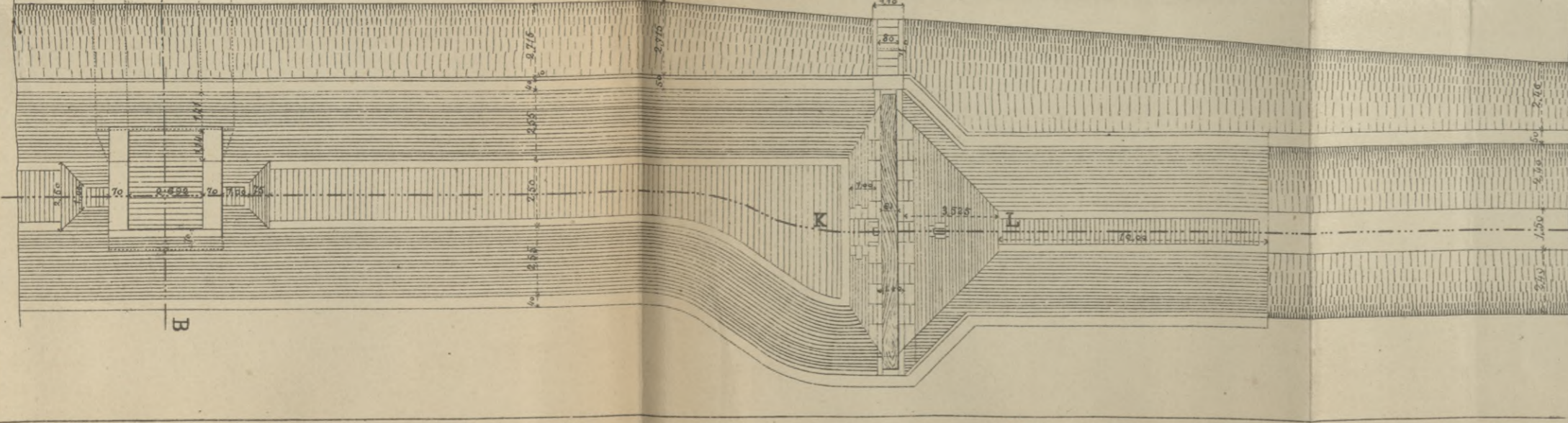
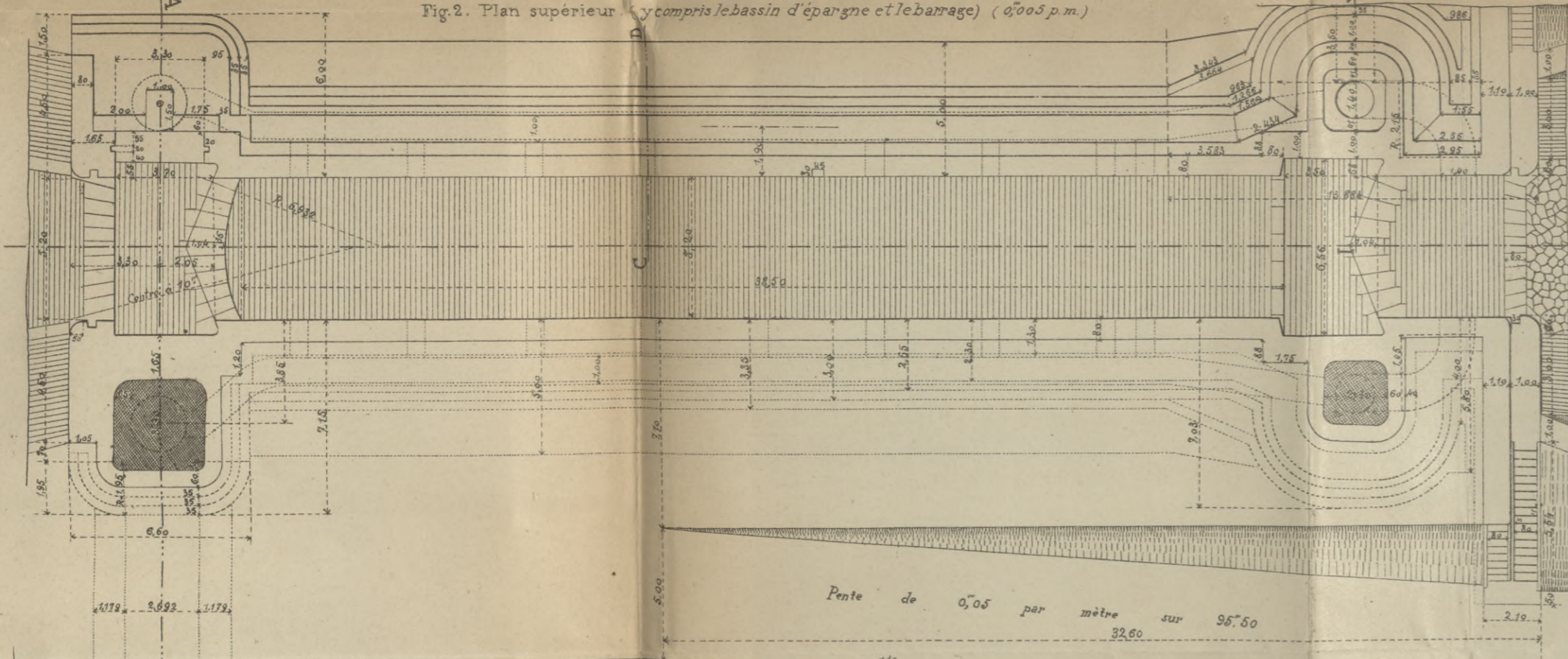
Coupe suivant EF Fig.5.
Echelle: $(\frac{1}{100})$, 0,01 p.m.



Coupe suivant IJKL Fig.6. Echelle: $(\frac{1}{100})$, 0,01 p.m.







Pente de 0,05 par mètre sur 95,50
32,60

Pente de 0,05 p.m. sur 7,40

BIBLIOTEKA
KRAKÓW
Politechniczna

Fig. 1.
Coupe longitudinale d'ensemble.
(Echelle de 0^m002 p^r mètre.)

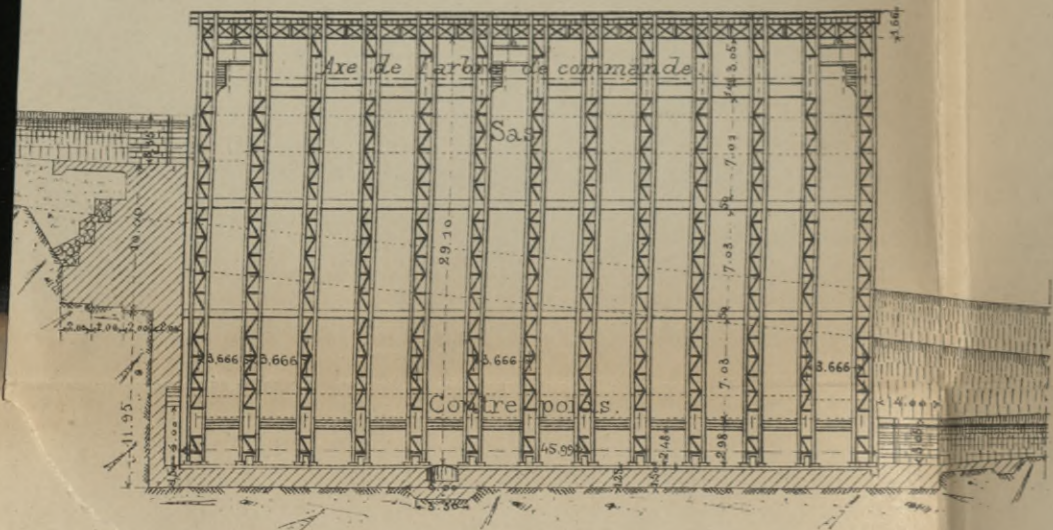


Fig. 2.
Coupe transversale.
(Echelle de 0^m002 p^r mètre.)

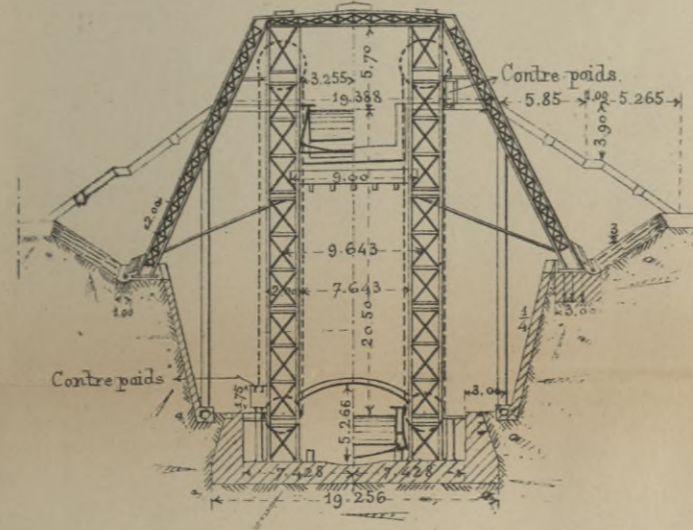


Fig. 3.
Chaines de suspension.
Coupe longitudinale.
(Echelle de 0^m10 par mètre.)

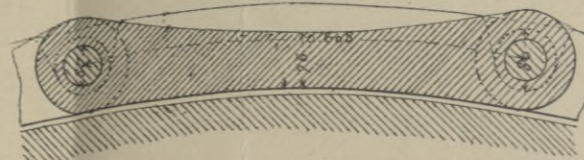


Fig. 4.
Chaines de suspension.
Coupe transversale.

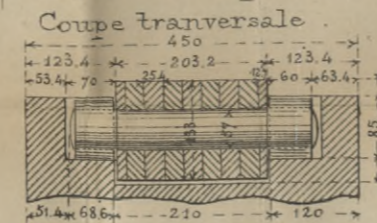


Fig. 11.
Contre-poids.
Coupe transversale à l'extrémité.

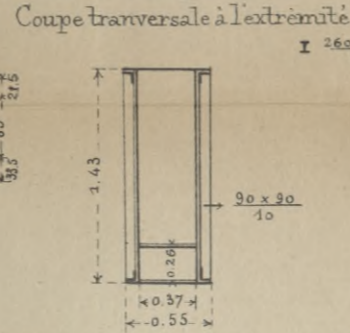


Fig. 9.
Caisses des contre-poids.
Coupe longitudinale.
(Echelle de 0^m02 par mètre.)

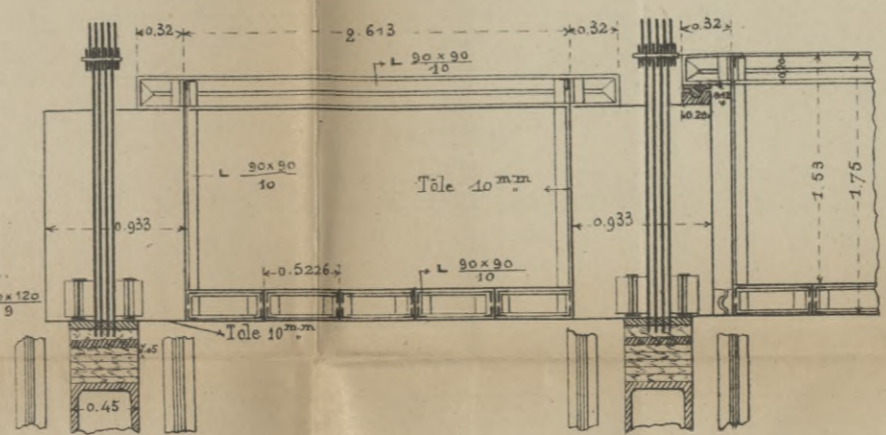


Fig. 12.
Caisses des contre-poids.
Coupe transversale courante.
(Echelle 0 02 p^r mètre.)

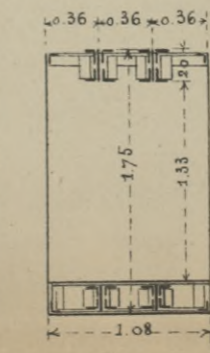


Fig. 13.
Coupe au milieu montrant les turbines et les arbres de transmission.
(Echelle de 0 005 par mètre.)

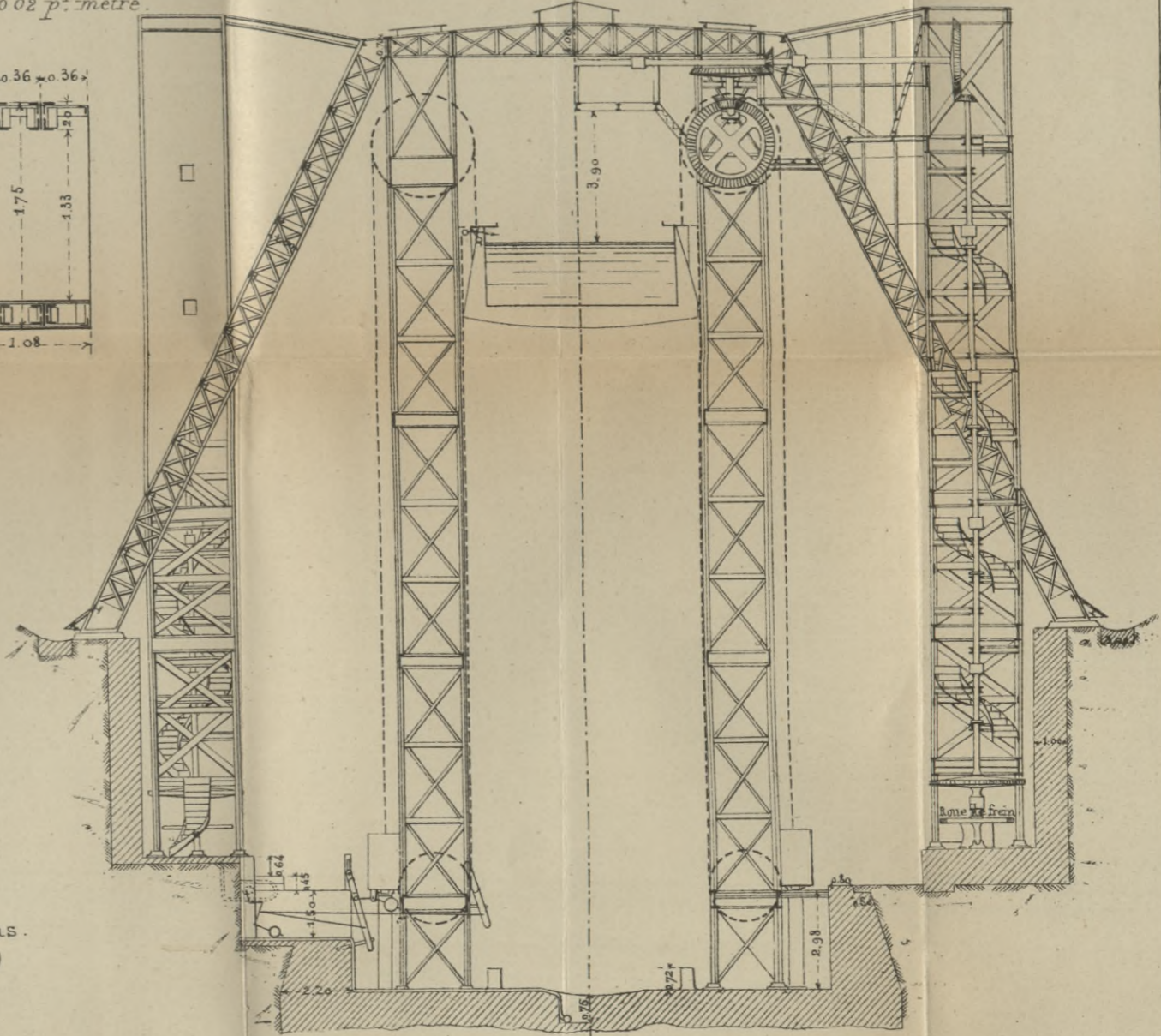


Fig. 5.
Détails du sas et des poulies.
(Echelle de 0^m02 p^r mètre.)

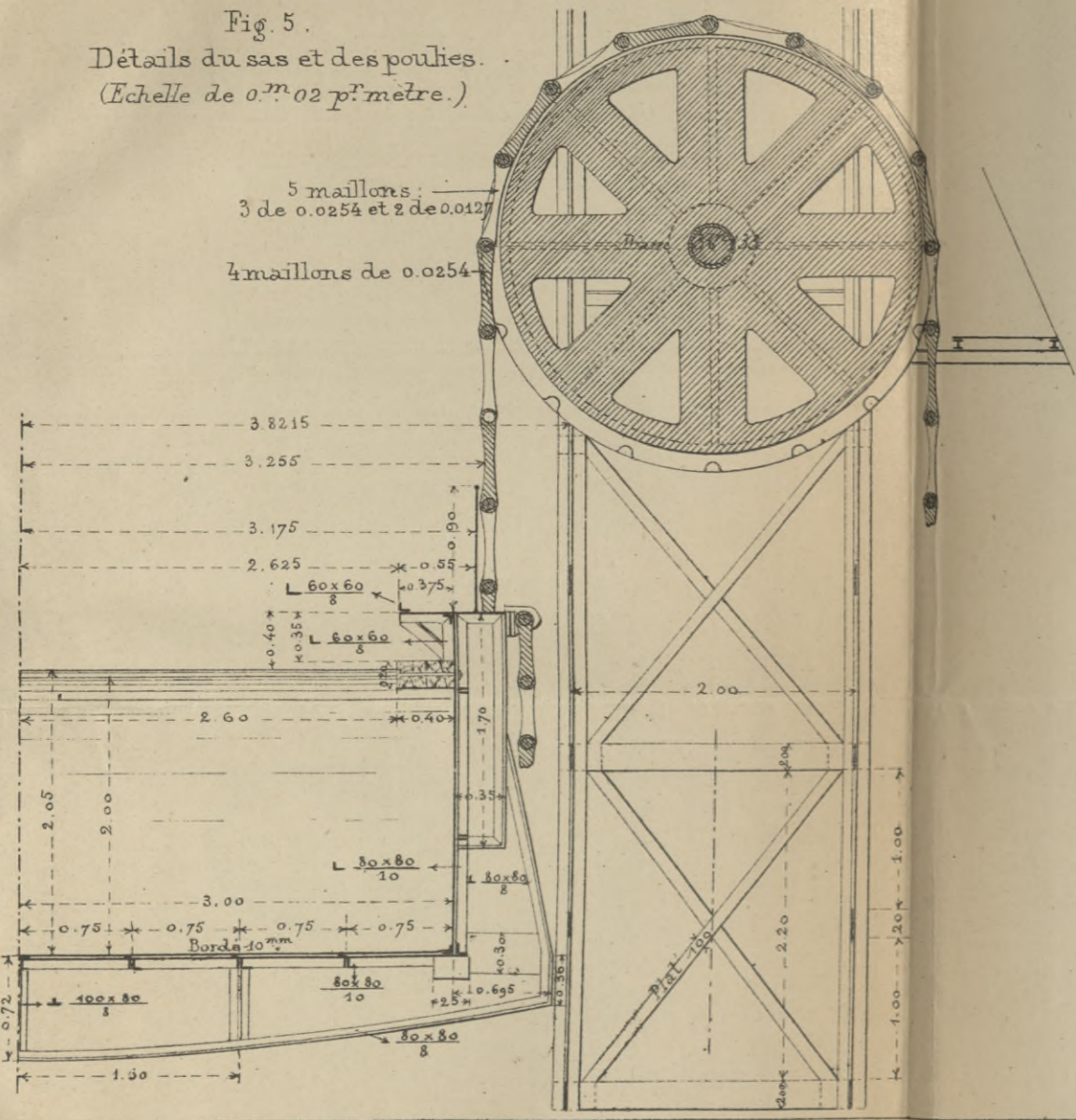


Fig. 6.
Coupe longitudinale des portes et de l'extrémité du sas.
(Echelle de 0^m02 p^r mètre.)

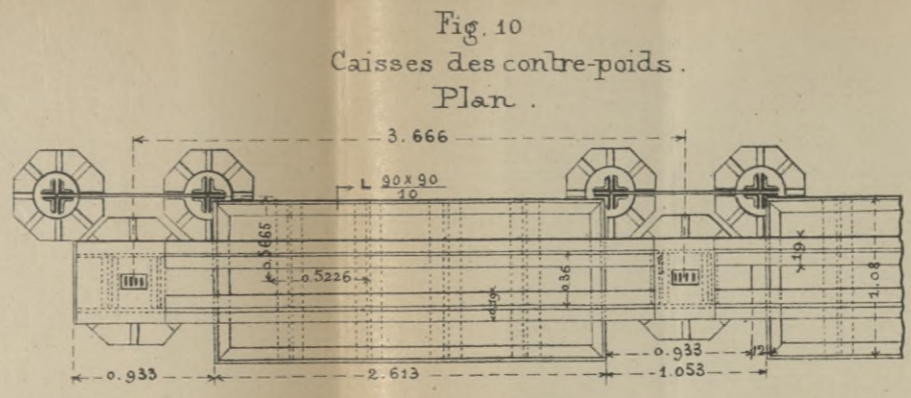
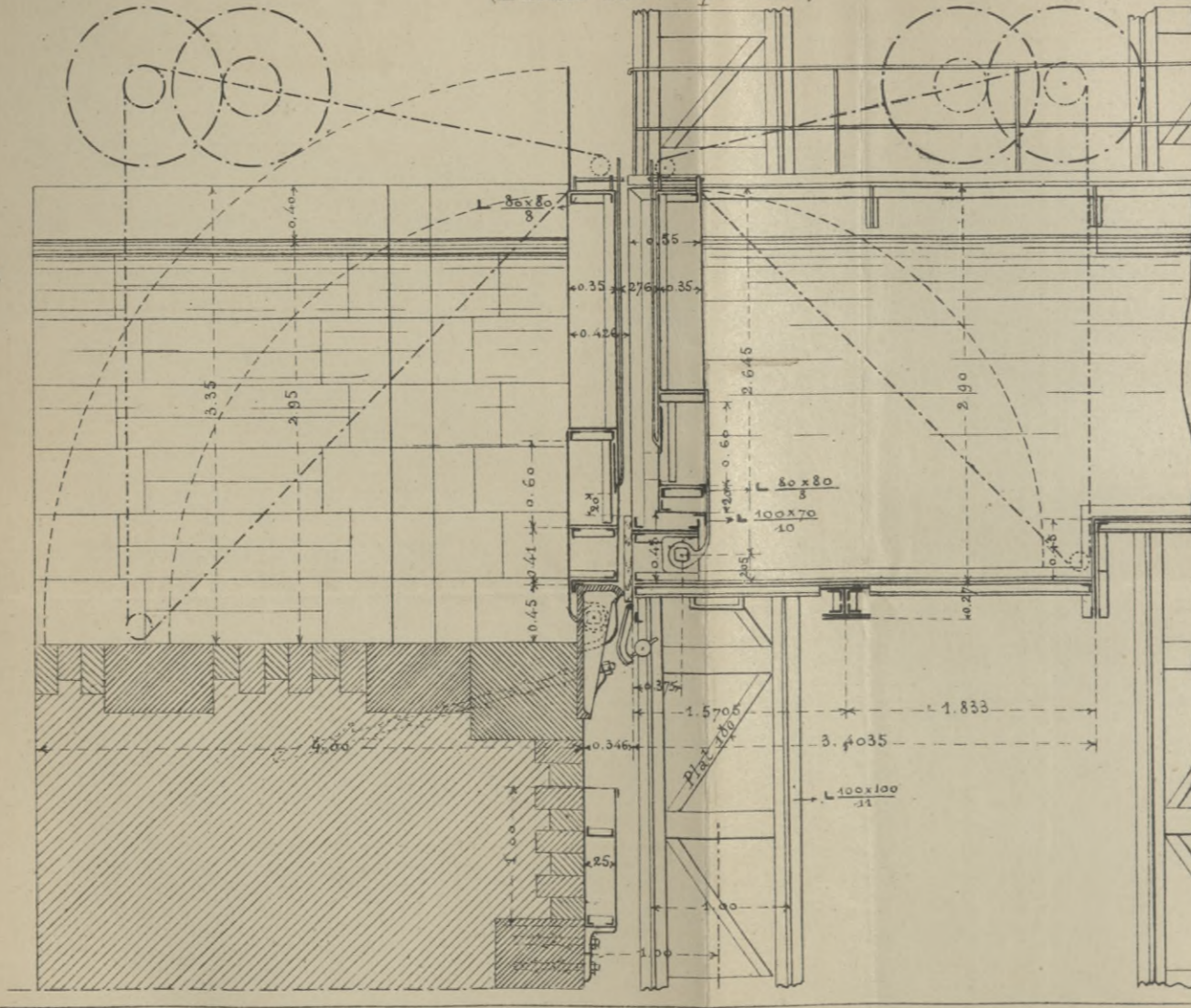


Fig. 10.
Caisses des contre-poids.
Plan.

Fig. 7.
Elevation d'une porte du sas.
(Echelle de 0^m01 p^r mètre.)

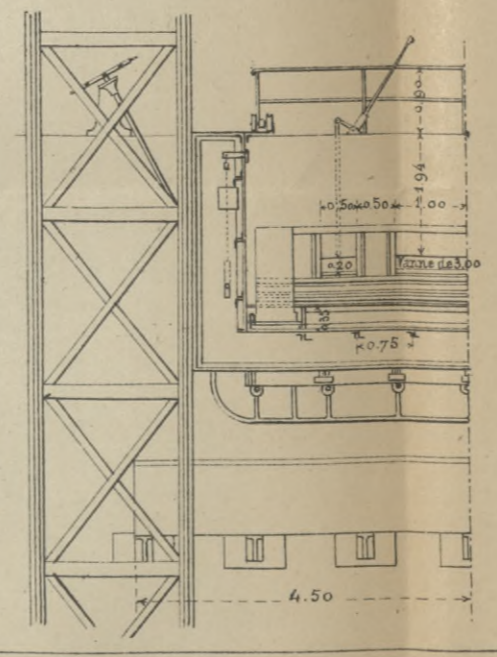


Fig. 8.
Elevation de l'extrémité du sas.
(Echelle de 0^m01 par mètre.)

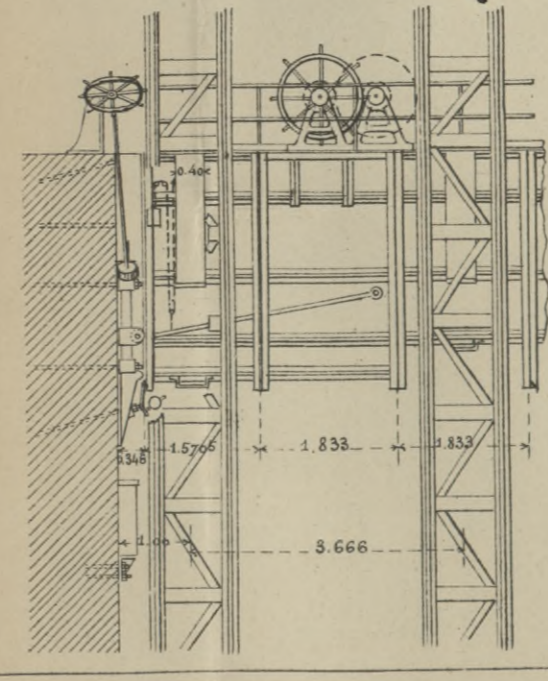
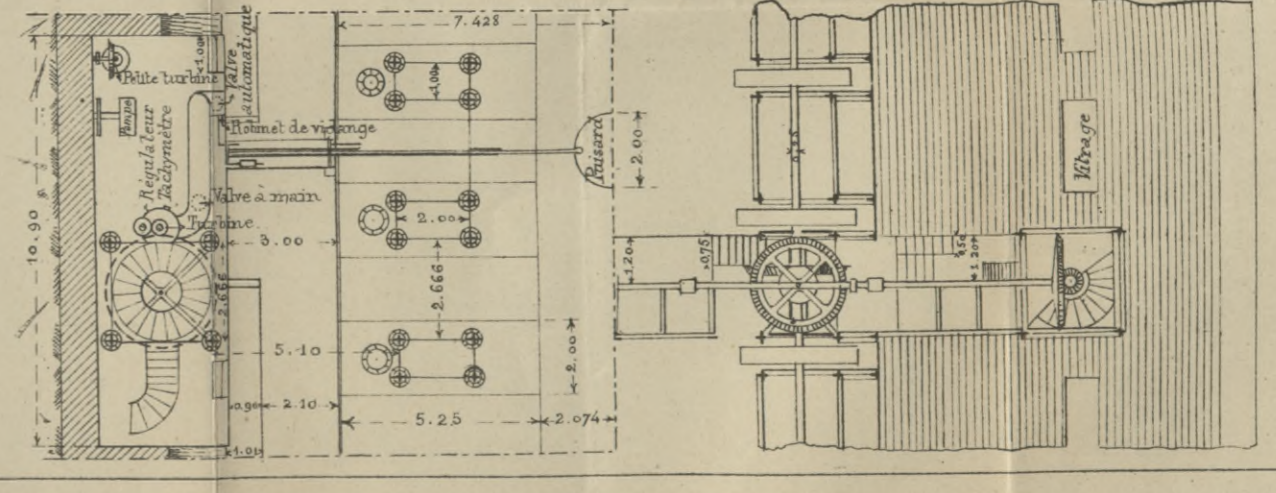


Fig. 14.
Coupes horizontales.
(Echelle de 0^m005 p^r mètre.)

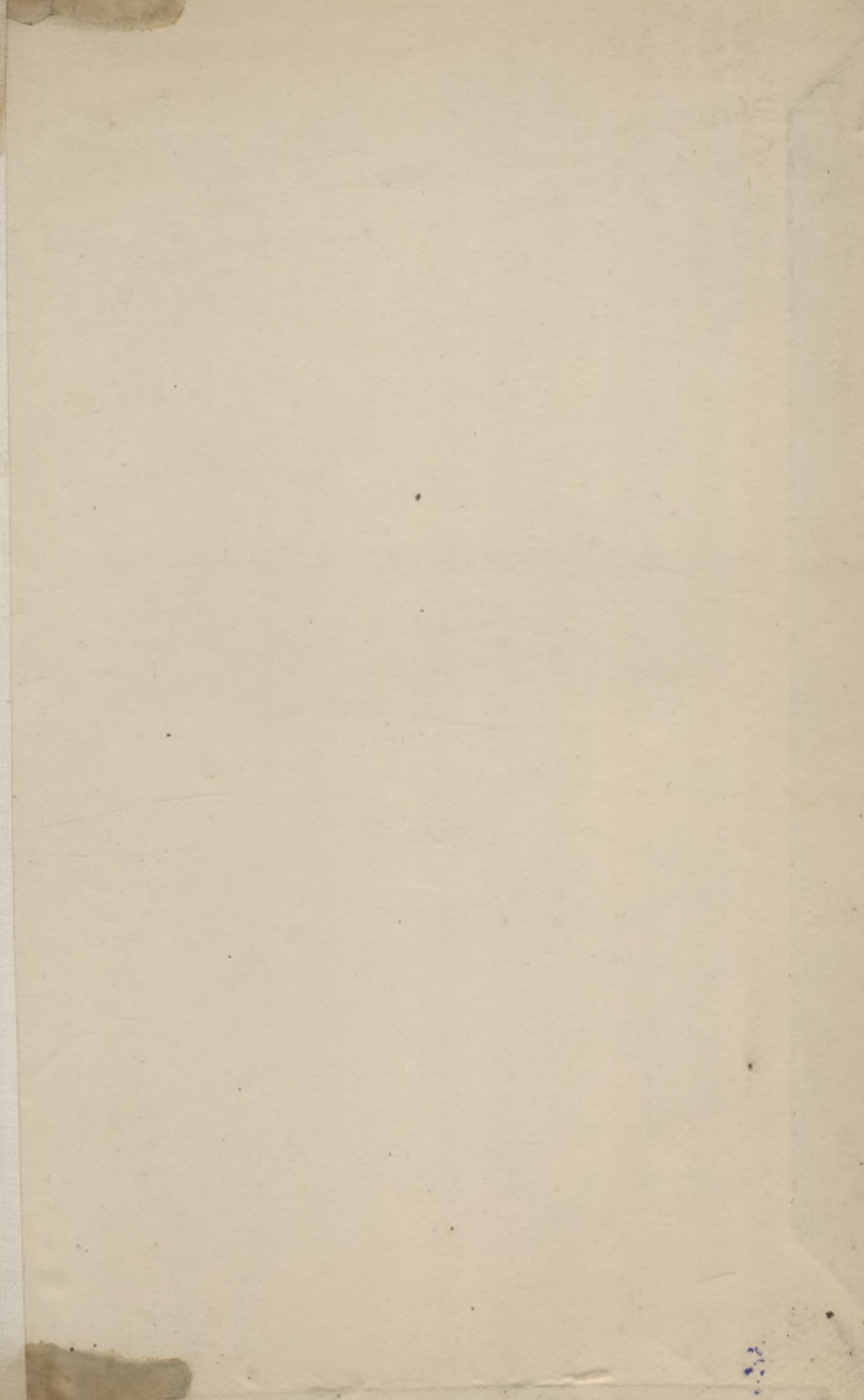


BIBLIOTEKA
KRAKÓW
Politechniczna

S. 6



S-88



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294680