

JOURNAL
DE
MATHÉMATIQUES

PURES ET APPLIQUÉES

FONDÉ EN 1836 ET PUBLIÉ JUSQU'EN 1874

PAR JOSEPH LIOUVILLE

DE MAUPEOU

Note relative au pulsomètre de Hall

Journal de mathématiques pures et appliquées 3^e série, tome 6 (1880), p. 267-282.

http://www.numdam.org/item?id=JMPA_1880_3_6_267_0

 gallica

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Gallica de la Bibliothèque nationale de France
<http://gallica.bnf.fr/>

et catalogué par Mathdoc
dans le cadre du pôle associé BnF/Mathdoc
<http://www.numdam.org/journals/JMPA>

*Note relative au pulsomètre de Hall;***PAR M. DE MAUPEOU,**

Sous-Ingénieur de la Marine.

Historique. — L'idée d'utiliser la force expansive de la vapeur à élever les liquides en la faisant agir directement à leur surface est déjà ancienne; on la trouve, dès le début du xvii^e siècle, dans les écrits de Salomon de Caus, qui proposait de chauffer l'eau dans un vase, pour que la vapeur, en se produisant, la fit monter par un tube convenablement disposé. Un siècle ne s'était pas écoulé que Thomas Savery appliquait le même principe à la construction de la machine qui porte son nom et qui fut utilisée à divers travaux d'épuisement. Le capitaine Savery sépara la chaudière du réservoir qui constitue le corps de pompe et dans lequel il envoyait la vapeur à l'aide d'un robinet. Les monte-jus employés dans les sucreries sont de véritables pompes de Savery.

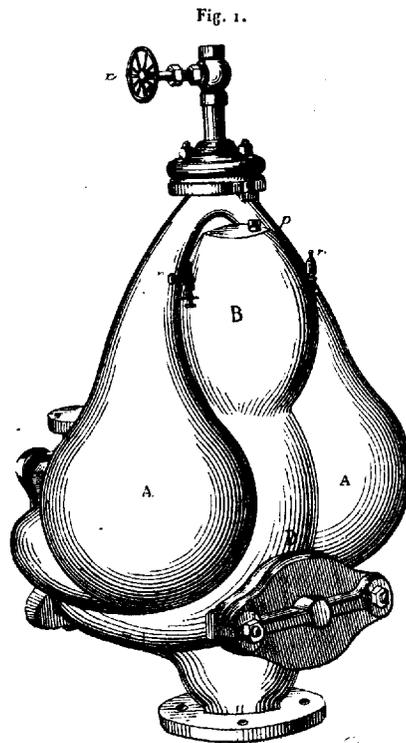
En 1863, MM. Louvié et Rival proposèrent une pompe basée sur les mêmes principes. Leur appareil était double et rendu automatique par l'emploi de flotteurs qui, tout en empêchant le contact direct de l'eau et de la vapeur, commandaient les robinets de distribution; un tuyau de communication établi entre les deux corps de pompe servait à injecter de l'eau froide dans celui qui devait aspirer, de manière à activer la condensation. Cette pompe fonctionnait convenablement, mais elle était assez volumineuse et un peu compliquée: aussi ne s'est-elle pas répandue; elle constituait néanmoins un progrès très réel sur les appareils précédents.

C'est à un Américain, M. Hall, que revient l'honneur d'avoir rendu réellement pratique la pompe de l'Anglais Savery, grâce à d'heureuses modifications dans les formes, à la disposition ingénieuse du clapet de distribution de vapeur et à d'autres améliorations de détail.

Description. — Le pulsomètre, c'est le nom donné par M. Hall à son instrument, est double et automatique comme la pompe Louvié, mais il ne comporte pas de flotteur et son grand mérite consiste dans sa simplicité.

En examinant les figures suivantes, on arrive facilement à se rendre compte de l'économie de l'appareil.

Les *fig. 1* et *2* représentent en perspective et en coupe le côté de

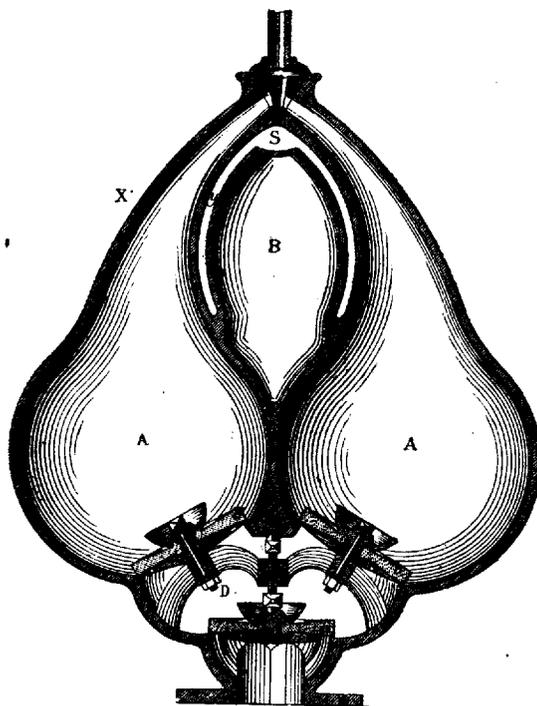


l'aspiration. Les *fig. 4* et *5* sont relatives au côté du refoulement. Quant

à la *fig.* 3, elle représente à plus grande échelle le clapet d'arrivée de vapeur.

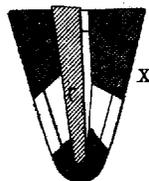
Deux bouteilles à long col A, A, placées à côté l'une de l'autre, abou-

Fig. 2.



tissent, à leur partie supérieure S, à un clapet métallique C (*fig.* 3), qui,

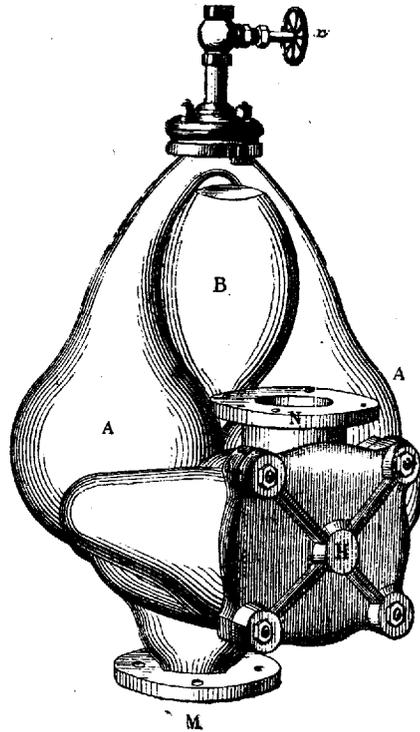
Fig. 3.



en basculant à droite ou à gauche, permet à la vapeur de pénétrer dans

l'une ou l'autre des bouteilles ; ce clapet joue un rôle très important dans le fonctionnement du pulsomètre, et son mouvement automatique est le point le plus intéressant et le plus original de l'appareil. A la partie inférieure se trouvent d'un côté la chambre d'aspiration D, qui

Fig. 4.

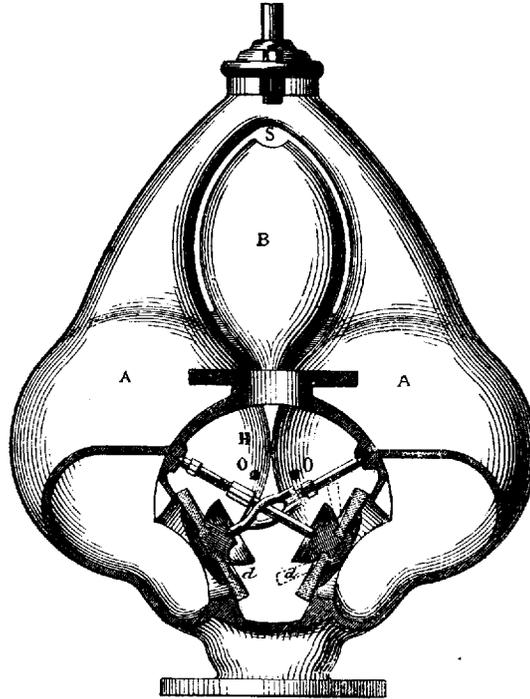


contient trois clapets circulaires en caoutchouc *a, b, b* (*fig. 2*), de l'autre côté la chambre de refoulement H, qui renferme deux clapets également en caoutchouc (*fig. 5*). Entre les deux bouteilles on a disposé un réservoir B communiquant avec la chambre d'aspiration D. Chacun des trois vases A, A, B est muni d'une petite soupape atmosphérique *r, r* (*fig. 1*), dont on règle la levée de manière à produire une rentrée d'air suffisante pour éviter les coups de marteau d'eau. Enfin

deux trous O, O (*fig. 5*) établissent une communication entre les bouteilles et la chambre de refoulement ; nous verrons plus tard leur utilité. Tous ces organes sont bien groupés et faciles à visiter.

Dans l'appareil représenté par les *fig. 6* et *7*, les clapets en caout-

Fig. 5.



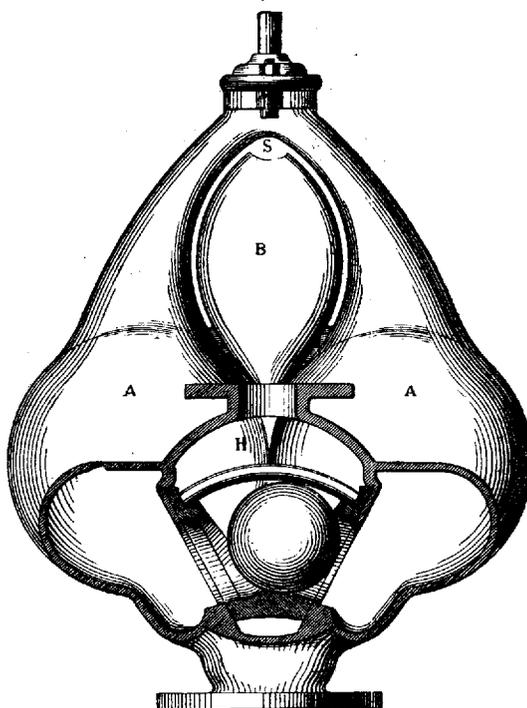
chouc sont remplacés par d'autres en métal, à l'aspiration et au refoulement.

Fonctionnement. — Lorsqu'on ouvre le robinet de vapeur, elle s'introduit dans l'une ou l'autre des bouteilles suivant la position du clapet situé en S, elle chasse l'air par les clapets de refoulement *d, d* ; puis, si on ferme le robinet, elle se condense en produisant un vide partiel qui aspire l'eau par les clapets *b, b*, et la bouteille s'emplit au moins en partie ; l'appareil est alors amorcé, et, lorsque la vapeur

vient de nouveau dans la bouteille, elle chasse l'eau en vertu de sa pression.

Une fois en marche, le clapet de vapeur bascule de lui-même, de manière à renverser les sens des courants et à faire que dans chaque bouteille l'eau soit successivement refoulée par la pression de la vapeur

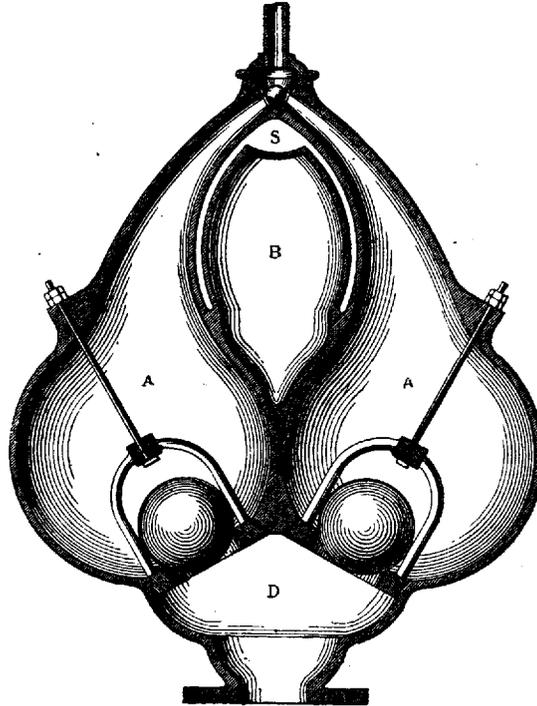
Fig. 6.



et aspirée par sa condensation; comme les opérations se font en sens inverse dans les deux bouteilles, il en résulte une assez grande continuité dans l'aspiration comme dans le refoulement. On peut expliquer le fonctionnement automatique du clapet de vapeur de la manière suivante : la vapeur, en arrivant dans le col de la bouteille, qui reste toujours chaud, se condense peu au début, mais, à mesure que l'eau est refoulée, son niveau baisse et s'élargit, la surface de con-

densation augmente rapidement, la vitesse d'écoulement de l'eau s'accélère également, et pour ces deux motifs il se produit au passage dans le clapet *c*, dont la section est faible, une dépression qui est peut-être favorisée par le changement de direction que la veine fluide subit en cet endroit. En même temps, du côté opposé, la vapeur restée dans

Fig. 7.



la bouteille se condense et produit un vide que l'eau vient combler, mais le liquide, en s'élevant dans un vase de forme conique, doit produire un effet de marteau d'eau assez prononcé, en vertu de sa vitesse acquise; il doit donc comprimer fortement la vapeur mélangée d'air qui se trouve entre lui et le clapet. On conçoit que, la pression diminuant sur une face du clapet tandis qu'elle augmente sur l'autre, il arrive un moment où il bascule, et alors l'opération se produit en sens inverse.

La forme de poire donnée aux bouteilles qui constituent les corps de pompe du pulsomètre a une grande importance pour le bon fonctionnement de l'appareil. C'est grâce à cette forme conique que la vapeur n'est d'abord en contact qu'avec une faible surface refroidissante, et qu'elle se détend progressivement sans troubler la surface du liquide ⁽¹⁾, tandis qu'avec les formes anciennement usitées le jet de vapeur agitait l'eau, renouvelait la couche superficielle, et, en multipliant les parties en contact avec la vapeur, augmentait considérablement l'échauffement du liquide et la dépense de calorique. Enfin, lorsque l'eau remonte dans la bouteille, la forme du col dirige les filets liquides et amène à la surface l'eau la plus chaude; le fait est que, pendant le fonctionnement du pulsomètre, le col des bouteilles reste toujours à une température très élevée, tandis que la partie basse est froide.

Divers détails contribuent encore au bon fonctionnement du pulsomètre. Le réservoir B modère les effets de marteau d'eau dans le tuyau-tage d'aspiration. Les petites soupapes atmosphériques, ou reniflards, ont également pour but d'éviter les chocs que produiraient les mouvements trop brusques de l'eau dans les réservoirs; on doit régler leur ouverture suivant la hauteur d'aspiration, de manière à obtenir un fonctionnement régulier; lors de la mise en marche, ils doivent être entièrement fermés. Enfin, dans chaque bouteille, un trou percé au niveau supérieur de l'orifice de refoulement établit une communication directe entre la bouteille et la chambre de refoulement. Cette disposition joue un rôle important dans le fonctionnement de l'appareil, à deux points de vue différents. Pendant la période de refoulement, lorsque la vapeur atteint le trou en question, elle s'échappe directement dans l'eau froide du refoulement; il en résulte une forte dépression dans la bouteille qui détermine sûrement le mouvement de bascule du clapet d'arrivée de vapeur, s'il ne s'est pas encore produit. Pendant la période d'aspiration, cette communication donne lieu à un retour du refoulement vers la bouteille; ce courant d'eau froide arrivant dans la couche d'eau échauffée forme une sorte d'injection qui active la condensation, surtout à son début.

(1) Il résulte des expériences de Pécelet que, lorsque l'air s'écoule par un ajustage conique divergent, si l'angle au sommet du cône ne dépasse pas 10°, la veine fluide ne se détache pas des parois.

Cette communication n'est pas absolument indispensable, mais, lorsqu'on la supprime, l'allure de l'instrument est loin d'avoir la même régularité.

Essais. — Un pulsomètre de trente tonneaux a été essayé à l'arsenal de Cherbourg comparativement avec un éjecteur américain construit par M. Peteau.

On a employé les pressions de vapeur suivantes :

1^{kg}, 80, 2^{kg}, 25, 4^{kg}, 5^{kg},

correspondant aux timbres des divers types de chaudières marines. On a fait varier les hauteurs d'aspiration et de refoulement de mètre en mètre, dans les limites utiles pour le service à bord des navires de la flotte, savoir :

Hauteur totale . . . 3^m, 4^m, 5^m, 6^m, 7^m et 8^m.

L'aspiration se faisait dans une bêche où l'on maintenait un niveau constant. On mesurait le débit et les températures de l'eau aspirée et refoulée; la différence a permis de calculer la dépense de vapeur, qu'il eût été difficile d'obtenir directement. Les essais, disposés et conduits avec beaucoup de soin et d'intelligence par M. Bigot, maître principal de l'atelier des chaudières à vapeur, ont donné des résultats très favorables au pulsomètre (1).

L'amorçage ne présente aucune difficulté, en ayant soin de fermer les reniflards; il suffit d'ouvrir et de fermer plusieurs fois de suite la soupape de prise de vapeur; en deux minutes environ on est en marche: le réglage se fait rapidement. Pour arrêter l'appareil, il n'y a qu'à fermer la prise de vapeur; le pulsomètre reste amorcé pendant plusieurs heures, en ayant soin de fermer les petits reniflards.

On n'a pas essayé de refouler à plus de 6^m de hauteur, mais on peut certainement dépasser de beaucoup cette limite avec une pression

(1) Après l'achèvement des essais faits à terre, le pulsomètre a été installé à bord du *Lynx*, où il a bien fonctionné.

de vapeur suffisante. L'appareil en question a dû fonctionner dans les ateliers du constructeur à des hauteurs de 10^m et 20^m (article 3 du marché).

En aspirant à 1^m et 2^m de profondeur, l'appareil a donné de bons résultats; mais avec une hauteur d'aspiration de 2^m, 50 il ne fonctionnait plus. Depuis, on a disposé un clapet au pied du tuyau d'aspiration, de manière à amorcer le pulsomètre comme on le fait pour les pompes centrifuges, et l'on a pu aspirer à 4^m et 5^m de hauteur, mais la dépense de vapeur paraît être plus considérable. L'armement du bâtiment auquel était destiné l'appareil n'a pas permis de faire des essais complets dans ces conditions.

L'éjecteur américain a pu aspirer jusqu'à 4^m de profondeur sans clapet de pied, et à 5^m avec un clapet et en amorçant; l'installation dont on disposait n'a pas permis de dépasser cette limite.

Pour voir si les eaux sales de la cale des navires s'opposeraient au fonctionnement du pulsomètre, on a fait deux expériences en mélangeant l'eau d'escarbilles préalablement passées dans un crible dont les trous avaient 0^m, 005 de diamètre, dans les conditions suivantes :

DURÉE de l'essai.	HAUTEUR		POIDS REFOULÉ.			
	d'aspiration.	de refoulement.	Escarbilles.	Eau.	Total.	Rapport.
	m	m	kg	kg	kg	
Une heure.....	1	7	1200	26 000	27 200	21
"	0	8	1500	25 800	27 300	17

On voit que la quantité d'escarbilles enlevées a été très considérable, et cependant l'appareil a bien fonctionné.

Pour assurer au pulsomètre son maximum d'effet, on a dû faire à chaque essai quelques tâtonnements en variant l'ouverture de la soupape de prise de vapeur; on n'a pas tardé à reconnaître que les conditions les plus avantageuses correspondent à une différence de température de 2° entre l'eau d'aspiration et celle du refoulement, et l'on a fonctionné dans ces conditions.

Le Tableau qui accompagne ce Rapport donne les résultats complets des expériences.

On remarque de suite que le pulsomètre n'élève que de 2° la température de l'eau, tandis que l'éjecteur américain l'élève de 14°. L'éjecteur Fridman, essayé à Brest par M. Risbec (*Mémorial du Génie maritime*, II^e livr., 1875), produisait une élévation de température de 13°. On peut en conclure que le pulsomètre dépense environ sept fois moins de vapeur que l'éjecteur, pour produire le même résultat.

Pour calculer la quantité de charbon dépensée, on a admis que chaque kilogramme de combustible fournissait 5000^{cal} à l'eau pour la transformer en vapeur, ce qui correspond à une vaporisation d'un peu moins de 8^{kg} par kilogramme de charbon avec de l'eau d'alimentation à 15°.

On constate que le nombre de pulsations augmente quand la hauteur à laquelle on élève l'eau diminue, et que le débit s'accroît à peu près dans la même proportion; mais en même temps la dépense de charbon par cheval d'eau élevée augmente beaucoup plus rapidement; elle est à peu près en raison inverse de la hauteur d'élévation. La vapeur n'ayant pas d'intermédiaire entre elle et l'eau qu'elle élève, on conçoit qu'un excès de pression de vapeur ne puisse qu'augmenter la vitesse d'écoulement sans améliorer notablement le rendement.

L'accroissement de température de l'eau élevée étant à peu près constant (1), la dépense de vapeur et de charbon est sensiblement proportionnelle au débit et indépendante de la hauteur d'élévation, en sorte que l'utilisation de l'appareil augmente avec cette hauteur.

Les chiffres suivants donnent le résumé des observations à ce point de vue.

(1) L'accroissement de température correspondant au maximum de rendement a toujours été de 2° dans les limites de nos expériences; mais, d'après les Notices de M. Hall, il augmenterait pour de grandes hauteurs de refoulement: il l'évalue à 2° pour 10^m d'élévation.

HAUTEUR totale d'élévation H.	NOMBRE de pulsations simples par minute N.	DÉBIT par heure D.	DÉPENSE de charbon pour un débit de 1000 lt. d'eau.	DÉBIT	DÉPENSE de charbon par cheval d'eau élevée Pc.	PRODUIT Pc x H.
				par pulsation D N > 60		
3	103,7	lt 33,5550	m 0,4	lt 5,34	kg 36,3	108,9
4	97,0	32,575	0,4	5,59	27,1	108,4
5	92,5	30,925	0,4	5,39	21,7	108,5
6	86,5	29,225	0,4	5,62	18,0	108,0
7	83,0	28,750	0,4	5,77	15,4	107,8
8	82,2	28,625	0,4	5,79	13,5	108,8

Pour une même hauteur d'élévation, l'accroissement de la pression de vapeur augmente un peu le débit, mais sans faire varier sensiblement le rendement.

On peut ajouter que la hauteur totale à laquelle le pulsomètre peut élever l'eau est proportionnelle à la pression de la vapeur qu'on lui fournit.

Pour l'éjecteur, la dépense de charbon par cheval d'eau élevée décroît aussi à peu près en raison inverse de la hauteur de l'élévation, mais le débit augmente rapidement avec l'accroissement de la pression de vapeur et avec la diminution de la hauteur totale d'élévation, ce qui constitue une différence notable avec le pulsomètre.

Comparaison avec d'autres appareils. — Le Tableau suivant permet de comparer le pulsomètre à l'éjecteur et à une pompe fonctionnant à haute pression, au point de vue du poids et du prix :

	DÉBIT à l'heure.	POIDS.	PRIX			OBSERVATIONS.
			total.	au kilogr.	par tonneau de débit.	
Pompe Thirion ...	lt 30	510	fr 3000	fr 5,9	fr 100	à 120 tours.
Éjecteur	20	16	135	8,4	7	
Pulsomètre	30	100	1125	11,2	38	

On voit que le prix du pulsomètre au kilogramme est très exagéré, bien que sa construction soit fort simple; il faut évidemment l'attribuer à la nouveauté d'un appareil breveté; rapporté au tonneau d'eau élevée, le prix d'achat n'est guère que le tiers du prix de la pompe Thirion avec son moteur.

Si maintenant nous voulons établir une comparaison au point de vue de la dépense de charbon par cheval d'eau élevée, nous pouvons prendre pour termes de comparaison :

1° Les pompes de distribution d'eau de ville, qui représentent ce qu'on a construit de plus économique : les résultats que nous citons sont tirés de la publication industrielle d'Armengaud ;

2° Des pompes à haute pression comme celles qu'on emploie à bord à l'épuisement des cales; malheureusement nous ne possédons pas d'essais faits sur un appareil de ce genre établi dans des conditions vraiment économiques. La pompe Thirion dont il vient d'être question recevait la vapeur d'une chaudière trop puissante et qui avait constamment la porte du foyer ouverte pendant les expériences, ce qui faussait complètement les indications relatives à la dépense de combustible.

On peut admettre qu'un appareil de ce genre bien installé dépenserait environ 2^{ks} de charbon par cheval comme les locomobiles, et que le rendement du moteur s'élèverait au moins à 0,7, ainsi que celui de la pompe, ce qui conduirait à une dépense de charbon de 4^{ks} par cheval d'eau élevée.

Le *Mémorial du Génie maritime* nous fournit, en outre, les résultats des essais de divers appareils établis dans des conditions moins économiques.

Première livraison, 1874. — Essais de la pompe centrifuge du *Suffren*, par M. Aurous.

Douzième livraison, 1874. — Essais faits par M. Risbec et M. Choron sur des pompes Behrens.

Cinquième livraison, 1877. — Essais faits par M. Huet sur des petits chevaux du type réglementaire et du système Behrens.

Ces divers documents ont permis de dresser le Tableau suivant :

NATURE DES APPAREILS.		DÉPENSE de charbon par cheval d'eau élevée.
		kg
Appareils de distribution d'eau	Pompes d'Ivry établies par M. Cavé.....	3
	Pompes de Niort établies par M. Cordier.....	3
	Pompes d'Angers établies par M. Farcot.....	1,3
	Pompes de Nantes établies par M. Windsor.....	1,2
	Établies dans d'assez bonnes conditions (calcul).....	4
Pompe à haute pression	Appareil centrifuge du <i>Suffren</i> (à tirage forcé) élevant l'eau à 7 ^m , 50.....	6,8
	Pompes Behrens (Essayées à Brest par M. Risbec, éle- installées sur vant l'eau à 30 ^m de hauteur..... des canots à) Essayées à Toulon par M. Choron, éle- vapeur (1)... vant l'eau à 15 ^m de hauteur.....	6,9
		13,6
Petits chevaux essayés à Brest par M. Huet.	Appareil réglementaire.....	13
	Système Behrens.....	32
Pulsomètre élevant à une hauteur de...	4 ^m	27
	6 ^m	18
	8 ^m	13,5
Éjecteur élevant à une hauteur de...	4 ^m	190
	6 ^m	126
	8 ^m	96

(1) On a supposé que les machines de canots consommaient 3^k6 de charbon par cheval, comme cela résulte des essais de M. Mangin (*Mémoires du Génie maritime*, 3^e livraison, 1867).

Conclusion. — On voit que le pulsomètre laisse bien loin derrière lui l'appareil de Savery. Il constitue une pompe remarquable par sa simplicité, la facilité avec laquelle on l'installe, et paraît très peu susceptible de se déranger. Il peut refouler à de très grandes hauteurs avec de la vapeur à haute pression; il aspire facilement jusqu'à 2^m et peut puiser son eau à une profondeur bien plus considérable, à la condition d'installer un clapet de pied sur son tuyau d'aspiration et de l'amorcer. Dans les limites de nos expériences, l'échauffement de l'eau élevée a toujours été de 2° environ, en sorte que le rendement économique de l'appareil a augmenté proportionnellement à la hauteur d'élévation, tandis que le débit a très peu varié avec celle-ci. Mais il ne faudrait pas trop généraliser ce résultat, car M. Hall, dans ses Notices, évalue l'échauffement de l'eau à 2° pour 10^m de hauteur d'élévation.

• En résumé, cet ingénieux appareil, grâce à sa simplicité, à son prix d'achat peu élevé et qui paraît appelé à diminuer encore, peut rendre de grands services dans bien des circonstances et notamment à bord des navires de guerre, pour l'épuisement de l'eau de la cale. Comme rendement, il est bien supérieur aux éjecteurs, puisqu'il chauffe l'eau qui le traverse sept fois moins qu'eux; il peut soutenir la comparaison avec certaines pompes peu économiques, mais il est bien inférieur aux pompes établies dans de bonnes conditions, et il ne saurait convenir pour les installations fixes et fonctionnant d'une façon continue, comme les distributions d'eau de ville; toutes les fois, au contraire, qu'on se propose d'échauffer un liquide en même temps que de l'élever, le pulsomètre paraît être la meilleure pompe à employer.

Résultats des essais comparatifs d'un pulsomètre de 30^{ix} et d'un éjecteur.

NUMÉRO de l'essai.	PRESSION à la chaudière.	NOMBRE de pulsations de simples	HAUTEURS.			TEMPÉRATURE DE L'EAU						DÉBIT DE L'EAU par heure		TRAVAIL en chevaux d'eau élevée par heure		POIDS de charbon dépensé par heure		DÉPENSE de charbon par cheval d'eau élevée et par heure		
			Aspiration.	Remplacement.	Total H.	aspirée T.		refroidie T.		Différence T. - T = θ.		Pulso-mètre.	Éjec-teur.	Pulso-mètre.	Éjec-teur.	Pulso-mètre.	Éjec-teur.	Pulso-mètre.	Éjec-teur.	
						Pulso-mètre.	Éjec-teur.	Pulso-mètre.	Éjec-teur.	Pulso-mètre.	Éjec-teur.									
1.....	5,5	85	2	6	8	13,5	0	15,5	0	0	0	29200	0,86	11,68	13,58	11,68	71,96	13,58	"	
2.....	4	83	"	"	"	13,5	13,5	27,5	14	2	2	28800	0,85	11,52	13,55	11,52	71,96	13,55	94,67	
3.....	2,25	82	"	"	"	13,5	13,5	28,5	15	"	"	28500	0,84	11,40	13,50	11,40	40,50	13,57	100,02	
4.....	1,80	79	"	"	"	13,5	13,5	27,5	14	"	"	28000	0,83	11,05	13,31	11,05	38,10	13,31	93,86	
Moyenne.		82,25			8							28625			13,50				13,50	
5.....	5	89	2	5	7	13,5	"	15,5	"	2	2	29700	0,77	11,88	15,41	11,88	"	15,41	"	"
6.....	4	82	"	"	"	13,5	13,5	27,5	14	"	"	28900	0,75	11,56	15,41	11,56	77,48	15,41	108,84	
7.....	2,25	81	"	"	"	13,5	13,5	30	17	"	"	28400	0,71	11,36	15,35	11,36	51	15,35	164,51	
8.....	1,80	80	"	"	"	13,5	13,5	34	20,5	"	"	28000	0,73	11,20	15,34	11,20	44,19	15,34	157,81	
Moyenne.		83			7							28750			15,38				15,38	
9.....	5	90	2	4	6	13,5	"	15,5	"	2	2	29700	0,66	11,88	18,00	11,88	"	18,00	"	"
10.....	4	89	"	"	"	13,5	13,5	27,5	14	"	"	29500	0,65	11,80	18,15	11,80	83,58	18,15	126,63	
11.....	2,25	87	"	"	"	13,5	13,5	27,5	14	"	"	29000	0,64	11,60	18,13	11,60	54,18	18,13	126,00	
12.....	1,80	80	"	"	"	13,5	13,5	27,5	14	"	"	28700	0,64	11,48	18,05	11,48	39,48	18,05	127,35	
Moyenne.		86,5			6							29225			18,05				18,05	
13.....	5	97	2	3	5	13	"	15	"	2	2	31500	0,58	12,60	21,73	12,60	"	21,73	"	"
14.....	4	95	"	"	"	13	13	27	14	"	"	31000	0,57	12,40	21,75	12,40	86,94	21,75	152,53	
15.....	2,25	92	"	"	"	13	13	27	14	"	"	30700	0,57	12,28	21,54	12,28	60,80	21,54	152,00	
16.....	1,80	86	"	"	"	13	13	27	14	"	"	30500	0,56	12,20	21,78	12,20	49,70	21,78	150,60	
Moyenne.		92,5			5							30925			21,70				21,70	
17.....	5	102	1	3	4	13	"	15	"	2	2	35000	0,52	14,00	26,92	14,00	"	26,92	"	"
18.....	4	100	"	"	"	13	13	27	14	"	"	33300	0,49	13,32	27,24	13,32	9,24	27,18	190,30	
19.....	2,25	98	"	"	"	13	13	27	14	"	"	32000	0,47	12,80	27,23	12,80	51,82	27,23	187,27	
20.....	1,80	88	"	"	"	13	13	27	14	"	"	30000	0,44	12,00	27,27	12,00	50,68	27,27	194,92	
Moyenne.		97			4							32575			27,15				27,15	
21.....	5	113	1	2	3	13	"	15	"	2	2	36000	0,40	14,40	36,00	14,40	"	36,00	"	"
22.....	4	107	"	"	"	13	13	26	13	"	"	34200	0,37	13,68	36,48	13,68	80,48	36,48	322,02	
23.....	2,25	100	"	"	"	13	13	27	14	"	"	33000	0,37	13,20	35,67	13,20	71,12	35,67	251,00	
24.....	1,80	95	"	"	"	13	13	27	15	"	"	31000	0,34	12,40	36,47	12,40	76,94	36,47	284,96	
Moyenne.		103,75			3							33550			36,28				36,28	