

DESCRIPTION
DES
MACHINES ET PROCÉDÉS
SPÉCIFIÉS

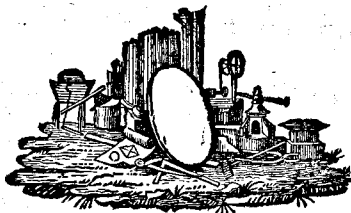
DANS LES BREVETS D'INVENTION,
DE PERFECTIONNEMENT ET D'IMPORTATION,

Dont la durée est expirée ;

Publiée d'après les ordres de Son Excellence le Ministre
de l'Intérieur,

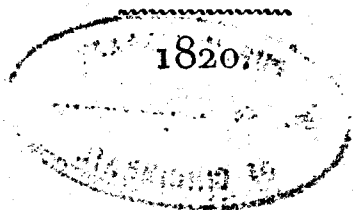
Par M. CHRISTIAN, Directeur du Conservatoire royal des Arts
et Métiers.

TOME QUATRIÈME.



A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE DE MADAME HUZARD
(née VALLAT LA CHAPELLE),

Rue de l'Éperon-Saint-André-des-Arts, N°. 7.



MANUSCRIT
BIBLIOTHÈQUE PUBLIQUE

300.

26 mai 1798.

BREVET D'INVENTION DE QUINZE ANS,

Pour une machine nommée *belier hydraulique*, dont l'effet est d'élever les eaux des rivières au moyen de leur pente naturelle, sans roues, ni pompes, ni autres machines proprement dites,

Aux sieurs MONTGOLFIER frères et AMI ARGAND.

IL y a près d'un an que, réfléchissant sur certains phénomènes de la nature, dont la cause ne nous paraissait pas avoir été expliquée d'une manière satisfaisante, tels que l'élévation des marées plus grande sur certaines côtes que sur d'autres; l'élanement des eaux d'un jet d'eau au-dessus du niveau du bassin d'où elles partent, à l'instant où l'on donne l'eau au jet d'eau; celui des vagues de la mer contre un rocher, lorsqu'elles en rencontrent la surface plus ou moins inclinée, etc.; nous reconnûmes que la vraie cause en était le mouvement acquis, et le *coup de marteau* produit par l'arrêt plus ou moins prompt de ce mouvement.

Considérant ensuite l'effet que produirait l'arrêt subit d'une masse d'eau mue d'une vitesse connue, dans un canal en forme

de tuyau capable de résister, nous comprimés qu'il en résulterait un effort momentané de puissance proportionné à cette masse et à sa vitesse. C'est cet effort que nous désignerons dans ce mémoire sous le nom de *coup de belier*; et nous nommerons la colonne d'eau renfermée dans le tuyau, *belier hydraulique*.

En effet, qu'on se représente un canal couvert, ou tuyau plus ou moins long, couché dans une rivière, parallèlement à son cours; ce canal étant ouvert par les deux bouts, l'eau de la rivière le remplira, et coulera dans son intérieur avec la même vitesse pour le moins qu'à l'extérieur. Or, si par un moyen quelconque on ferme subitement l'extrémité inférieure dudit canal, la colonne d'eau qui le remplit ayant un mouvement acquis, frappera contre l'obstacle avec une force : produit de sa masse par sa vitesse; cette force toute entière à cette extrémité inférieure, si l'obstacle qui la ferme résiste, réagira contre les parois du canal, et tendra à le briser par son *effet dilaniateur*; cette réaction ira toujours en décroissant jusqu'à l'extrémité supérieure, où elle sera réduite à 0, et comme l'eau n'est pas compressible, si les parois du canal ne se dilatent point, cet effort ne sera point diminué, la puissance acquise sera tout ce qu'elle peut être; si c'est avec la main qu'on ferme le canal, on sentira le *coup de belier* dont nous venons de parler.

Maintenant, à cet obstacle substituons une soupape qui s'ouvre de dehors en-dedans à l'extrémité de ce canal, et sur la partie supérieure de ce même bout du canal, pratiquons une ouverture garnie d'une autre soupape, se mouvant de bas en haut, et sur cette ouverture élevons un canal ou tuyau ascendant du même diamètre; supposons, d'ailleurs, la soupape *d'arrêt* construite de manière à se fermer d'elle-même au moment convenable : qu'arrivera-t-il à l'instant où cette soupape commencera à se mouvoir pour se fermer? Il est clair que la colonne d'eau en mouvement dans le canal la poussera et l'aidera à se fermer; elle frappera

contre son collet, le *coup de belier* ci-dessus décrit aura lieu; la soupape du canal ascendant s'ouvrira; une partie de l'eau du belier entrera dans le tuyau. Cette ascension de l'eau diminuera jusqu'à ce que le mouvement du belier soit anéanti; alors le poids de l'eau entrée dans le tuyau ascendant en fermera la soupape, et l'eau du belier sera en repos; la soupape *d'arrêt* ne sera plus pressée que par la colonne d'eau qui forme la chute. Si donc cette soupape *d'arrêt* est armée d'un contre-poids, elle pourra se rouvrir d'elle-même; alors l'eau du canal reprendra son mouvement, et si, lorsqu'elle aura acquis toute sa vitesse, ladite soupape *d'arrêt* se referme de nouveau, un second *coup de belier* aura lieu, et fournira de nouvelle eau au canal ascendant. Il en sera de même d'un troisième, et ainsi de suite; et la machine jouera d'elle-même si, comme nous l'avons dit, la soupape d'arrêt est arrangée de manière à s'ouvrir par un contre-poids quand l'eau du belier, parvenue à l'état de repos, ne la pressera plus, et à se fermer par l'effet de l'impulsion de l'eau lorsqu'elle a acquis une vitesse suffisante.

Tel est le principe de notre machine, la plus simple possible, puisqu'elle n'a ni pompes ni rouages, et que son moteur est une puissance que nous fournit la nature dans la pente des rivières et dans le mouvement des eaux. Un simple tuyau ou canal couvert, composé de deux branches, placées, l'une, le long du fleuve ou dans le fleuve même, l'autre s'élevant verticalement ou obliquement selon la nature du local, et deux soupapes; voilà tout l'appareil.

L'essai que nous en avons fait, quoique d'une exécution très-imparfaite, a complètement répondu à la théorie; et c'est avec la plus grande satisfaction que nous l'avons vu réussir, d'autant plus que nous avons senti que l'exécution en grand présente plus d'avantages et beaucoup moins d'imperfections, telles que les frottemens, pertes d'eau par les soupapes, etc.

Voici le calcul simple de l'effet d'un belier hydraulique supposé de 100 pieds de long, placé dans un fleuve dont la vitesse serait de 7 pieds $\frac{1}{2}$ par seconde, et dont on voudrait élever une partie des eaux à 20 pieds de hauteur; laissant la quantité indéterminée, puisqu'elle dépend du diamètre du belier, nous ne la compterons qu'en portions de la longueur dudit belier.

100 pieds longueur du belier $\div$ 7 $\frac{1}{2}$ de vitesse = 750 de puissance.

Ces 750 divisés par 20 pieds, hauteur à laquelle on veut porter les eaux = 37 $\frac{1}{2}$ de vitesse, qui répond à une chute de 1 $\frac{1}{4}$ ", temps de l'ascension de l'eau.

Or, la vitesse du fleuve ou de l'eau du belier étant de 7 pieds $\frac{1}{2}$ 90 pouces par ", elle sera de 112 pouces $\frac{1}{2}$ pour 1 $\frac{1}{4}$ ".

Mais, comme cette vitesse du belier, après la fermeture de la soupape d'arrêt, va décroissant jusqu'à 0, il n'en faut prendre que la moitié pour son effet.

Ce sera donc 56 pouces $\frac{1}{4}$ pour la longueur de la portion d'eau du belier qui passera dans le tuyau ascendant, supposant le tout sans frottement et autres pertes, que nous évaluerons ailleurs.

Le dessin de la machine, que nous joignons à ce mémoire, achevera de la faire connaître et d'en donner une idée claire et précise : la fig. 1^{re}., Pl. 25^e., représente un belier hydraulique avec ses deux soupapes; la fig. 2^e., le même belier muni d'un réservoir d'air comprimé, pour avoir un écoulement d'eau continu par le canal ascendant, et diminuer en conséquence le diamètre dudit tuyau. A, Surface de la rivière; B, Soupape de sortie; C, soupape d'arrêt; D, Contre-poids.

Fig. 3^e. Coupe du réservoir d'air; E, Réservoir d'air; F, Soupape de sortie.

Nous allons présenter succinctement quelques-unes des prin-

cipales applications dont le principe que nous venons d'exposer est susceptible.

La première, la plus frappante et la plus essentielle est, sans contredit, l'élévation des eaux des fleuves, des rivières et des ruisseaux sur les hauteurs voisines, pour l'irrigation des terres: combien de terrains en friche, peu élevés au-dessus des rivières, combien d'autres sans valeur aucune, d'un sol graveleux et sec, seront mis en culture et fertilisés comme tous les autres, lorsque, par un moyen puissant et très-simple, on les aura couverts d'eau chargée presque toujours d'un limon plus ou moins abondant! Les rivières élevant ainsi d'elles-mêmes une partie de leurs propres eaux, restitueront à l'agriculture une portion des terres végétales et des engrais qu'elles charrient chaque jour par millions de pieds cubes à la mer.

2°. Les canaux de navigation, si nécessaires à l'agriculture et au commerce, qu'on ne saurait trop les multiplier; leur utilité est tellement reconnue qu'on les trouve avantageux même le long des rivières les plus navigables, et que celles-ci ne doivent plus servir qu'au remplissage de ces canaux.

Or, si par le belier hydraulique on peut porter de grandes masses d'eau sur le sommet des collines qui bordent les rivières pour l'irrigation des terres, ces eaux, élevées au point culminant des canaux de navigation, les rempliront aussi, et les alimenteront sans cesse; et ces deux objets de première importance se confondront en un seul. On ne sera plus désormais borné dans le choix du pays propre à ces canaux; par-tout où il y aura un fleuve, une rivière, ou seulement un ruisseau, là il y aura possibilité de porter des eaux sur des hauteurs, et de les distribuer au loin par des canaux.

3°. L'approvisionnement et l'arrosage des villes, qui, pour l'ordinaire, placées près d'une rivière, pourront recevoir une

partie de ses eaux au moyen d'un belier hydraulique d'une grandeur proportionnée, dans les dimensions duquel on ne sera point borné; en général, et dans tous les cas où l'on aura de grandes quantités d'eau à élever à une certaine hauteur, ces dimensions pourront être telles, dans les rivières ordinaires, que l'effet du belier hydraulique surpasse l'effet des plus grandes machines à feu, dont la puissance sera réservée pour tous les cas où l'eau elle-même n'offrira pas un moteur.

4°. Le belier hydraulique pourra de même se substituer avec avantage aux machines hydrauliques établies sur les fleuves, dont l'établissement et l'entretien sont fort dispendieux: Le cas le plus frappant est, sans contredit, la machine de Marly; c'est bien là qu'on reconnaîtrait la supériorité du belier hydraulique, par sa grande simplicité, en le comparant avec cet attirail immense de roues, de leviers, de tirans et de pompes dont il faut vaincre sans cesse les frottemens et l'inertie.

L'objection qu'on pourrait nous faire, que la grande élévation à laquelle cette machine porte l'eau, nécessite différens réservoirs afin d'éviter la rupture des tuyaux, n'est pas une difficulté; car nous pouvons également appliquer l'effet du belier hydraulique placé dans la rivière, à ces memes réservoirs, par le moyen de l'air comprimé.

5°. Par le moyen du belier hydraulique, le flux et reflux de la mer et le mouvement de ses vagues vont servir à élever l'eau en telle quantité et à telle hauteur, qu'il sera nécessaire comme dans les cas des canaux de navigation déjà cités, des marais salans, etc. Dans le dernier cas de la force des vagues, le belier sera simple avec son réservoir d'air; mais dans le premier, celui du flux et reflux, le belier sera double, c'est-à-dire qu'il sera composé de deux tuyaux placés bout à bout et en sens inverse, fig. 4°.; chacun muni de ses deux soupapes et communiquant au même réservoir d'air et au même tuyau ascendant.

B, Soupapes de sortie; C, Soupapes d'arrêt; D, Contre-poids; E, Réservoir d'air; F, Tuyau ascendant.

6°. Dans les diverses applications du belier hydraulique que nous venons de citer, nous avons besoin de canaux et tuyaux d'une épaisseur suffisante pour résister à l'effort dilaniateur du coup de belier, ainsi qu'à la pression de la colonne d'eau ascendante; nous en présentons un d'une autre espèce, dans lequel cet effort n'a point lieu, mais, au contraire, où cette pression n'étant que celle de l'atmosphère, s'exerce de dehors en-dedans, et par conséquent soutient et consolide les parois du belier, lequel, d'ailleurs, n'a point de tuyau ascendant à son extrémité.

C'est un siphon, fig. 5^e., dont la branche ascendante prend l'eau dans un bassin, un ruisseau ou une source sur le penchant d'une colline, et dont la branche descendante se prolonge au-dessous du niveau de ce bassin, tandis que la partie supérieure du siphon forme une ligne horizontale, laquelle se prolonge dans la même direction, à quelques pouces au-delà de sa jonction avec sa branche descendante, et se termine par une soupape de sortie B, qui s'ouvre dans un bassin propre à recevoir les eaux qu'on veut dérober au siphon; la branche descendante est garnie d'une autre soupape d'arrêt C, à son extrémité supérieure.

Maintenant, ladite soupape étant ouverte, et le siphon rempli par un moyen quelconque, une fois pour toutes, et mis en jeu, l'eau montera dans la branche ascendante avec une vitesse proportionnée à l'excès de longueur de la branche descendante; la branche supérieure horizontale aura la même vitesse, conséquemment une somme de mouvement et de puissance : si donc la soupape d'arrêt se ferme subitement, celle de la branche horizontale que le poids de l'atmosphère tenait fermée pendant l'écoulement du siphon, s'ouvrira par le *coup de belier* des colonnes ascendante et horizontale, et l'eau entrera dans le bassin de

décharge jusqu'à ce que le mouvement de projection soit anéanti; alors ladite soupape se fermera par son poids et celui de l'atmosphère, et si, dans cet instant, la soupape d'arrêt s'ouvre, le jeu du siphon recommencera.

Nous avons, il est vrai, une perte dans cette forme de belier, celle du mouvement de l'eau dans la branche descendante qui s'arrête à chaque coup; mais nous y avons remédié en imaginant deux siphons accolés et réunis en une seule branche descendante; ils auront chacun leur soupape de sortie, mais la soupape d'arrêt sera commune à tous deux, en sorte qu'à l'instant où, dans l'un des siphons, la communication avec la branche descendante sera interrompue, elle sera ouverte dans l'autre, et *vice versa*. De cette manière, la branche descendante agira toujours, et l'eau n'y perdra jamais son mouvement; le mécanisme des soupapes de sortie sera tel, qu'en se fermant elles ouvriront alternativement la soupape d'arrêt.

Tel est le parti qu'on pourra tirer des eaux naturellement élevées à une certaine hauteur, et qu'on voudra porter plus haut au-dessous de 32 pieds.

7°. Il nous reste à parler de l'application la moins importante de la découverte du belier hydraulique, mais qui ne laissera pas que d'avoir son utilité dans les cas les plus simples et les plus ordinaires, ceux où l'on a de moindres quantités d'eau à élever à de moindres hauteurs, et dans lesquels on emploie communément des pompes et autres machines dont le moteur est pris ailleurs que dans l'eau elle-même, parce qu'elle est dépourvue de mouvement.

Notre belier, dans ces cas-là, sera mu de même par une puissance extérieure, telle que la force du vent, des hommes ou des chevaux, selon les circonstances; il sera circulaire, en forme d'hélice, fig. 6^e., enveloppant un cylindre creux qui servira de réservoir pour l'air comprimé; ce cylindre, posé verticalement

sur un pivot, et contenu dans le haut par un axe dans un collet, sera mu horizontalement d'un mouvement alternatif de va et vient dans lequel il fera une révolution entière; le tout sera plongé dans l'eau qui en soulagera le poids; l'eau entrera par le bout supérieur de l'hélice et la remplira; elle passera ensuite dans le réservoir d'air, où elle s'élèvera jusqu'à ce que l'air qu'elle comprimera lui résiste et soit en équilibre avec elle. La seconde révolution, en sens contraire, sera aidée par le renvoi d'un ressort contre lequel une pièce d'arrêt, fixée à l'extérieur du cylindre, viendra frapper à la fin de sa course circulaire; dans cette seconde révolution, l'eau entrée dans l'hélice sera entraînée par le mouvement rétrograde du cylindre qui lui communiquera sa vitesse, et le *coup de belier* aura lieu lorsque le cylindre, à la fin de sa course circulaire, rencontrera le ressort qui l'arrêtera; par l'effet du coup de belier, l'eau de l'hélice sera projetée dans le tambour, en ouvrant une soupape ou clapet qui l'en sépare, élevant, par son injection, la colonne d'eau dudit tambour ou réservoir d'air; elle comprimera l'air qui la surnage, et la réaction de l'air comprimé sur la surface de l'eau, la forcera de s'élever dans le tuyau ascendant ou de décharge, qui occupera le centre du cylindre et descendra jusqu'à un pouce près du fond. Ce tuyau, qui servira d'axe au cylindre, s'élèvera jusqu'à la hauteur à laquelle on veut porter l'eau; c'est sur cet axe que sera placée la roue ou poulie par laquelle le mouvement circulaire horizontal de va et vient doit être imprimé au cylindre.

E, Réservoir d'air; F, Tuyau ascendant; G, Entrée de l'eau; H, Hélice; I, Soupape.

Fig. 7^e. Plan de la figure précédente, pour montrer l'effet du ressort J et de la pièce d'arrêt K.

*Supplément au mémoire de MM. Montgolfier et Argand,
sur le Belier hydraulique.*

Nous n'avons exposé dans notre mémoire que la théorie de notre méthode d'élever les eaux par le moyen du belier hydraulique; nous allons traiter des proportions que nous pensons devoir exister entre les parties qui le composent, ainsi que des temps qui nous paraissent les plus convenables, suivant les circonstances, pour chaque opération; le principe de notre machine étant fondé sur cette assertion, que la somme de force résultant de la masse d'eau contenue dans le tuyau du belier, multipliée par sa vitesse, devrait être convertie en entier au profit de l'ascension d'une partie de cette masse d'eau dans le tube ascendant, au moment que la soupape d'arrêt est fermée, si les parois de ce tuyau ne se dilataient point, et que les soupapes, ne laissant rien perdre, pussent se fermer dans un temps infiniment court.

Si ces trois suppositions pouvaient être admises, il nous paraît résulter que le belier le plus court devrait être préféré, quelque longueur qu'on donnât au tuyau ascendant, comme étant le moins dispendieux.

En effet, supposons qu'on veuille élever les eaux à 100 pieds, et que le belier n'en ait que 10 de longueur, et que la soupape d'arrêt se ferme au moment où l'eau y coulait avec une vitesse de 15 pieds par seconde; cette masse d'eau passant subitement de l'état de mouvement à celui de repos, nous *lâchera*, si l'on peut s'exprimer ainsi, une somme de force produit de sa longueur par sa vitesse, soit $10 \times 15 = 150$; cette force sera employée à contre-balancer celle résultante de l'effet de l'attraction de la terre sur la colonne d'eau ascendante pendant tout le temps qu'elle sera exposée à cette attraction, c'est-à-dire pendant celui

que la soupape d'ascension, autrement *de sortie*, sera ouverte, or, ce temps sera représenté par le produit de trente fois la longueur de la colonne ascendante $= 3000$, divisé par la somme de force ci-dessus, $150 = 20$, c'est-à-dire $\frac{1}{20}$ d'une seconde soit trois tierces, attendu que la vitesse acquise par une chute d'une seconde, est 30 pieds pour chaque seconde; cette chute pendant $\frac{1}{20}$ de seconde, répondant à une vitesse de 1 pied $\frac{1}{2}$ par seconde, il en résulte que la colonne d'eau de 100 pieds de haut aura nécessité, pour être suspendue pendant $\frac{1}{20}$ de seconde, l'emploi d'une force de 150, soit 100 de masse, multipliant 1 $\frac{1}{2}$ de vitesse.

Ainsi, pendant ces trois tierces de temps que la soupape d'ascension ou de sortie reste ouverte, l'eau du belier entrera dans le réservoir d'air avec une vitesse décroissante, depuis 15 pieds par seconde jusqu'à 0, représentée par la moyenne de 7 $\frac{1}{2}$ pieds $= 90$ pouces par seconde; lesquels divisés par 20, donnent 4 $\frac{1}{2}$ pouces pour la longueur de la colonne de cette eau entrée dans le réservoir d'air.

A cette consommation de force exprimée par 150, il faudrait encore ajouter celle nécessaire pour donner la vitesse 7 $\frac{1}{2}$ à une colonne d'eau de 4 $\frac{1}{2}$ pouces de longueur entrant dans le belier, en remplacement de celle ci-dessus qui entre dans le réservoir d'air pendant les trois tierces de temps; cette force est exprimée par $\frac{7 \frac{1}{2} \times 4 \frac{1}{2}}{12} = 2,8125$. Mais elle ne doit être évaluée; du moins

dans son entier, que dans le cas où le belier prendrait ses eaux dans un bassin stagnant; et, dans ce cas, il faudrait prolonger le belier de 2 $\frac{1}{4}$ pouces pour compenser cet emploi de force.

Nous avons, jusqu'ici, supposé l'enveloppe du belier non susceptible de dilatation par l'effort du coup de belier, que les soupapes se fermentaient instantanément et ne laisseraient échapper aucune portion d'eau, qu'elles n'auraient aucune masse, et que

l'eau n'éprouverait aucun frottement; mais comme aucune de ces conditions ne peut avoir rigoureusement lieu dans la nature, il résulte que le réservoir d'air comprimé ne recevra qu'une partie de cette colonne d'eau de $4\frac{1}{2}$ pouces; cette portion sera d'autant plus considérable que la machine aura moins d'imperfections.

Supposons maintenant que ces imperfections diminuent de $\frac{1}{10}$ la quantité d'eau fournie au réservoir, dans ce cas ci-dessus d'un belier de 10 pieds de long; dans un belier de 100 pieds, nous estimons qu'elles ne la diminueraient que de $\frac{1}{100}$: ceci étant un objet de pratique, fournirait seul à un long mémoire; ainsi, nous nous bornerons à dire que nous évaluons les pertes à 1 pour 100 dans ce dernier cas.

C'est donc à ces imperfections inévitables que nous attribuons la nécessité des proportions à établir dans les longueurs respectives des tuyaux horizontaux et verticaux; ces proportions varieront à raison des diverses vitesses de l'eau du belier au moment de la fermeture de la soupape d'arrêt; et pour établir à cet égard une règle générale, nous pensons qu'on peut borner la longueur du belier à celle nécessaire pour introduire à chaque coup, dans le réservoir d'air, une colonne d'eau de la longueur d'environ 4 pieds.

D'après ces données, les proportions du belier ci-dessus seraient, hauteur de la colonne ascendante..... 100

vitesse..... 15

longueur du belier.... $106\frac{2}{3}$.

et nous aurons

1^o. Pour la somme de force à employer, le produit de la vitesse $15 \times 106\frac{2}{3}$, longueur du belier = 1600.

2^o. Pour le temps pendant lequel la soupape d'ascension reste ouverte.

Il est représenté par la somme de force 1600, divisée par la

longueur de la colonne d'eau ascendante, multipliant 30, vitesse qui est le produit d'une chute pendant une seconde.

$$\text{Ce temps sera donc } \frac{1600}{100 \times 30} = 0,5 \frac{1}{3}.$$

3°. Pour la force que l'attraction de la terre a exercée sur la colonne d'eau ascendante pendant le temps $0,5 \frac{1}{3}$ que la soupape d'ascension reste ouverte.

Cette force égale le produit de la longueur de la colonne d'eau ascendante, multipliant la vitesse 30, multipliant le temps ci-dessus.

$$100 \times 30 \times 0,5 \frac{1}{3} = 1600.$$

Ce qui prouve que la somme de force reçue égale et balance celle employée.

4°. Pour longueur du tronçon de la colonne d'eau du belier qui sera entrée dans le réservoir d'air.

Elle sera le produit du temps $0,5 \frac{1}{3}$ pendant lequel la soupape de sortie reste ouverte, par $7 \frac{1}{2}$, vitesse moyenne de l'eau du belier, au moment de la fermeture de la soupape d'arrêt.

$$\text{Soit } 0,5 \frac{1}{3} \times 7 \frac{1}{2} = 4 \text{ pieds.}$$

Mais si, au lieu de la vitesse 15, nous n'avions que la vitesse 5, il faudrait donner 9 fois autant de longueur au belier, et la porter en conséquence à 960 pieds; alors, et en suivant la marche ci-dessus, nous aurions :

$$1^\circ. \text{ Pour la force à employer } \dots \dots \dots 5 \times 960 = 4800$$

$$2^\circ. \text{ Pour le temps du coup de belier } \frac{4800}{100 \times 30} = 1,6.$$

$$3^\circ. \text{ Pour la résistance à vaincre } \dots \dots 100 \times 30 \times 1,6 = 4800$$

$$4^\circ. \text{ Pour longueur du tronçon d'eau obtenue. } 1,6 \times \frac{1}{2} = 4.$$

Ainsi de suite pour toutes les vitesses, en supposant qu'à celle

de 15, la longueur de la colonne d'eau formant le belier soit à-peu-près la même que celle de la colonne ascendante.

Et pour résumer, d'après cette donnée : la hauteur de la colonne d'eau ascendante étant connue, ainsi que la vitesse de l'eau dans le belier, nous connaissons la longueur à donner au belier, en élevant cette vitesse à son carré, prenant ce carré pour diviseur, de 225 carré de 15, et multipliant la hauteur de la colonne d'eau ascendante par le quotient de cette division, le produit sera la longueur du belier.

Soit L la longueur du belier	} nous aurons $L = \frac{225}{V^2} \times E$
V sa vitesse	
E l'élévation où l'on veut porter	
l'eau	

Jusqu'ici nous n'avons parlé que de ce qui concerne le coup de belier après la fermeture de la soupape d'arrêt. Il nous reste à examiner ce qui arrive après ce coup.

Il est évident que la force dont était animée la colonne d'eau du belier, lorsqu'elle était en mouvement, s'est épuisée en introduisant le tronçon de cette colonne, de 4 pieds de longueur, dans le cas cité ci-dessus, dans le réservoir d'air; et qu'ainsi l'eau du belier est réduite à l'état de repos; ce qui permet à la soupape d'arrêt de s'ouvrir de suite, à la faveur de son contre-poids; mais à peine cette soupape est-elle ouverte que l'eau du belier commence à obéir au mouvement qui lui est imprimé, tant par la pression du fleuve à l'entrée du belier, que par son propre poids, déterminé par la pente du fleuve; cette vitesse que reprendra l'eau du belier sera le produit de la somme de ces deux forces multipliée par le temps pendant lequel elle y est exposée et divisé par la masse, c'est-à-dire la longueur du belier, plus celle de la colonne d'eau qui s'est échappée.

Mais comme l'eau du belier ne peut reprendre son mouve-

ment sans qu'il en sorte une partie plus ou moins considérable à son extrémité inférieure, à raison de la vitesse qu'elle aura acquise, il en résulte nécessairement une perte de force; savoir, celle qui est employée à donner à cette eau les différentes vitesses avec lesquelles elle s'est successivement échappée; cette force perdue pourra donc être représentée par le produit de la longueur de la colonne d'eau sortie du belier, multipliée par la demi-vitesse de la dernière eau qui en sera sortie au moment de la fermeture de la soupape d'arrêt.

Or, la longueur de la colonne d'eau sortie est représentée par le temps qui s'est écoulé depuis l'instant où la soupape d'arrêt a été ouverte jusqu'à celui où elle s'est fermée; ledit temps multipliant la moitié de la vitesse de la dernière portion d'eau écoulée.

Ce temps doit être tel que son produit par 30 fois la chute de la rivière, sur la longueur, soit égal à la somme des deux produits suivans; savoir :

1°. De la longueur du belier, multipliant la vitesse de ses eaux.

2°. De la longueur de la colonne d'eau sortie du belier, multipliant la moitié de sa vitesse, acquise à l'instant de la fermeture de la soupape.

Pour plus d'éclaircissemens, voici les données générales du tout, et les équations subséquentes.

Nommons

C, La chute de la rivière sur la longueur du belier.

V, La vitesse de l'eau du belier à l'instant où se ferme la soupape d'arrêt.

E, L'élévation de l'eau, soit la hauteur de la colonne ascendante.

L, La longueur du belier.

T, Le temps pendant lequel l'eau du belier entre dans le réservoir d'air, c'est-à-dire pendant lequel la soupape d'ascension est ouverte, et l'attraction de la terre agit efficacement sur la colonne d'eau ascendante.

Q, La quantité, soit la longueur de la colonne d'eau du belier qui entre dans le réservoir d'air, après la fermeture de la soupape d'arrêt, et pendant le temps T.

P, La puissance employée, tant pour balancer la pesanteur de la colonne d'eau ascendante E, que pour vaincre l'inertie de la masse d'eau qui doit entrer dans le belier pendant ledit temps T, en remplacement de celle Q entrée dans le réservoir d'air; en supposant le cas le plus défavorable, celui où le belier prendrait ses eaux dans un bassin stagnant.

F, La force acquise par l'eau du belier au moment de la fermeture de la soupape d'arrêt.

Nous aurons.

$$F = VL, P = \frac{VQ}{2} + 30 ET, T = \frac{VL}{\frac{V}{4} T + 30 E}$$

Nommant ensuite

t, Le temps nécessaire pour rendre au belier son activité après que la soupape d'arrêt s'est rouverte, et redonner à l'eau la même vitesse qu'elle avait auparavant.

Ce temps est en raison inverse de la force d'attraction que la terre a exercée, tant sur les eaux qui forment le belier actuel que sur celles qui s'en sont successivement échappées pendant la reprise de la vitesse, et en raison directe de la masse de toutes ces eaux.

q, La quantité ou longueur de la colonne d'eau sortie du

belier avec diverses vitesses, pendant la reprise de vitesse, soit le temps pendant lequel la soupape d'arrêt a été ouverte.

p , La puissance employée à donner la vitesse V , tant à l'eau contenue dans le belier, qu'à toute celle qui s'en est échappée pendant ladite reprise.

f , La force acquise pendant le temps t , par l'effet de l'attraction de la terre sur les masses d'eau, tant du belier que celles qui en sont sorties. Cette force est la même que la puissance p , quoique différemment exprimée, et c'est l'identité des résultats de ces deux forces obtenus par des voies différentes, qui doit établir la vérité du calcul.

Nous aurons

$$t = \frac{p}{30 C} = \frac{LV}{30 C - \frac{VV}{4}}; q = \frac{Vt}{2}; p = \frac{Vq}{2} + LV; f = 30 t C.$$

Enfin, si nous nommons N , le nombre des coups de belier, pour chaque heure, soit 3600''.

S , La somme d'eau ou longueur de la colonne d'eau ascendante, élevée par heure dans le bassin placé au sommet de ladite colonne E ,

Nous aurons

$$N = \frac{3600}{T + t}, \quad S = N Q$$

Maintenant, substituons les valeurs numériques, et nous établirons le calcul d'un belier hydraulique comme il suit :

Soit $C = 3$ pieds, 9. poudres.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{nous aurons} \\ \text{pour le coup} \\ \text{de belier} \end{array} \right.$	$F = LV = \dots\dots 3200$
$V = 8$		$T = \frac{LV}{\frac{VV}{4} T + 30 E} = 1, '' 061$
$E = 100$		$Q = \frac{VT}{2} = \dots\dots 4, 244$ pieds.
$L = 400$		$P = \frac{VQ}{2} + 30 ET = 3199, 976$

$$\text{Et pour la reprise... } t = \frac{P}{30\text{ G}} = \dots\dots 33'' . 161$$

$$q = \frac{V t}{2} = \dots\dots 132, \overset{\text{pieds.}}{644}$$

$$p = \frac{V q}{2} + L V = 5730, 576 -$$

$$f = 30\text{ G} t = \dots\dots 5730, 612$$

$$\text{En dernier résultat... } N = \frac{3600}{T + t} = \dots\dots 105, 195 -$$

$$S = N Q = \dots\dots 446, \overset{\text{pieds.}}{448}$$

On voit dans le calcul ci-dessus, du coup de belier, que la *puissance employée P* balance, à une très-petite fraction près, la *force reçue F*, et qu'il en est de même dans le calcul de la reprise entre *p* et *f*, ce qui en justifie l'exactitude.

Restent à déduire de *S*, les pertes par les frottemens et autres que nous n'évaluerons pas, parce quelles dépendent des imperfections plus ou moins grandes dans l'exécution de la machine.

Les 446 pieds $\frac{1}{2}$, à-peu-près valeur de *S*, sont la longueur du tronçon d'une colonne d'eau de même diamètre que le belier, en supposant le belier simple, comme dans la fig. 1^{re}., quoiqu'on ne doive employer que le belier à réservoir d'air, lequel réservoir, par la compression de l'air, entretient un courant d'eau continu dans le tuyau ascendant, et permet de lui donner un bien moindre diamètre, ce qui ne change rien au calcul; ainsi, dans tous les cas où il est question de portions de colonne d'eau, il est entendu qu'elles sont supposées de même diamètre que le belier.

Si, dans le calcul ci-contre, nous changeons la vitesse *8* en

celle de 12.2, les autres données restant les mêmes, nous aurons,

Pour le coup de belier.

Pour la reprise.

Pour dernier résultat.

$$F = 4880.$$

$$t = .64, ''816$$

$$N = 54, 198$$

$$T = \dots 1, ''607.$$

$$q = .395, 378 \text{ pieds.}$$

$$S = 531, 195 \text{ pieds.}$$

$$Q = \dots 9, 801.$$

$$p = 7291, 803$$

$$P = 4879, 885.$$

$$f = 7291, 800$$

Ce dernier résultat est le plus avantageux de tous, c'est-à-dire que, comme 15 pieds par seconde est le maximum de la vitesse obtenue d'une chute de 3 pieds $\frac{3}{4}$, on élèverait, temps pour temps, une quantité d'eau d'autant moindre qu'on s'éloignerait davantage, en plus ou en moins, de cette vitesse 12.2 donnée à l'eau du belier à l'instant de la fermeture de la soupape d'arrêt; cette vitesse 12.2 étant celle qui donne le plus, dans le cas actuel de 3 pieds $\frac{3}{4}$ pour la chute de la rivière sur la longueur du belier, et de 15 pieds pour la vitesse totale.

C'est la raison pour laquelle nous donnons toujours à l'eau du belier une vitesse moindre que celle du fleuve, c'est-à-dire que nous proportionnons le contre-poids de la soupape d'arrêt de manière qu'elle se ferme avant que l'eau du belier ait repris toute sa vitesse.

Perfectionnemens du belier hydraulique pour le rendre propre à épuiser le fond de cale des navires, de l'eau et du mauvais air qui s'y rassemblent.

Dans les mémoires précédens, nous n'avons présenté le belier hydraulique que sous le point de vuë où il presse ou foule l'eau que l'on se propose d'élever; lorsque nous avons voulu appliquer cette même machine à l'épuisement de l'eau qui se rassemble dans la cale inférieure des vaisseaux, soit par le suintement conti-

nuel à travers les joints des bordages, soit par les voies d'eau accidentelles, nous avons vu qu'il était plus avantageux de faire usage de notre principe, en transformant le *belier* foulant en *belier* aspirant; un léger déplacement de la soupape d'arrêt suffit pour cette transformation, au moyen de laquelle la vitesse du sillage, le mouvement du roulis, et même l'inertie du vaisseau qui résiste au mouvement des vagues qui le battent, deviennent des agens capables de remplacer avec avantage les pompes, et de soulager l'équipage du travail fatigant de leur service; on s'en convaincra par la description qui va suivre.

Qu'on imagine un tube placé à environ un mètre au-dessous de la ligne de flottaison d'un navire, parallèlement à sa quille, ainsi qu'à la ligne de pente du remoux que l'eau forme le long de ses fleuves dans ses vitesses moyennes; ce tube ouvert par ses deux bouts qui traversent le bordage du vaisseau, offre un libre cours dans son intérieur à l'eau de la mer, suivant la direction du sillage; elle y coule donc ou paraît y couler de l'avant à l'arrière avec une vitesse égale à celle du vaisseau.

A peu de distance de l'orifice de l'avant est placée une soupape *d'arrêt*, telle que nous l'avons décrite dans le mémoire sur le belier hydraulique.

Une soupape ordinaire, placée à son extrémité postérieure, rassure contre la crainte du retour des eaux, lors même qu'une vague venant de l'arrière, tenterait de pénétrer dans le tube.

Immédiatement au-dessous de la soupape d'arrêt est l'insertion d'un tube vertical ou incliné, suivant l'exigence des circonstances locales, lequel, par son autre extrémité, plonge dans le fond de la sentine dont il doit épuiser les eaux.

Les deux extrémités de ce tube sont garnies de soupapes qui s'ouvrent de bas en haut.

Ceux à qui le principe et le jeu du belier sont familiers, sentiront aisément que, lorsque la soupape d'arrêt qui est en tête du

belier se ferme brusquement, l'eau qui coule dans sa longueur continuera son mouvement progressif avec une vitesse uniformément retardée pendant tout le temps que la pesanteur aurait employé à donner à un mobile quelconque une vitesse égale à celle qu'avait ce fluide.

Cet effet ne peut avoir lieu sans qu'il se forme un vide entre la soupape d'arrêt et la colonne d'eau qui continue son mouvement; il suit nécessairement alors qu'une partie de l'air contenu dans le tuyau ascendant, pressé par le poids de l'atmosphère, vient remplir ce vide, et l'eau qui baigne le bas du tuyau le suit; la fermeture des soupapes leur interdisant le retour par le même chemin, l'air se trouve entraîné par le courant qui se rétablit dans le belier; le même jeu se renouvelle au second coup jusqu'à ce que l'air du tuyau ascendant soit totalement épuisé; alors l'eau qui lui est contiguë lui succède et s'évacue à son tour.

Lorsque l'épuisement des eaux est terminé, des tubes qui communiquent dans les diverses soutes du navire, peuvent, en s'ouvrant dans les tubes du belier, le transformer en ventilateur qui renouvelle l'air vicié des parties basses du navire.

Nous n'entrerons point dans le détail des avantages qu'offre cette nouvelle application de notre principe et de notre machine; nous ajouterons seulement qu'il est possible, lorsque les circonstances l'exigeront, d'adapter le belier extérieurement sur les flancs du vaisseau, en établissant, par une espèce de siphon qui passerait par une écoutille, sa communication avec le tube ascendant qui plonge dans le fond de cale.

Lorsque les vitesses motrices sont très-petites, on pourrait craindre que le jeu des soupapes dans le belier, considéré comme foulant et comme aspirant, ne fût pas le même, et que le retour de celle des tuyaux d'ascension ne ramenât avec elle la petite quantité de fluide à laquelle leur élévation aurait donné passage; nous remédions à cet inconvénient en convertissant dans ces

cas-là la masse en vitesse, par le même principe qui, au premier jet, fait monter l'eau qui s'échappe d'un ajutage au-dessous du réservoir qui l'a fournie; cet effet s'opère par le rétrécissement ménagé des tubes ascendants qui fournissent l'eau, et par l'épuisement de celle contenue dans le belier, qui se vide entièrement à chaque coup qu'il frappe.

Fig. 8^e. Vaisseau muni d'un belier hydraulique pour l'épuisement des eaux du fond de cale.

a b, Longueur du belier parallèle à la quille, placé à 3 pieds au-dessous de la ligne de flottaison.

c, Tuyau d'aspiration plongeant dans le fond de la cale.

Fig. 9^e. Coupe longitudinale et pièces détachées du belier pour épuiser l'eau du fond de cale des vaisseaux.

AB, Coupe du belier dans sa longueur.

CD, Coupe du tuyau d'aspiration.

E, Soupape à coquille amovible, qui est fermée lorsqu'on veut arrêter le belier ou y faire des réparations.

F, Soupape de sûreté à l'extrémité du belier, pour prévenir la rentrée de l'eau, dans tous les cas.

GH, Boîte carrée qui s'ajuste au tube du belier par des collets et des vis pour loger les soupapes; le dessus est amovible pour qu'on puisse pénétrer dans l'intérieur.

I, Soupape d'arrêt avec un contre-poids pour l'ouvrir lorsque l'eau du belier est stagnante; la figure la fait voir dans ses deux positions.

K, Deux soupapes du tuyau ascendant, par lesquelles l'eau de la cale passe dans le belier, à chaque pulsation.

L, Deux soupapes pareilles aux précédentes, dans le bas du tuyau ascendant.

M, Boîte qui s'ajuste sur la boîte GH, et que l'on ferme avec la soupape E.

Belier hydraulique par M. M. Montgolfiers freres et Ami Argand.

Fig. 1.

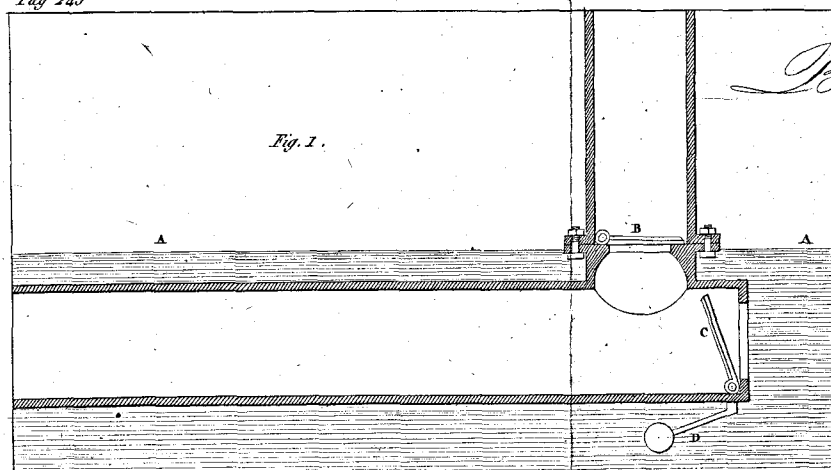


Fig. 3.

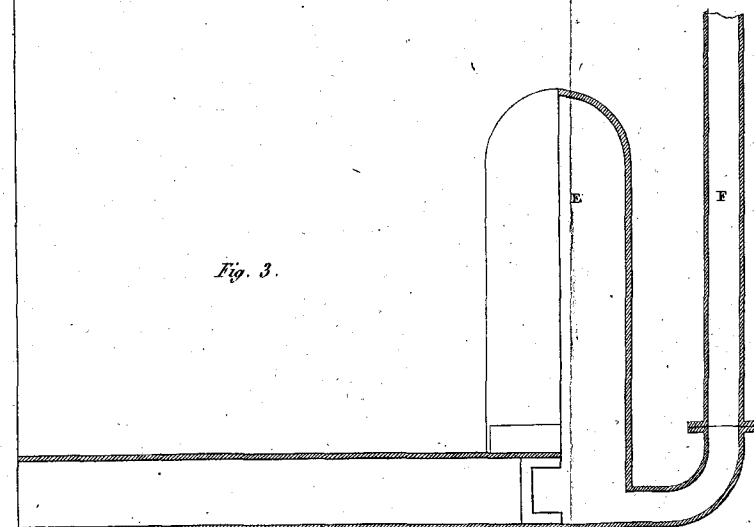


Fig. 2.

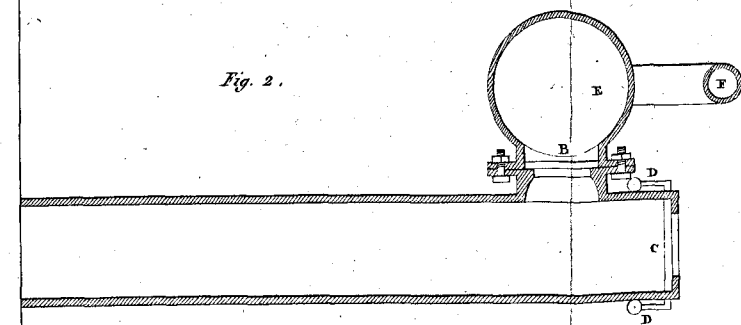


Fig. 7.

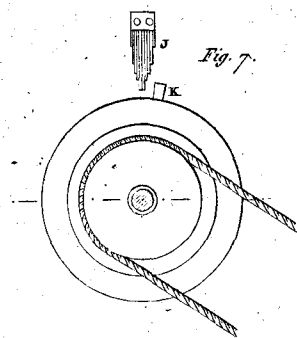


Fig. 5.

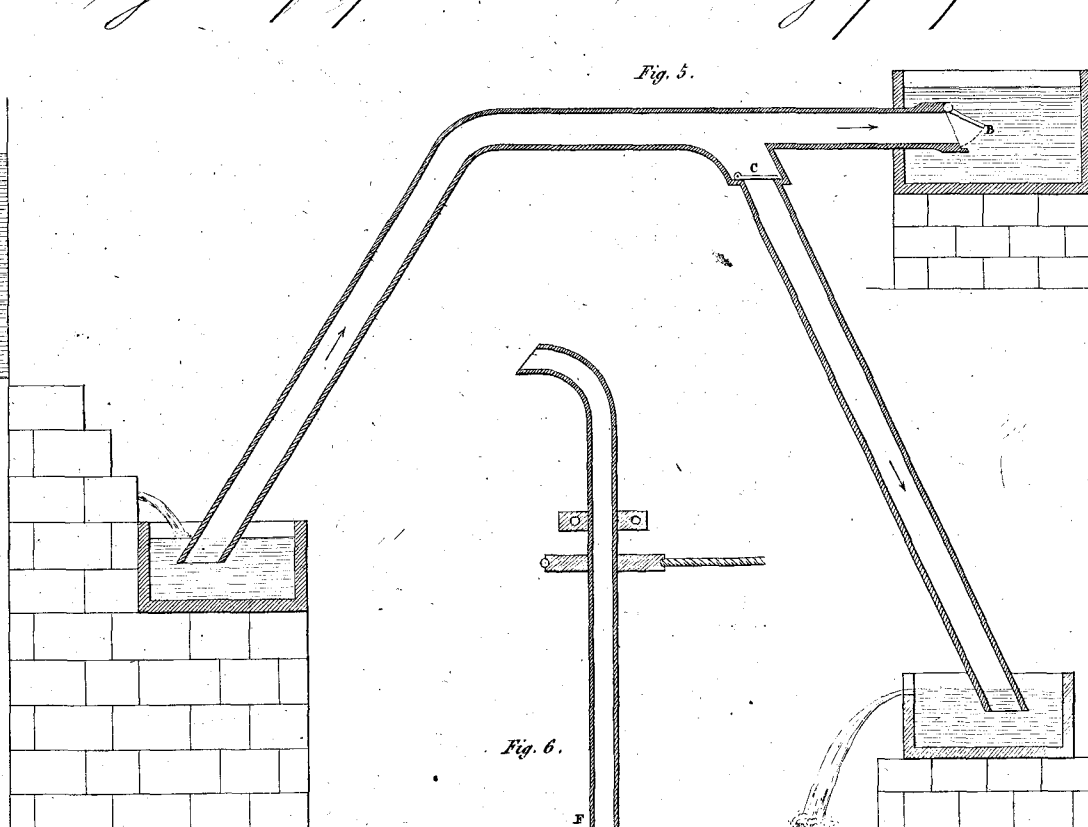


Fig. 6.

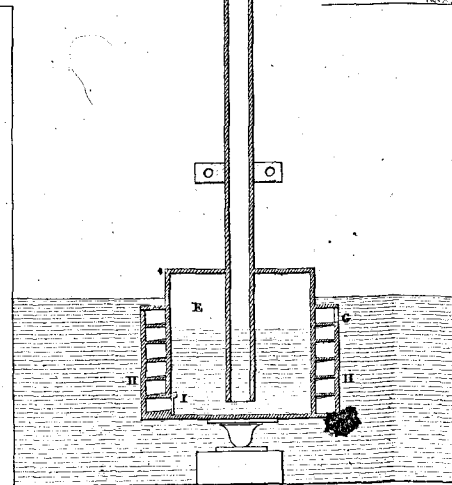


Fig. 4.

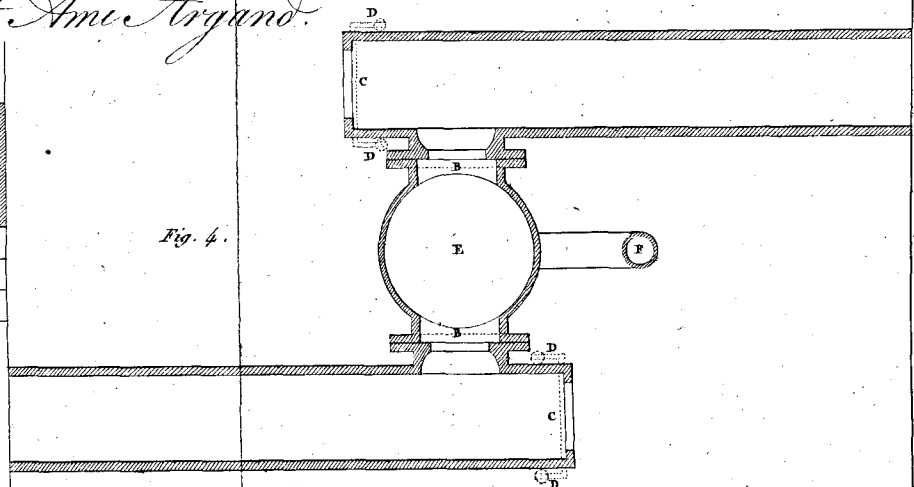


Fig. 8.

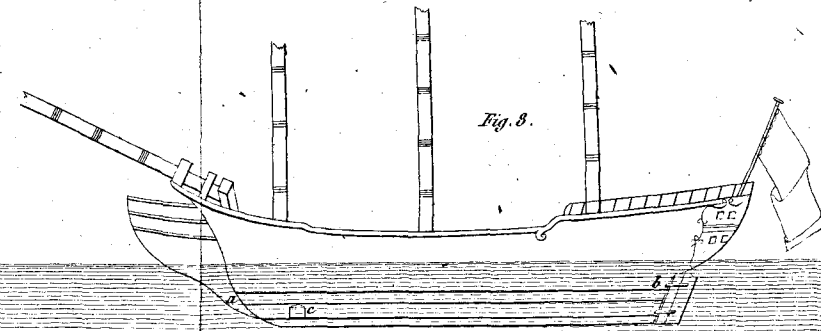
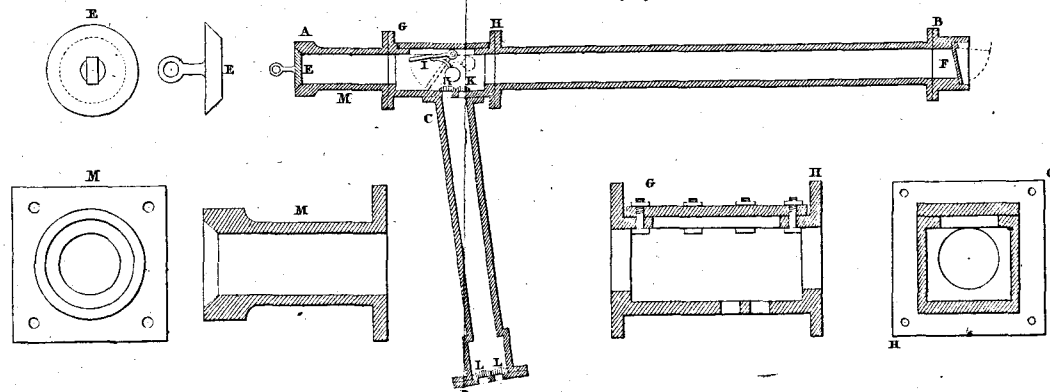


Fig. 9.



Belier hydraulique par M. M. Montgolfiers frères et Ami Argand.

Fig. 1.

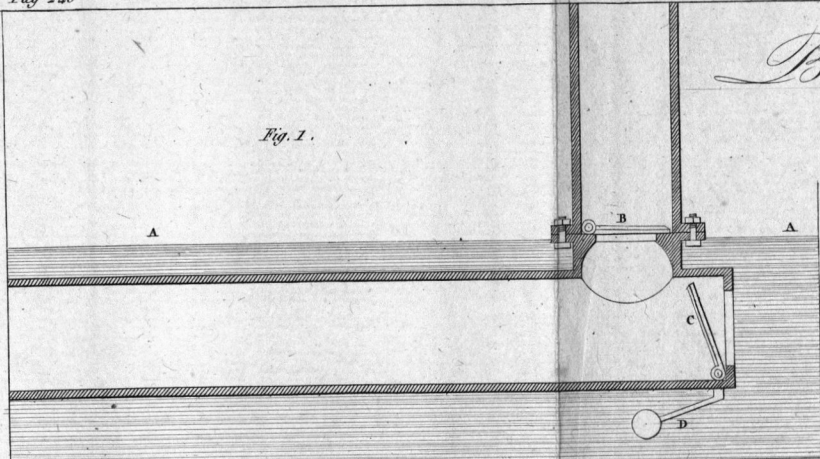


Fig. 3.

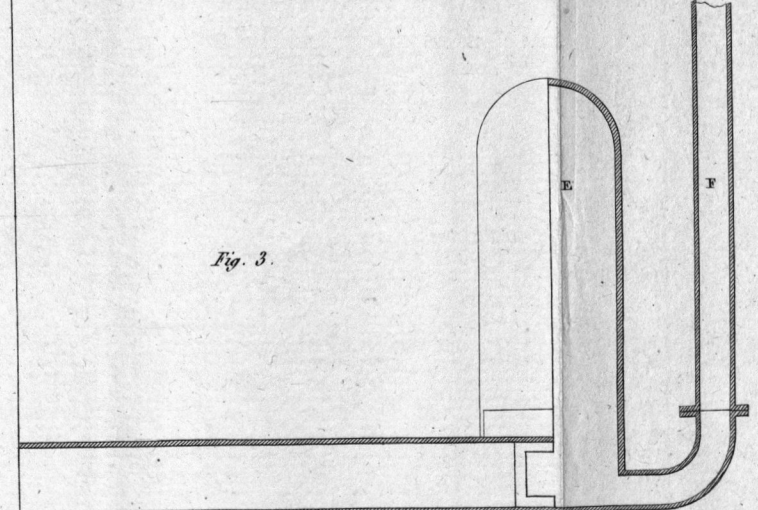


Fig. 2.

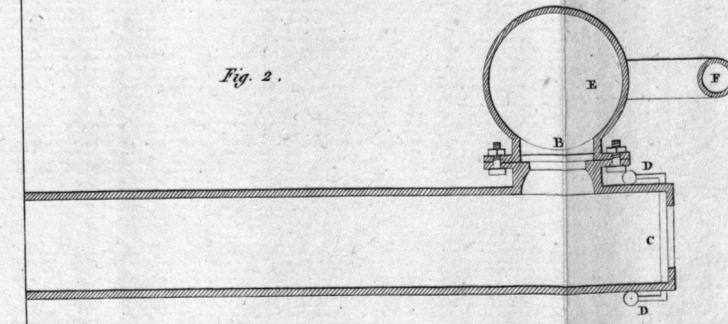


Fig. 7.

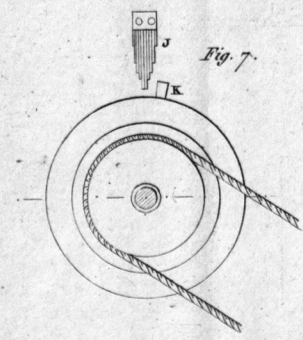


Fig. 5.

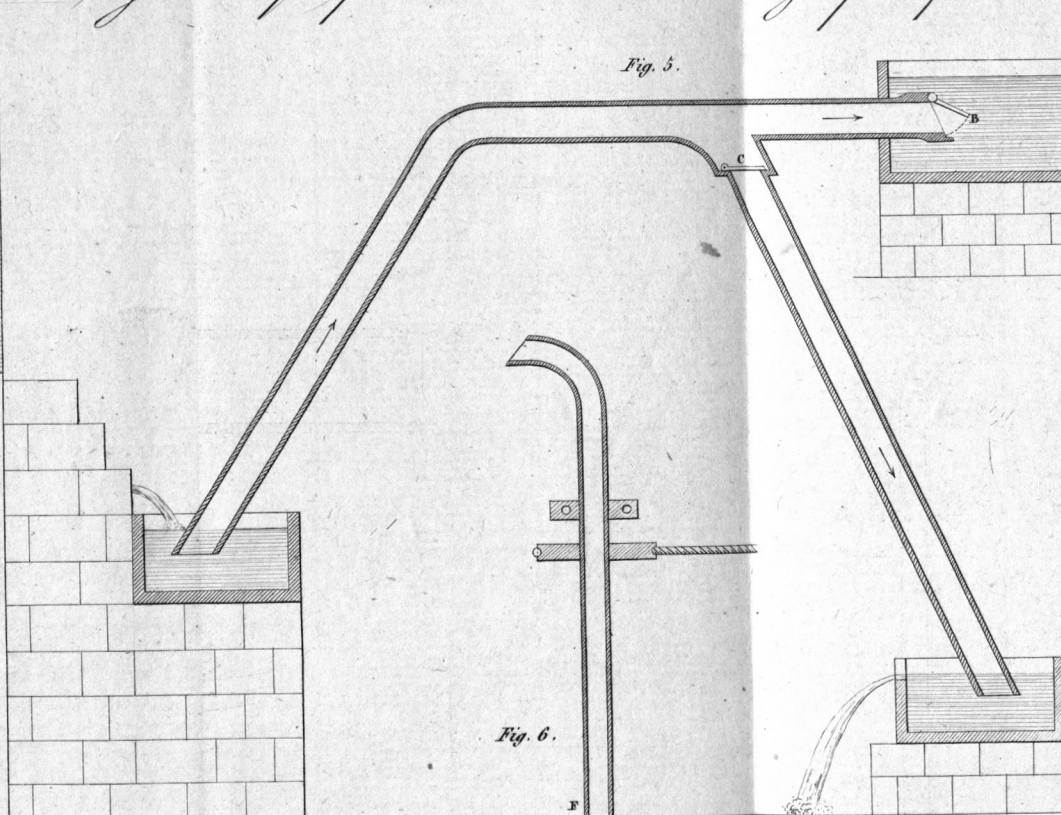


Fig. 6.

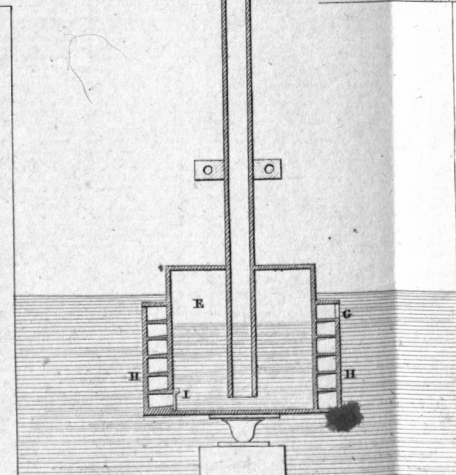


Fig. 4.

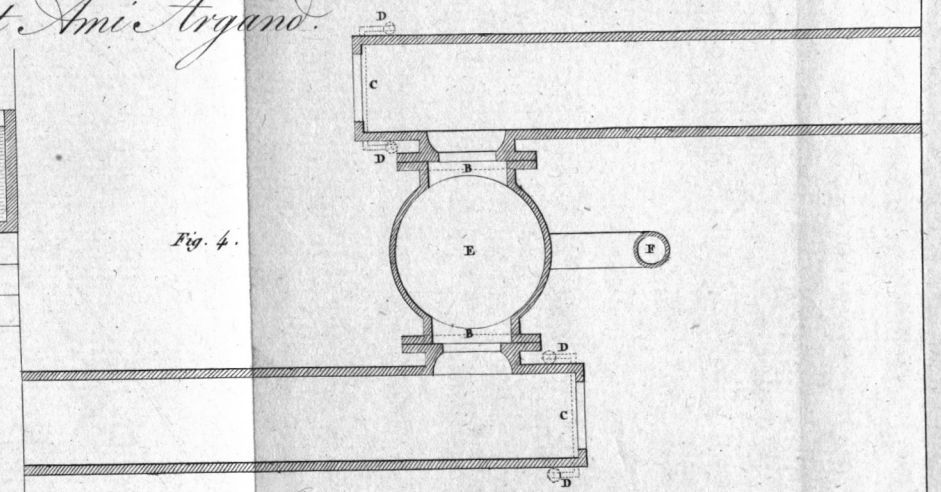


Fig. 8.

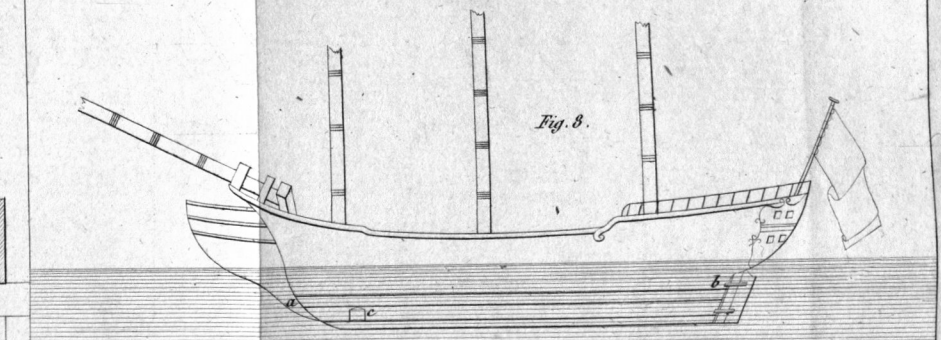


Fig. 9.

