

Titre : Essai sur les bateaux à vapeur appliqués à la navigation intérieure et maritime de l'Europe
Auteur : Tourasse

Mots-clés : Bateaux à vapeur

Description : 1 vol. (248-[2]-[1 pl.-7 pl. depl.]) ; 25 cm

Adresse : Paris : Malher et Compagnie, 1828

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 4 Le 38

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4LE38>

4° Le 38

ESSAI SUR LES BATEAUX A VAPEUR APPLIQUÉS A LA NAVIGATION INTÉRIEURE ET MARITIME DE L'EUROPE,

SUR LES BATEAUX AQUA - MOTEURS ET PARTICULIÈREMENT SUR LE TOUAGE PAR
LA VAPEUR, OU REMORQUE A POINTS FIXES,

ACCOMPAGNÉ DE CONSIDÉRATIONS SUR LES TRANSPORTS PAR TERRE ET PAR EAU
ET SUR LES CHEMINS DE FER,

PAR TOURASSE,

INGÉNIEUR-MÉCANICIEN, BRÉVETÉ POUR PLUSIEURS SYSTÈMES DE BATEAUX ET APPAREILS A VAPEUR,

ET F.-N. MELLET,

INGÉNIEUR, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DIRECTEUR DU CHEMIN DE FER DE LA LOIRE.

A PARIS,

CHEZ MALHER ET COMPAGNIE,
A LA LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE-INDUSTRIELLE,
PASSAGE DAUPHINE.
—
(1828—1829.)

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
AVANT-PROPOS	i
 CHAPITRE I ^{er} .	
<i>Précis des difficultés et de l'état actuel de la navigation par la vapeur en France, en Angleterre et autres parties de l'Europe.</i>	5
Insuffisance et difficulté du mode actuel de navigation par la vapeur, en Europe, pour le transport des marchandises	6
Revue des bateaux à vapeur français	9
Tableau synoptique des bateaux à vapeur français existant et en construction en 1827	16
Revue des bateaux à vapeur anglais	22
Exposé du voyage de l' <i>Entreprise</i> de Falmouth à Calcutta	24
Des bâtimens à vapeur naviguant en Hollande, dans la Baltique, sur les lacs de Suisse, en Italie, et sur les côtes de la Méditerranée	30
Liste des principaux bâtimens à vapeur anglais et hollandais, construits depuis 1813 jusqu'en 1827	31
 CHAPITRE II.	
<i>Théorie des bateaux à vapeur.</i>	41
Théorie des bateaux avec roues à aubes	41
Vitesse de plusieurs bâtimens à vapeur déduite de l'expérience	44
Application des calculs pour déterminer la vitesse de ces bâtimens, en tenant compte ou non du poids des machines	46
Résumé des principes fondamentaux de leur mouvement	49
Conséquence pratique des considérations précédentes	51
Détails des recettes et dépenses d'une entreprise de bateaux à vapeur, entre Marseille et Alexandrie	53
Des bateaux à vapeur appliqués à la navigation intérieure et circonstances locales qui rendent, en Europe, leur emploi moins favorable qu'en Amérique	56
Théorie de la marche des bateaux à vapeur avec roues à aubes <i>contre des courants</i>	58
 CHAPITRE III.	
<i>Du halage sur les rivières et canaux, et du touage par la vapeur.</i>	63
Expériences sur la marche des bateaux dans l'eau morte, par d'Alembert, Condorcet et Bossut	64

	Pages.
Expériences de la société d'architecture navale de Londres, pour connaître la résistance des navires, d'après leur forme	66
Application des résultats obtenus par d'Alembert, Condorcet, Bossut et la société d'architecture navale de Londres, au halage des bateaux	69
Du touage par la vapeur	75
Théorie du touage en général	Ib.
Effets des toueurs et nécessité de varier la vitesse de leur marche	77
Application du principe précédent	78
Formules servant à déterminer la force motrice et la consommation de combustible d'un toueur à vapeur, pour un trajet donné	79
Exemple servant à démontrer le besoin de varier la vitesse des toueurs naviguant contre des courans	81
CHAPITRE IV.	
Formules et tables du mouvement des bateaux à vapeur	82
Des bateaux avec roues à aubes dans une eau stagnante	Ib.
Tableau de la vitesse des aubes et de la force perdue	Ib.
Force motrice correspondant à diverses vitesses	83
Force motrice correspondant à diverses vitesses, en faisant abstraction 1 ^o de la variation du poids de la machine et du combustible, 2 ^o de tout ce poids	84
Table de la force motrice correspondant à diverses vitesses, ayant égard à la pesanteur des machines et du combustible, et à l'augmentation de grandeur du navire	Ib.
Table de la force motrice nécessaire pour mouvoir un navire chargé de combustible, proportionnellement à la longueur du trajet	85
Tableau de la vitesse et de la force motrice qui convient, suivant la longueur du trajet, à un navire d'un tonnage déterminé et dont toute la capacité serait occupée par la machine et le combustible	86
Formules et tableaux du mouvement des bateaux avec roues à aubes contre des courans	Ib.
Formules et tableaux du mouvement des toueurs	88
Formules et tableaux des vitesses d'un courant et d'un toueur mu par une force constante	Ib.
Formules et tableaux comparatifs d'un toueur et d'un remorqueur, marchant de conserve dans des courans de vitesses variables, le toueur étant supposé mu par une force constante	90
Tableau comparatif des effets qu'on peut obtenir par terre et par eau, au moyen de chevaux de trait et de chevaux vapeur	92
Tableau comparatif des effets utiles qu'on peut obtenir, à différentes vitesses, d'un fort cheval de trait et d'un cheval vapeur, tant par terre que par eau, pendant une journée de travail	94
CHAPITRE V.	
Remarques sur la marche des bateaux à vapeur, avec roues à aubes, naviguant en mer et contre des courans, et coup-d'œil sur leurs machines motrices	96
Résultat d'observations sur la vitesse de bateaux à vapeur anglais	100
Tableau contenant des données sur la vitesse de plusieurs bateaux à vapeur français, anglais et néerlandais	102
Tableau indiquant la différence d'effets de plusieurs machines de bateaux à vapeur	105

	Pages.
Effets <i>utiles</i> des bateaux à vapeur avec roues à aubes, employés au transport des marchan-	
dises, sur la Basse-Seine.....	106
Coup-d'œil sur les machines motrices des bateaux à vapeur d'Europe.....	112
Pesanteur de ces machines.....	116
Forme et poids de leur appareil à vapeur.....	119
Appareils à vapeur des bateaux <i>le Nageur</i> et <i>le Pélican</i>	121
Nouvelles dispositions d'appareils à vapeur pour bateaux, présentant à volume égal moins de pesanteur, de plus grands foyers et plus de surface chauffée, que ceux du <i>Nageur</i> et du <i>Pé-</i>	
<i>lican</i>	<i>ib.</i>
Dimensions ordinaires des foyers et des surfaces chauffées des appareils à vapeur.....	<i>ib.</i>
Consommation de combustible de divers bateaux.....	122
Tableau contenant des données et la dimension de diverses pièces du mécanisme de plusieurs bateaux à vapeur.....	126
Forme, dimensions et tirant d'eau ordinaires des bateaux à vapeur.....	128
Tableau indiquant le rapport de la longueur à la largeur de plusieurs bateaux à vapeur français, anglais et néerlandais.....	130
Avantages et dangers de la navigation par la vapeur.....	131
Moyens qu'il conviendrait d'employer pour éviter autant que possible la perte totale des passagers et du bâtiment.....	132
Procédé par lequel on évite la production du sel marin dans les appareils à vapeur.....	133
Imperfection des roues à aubes ordinaires.....	<i>ib.</i>
CHAPITRE VI.	
<i>Exposé de diverses expériences de touage</i>	135
Machines à touer du maréchal de Saxe.....	<i>ib.</i>
Détails d'expériences de touage, faites sur le Rhône et la Saône, par MM. Courteaut et Tourasse	136
Tentatives infructueuses faites à plusieurs reprises sur la Seine, pour y appliquer le touage par la vapeur.....	143
Récapitulation des défectuosités qui ont empêché d'utiliser le toueur <i>la Dauphine</i>	146
Tentatives infructueuses faites en 1826 et 1827, par MM. Baudouin, Ségnin et Cie, pour appliquer le touage par la vapeur sur la Saône et le Rhône.....	149
Description d'un toueur à vapeur propre à naviguer sur la Basse-Seine.....	154
CHAPITRE VII.	
<i>Précis topographique et statistique des principaux fleuves d'Europe où peut être appliquée le touage par la vapeur</i>	160
<i>Rhône.</i>	
Direction générale de son cours	<i>ib.</i>
Rapidité de ses courans, particulièrement de Valence à Avignon.....	162
Nature et quantité des marchandises qui descendent annuellement ce fleuve.....	163
Montant des frais à sa descente	164
Frais de navigation en montant et en descendant	165

	Page.
Navigation ascendante, ses difficultés, etc.....	165
Difficultés de la navigation de l'Isère	167
Composition d'un équipage employé à la remonte sur le Rhône.....	<i>Ib.</i>
Quantité approximative des marchandises remontées annuellement sur le Rhône, etc.....	168
Application du touage par la vapeur sur le Rhône.....	170
Montant des dépenses d'un service de touage par la vapeur, propre à remonter annuellement 96,480 tonneaux d'Arles, Beaucaire et Avignon à Lyon.....	172
 <i>Basse-Seine.</i>	
Etendue de son cours de Paris à la mer.....	<i>Ib.</i>
Danger de sa navigation de la mer à Caudebec.....	173
Nature des difficultés qui entravent la navigation de Rouen à Paris.....	174
Quantité de marchandises qui arrivent annuellement au Havre et à Rouen	<i>Ib.</i>
Quantité de marchandises qui remontent annuellement la Seine jusqu'à Paris.....	175
Bateaux et bâtimens naviguant sur la Basse-Seine.....	<i>Ib.</i>
Frais des transports au moyen d'allèges et de bateaux ordinaires.....	177
Tableau des prix moyens des transports en remontant.....	179
Application du touage par la vapeur sur la Basse-Seine	180
Tableau indiquant la vitesse moyenne que peut prendre un toueur à vapeur de 24 chevaux, à diverses hauteurs d'eau, en touant une charge de 900 tonneaux, de Rouen à Paris.....	183
Différence des frais de transport d'un service au moyen de toueurs et de remorqueurs à vapeur, sur les moyens ordinaires.....	185
Prix d'un service de remorque et de touage, propre à transporter annuellement 160,000 tonneaux du Havre et de Rouen à Paris.....	186
 <i>Rhin.</i>	
Direction générale et étendue de son cours.....	<i>Ib.</i>
Pente de ce fleuve du lac de Constance à la mer et vitesse de ses courans.....	187
Des rochers et bancs qui entravent le plus sa navigation	188
Navigation descendante, point où elle commence.....	189
Navigation ascendante, point où elle s'arrête.....	190
Aperçu des avantages d'un service de touage par la vapeur d'Emmerick à Mayence.....	191
 <i>Danube.</i>	
Direction générale de son cours.....	192
Tableau synoptique indiquant les hauteurs de divers points au-dessus de la mer.....	197
Rapidité de ses courans	198
Navigation descendante	200
Navigation ascendante	202
Points où le touage par la vapeur y pourrait être établi.....	<i>Ib.</i>

CHAPITRE VIII.

	Pages.
<i>Du touage par la percussion du courant ou des bateaux dits aqua-moteurs.</i>	203
Principes du mouvement des aqua-moteurs.	<i>Ib.</i>
Détails d'expériences faites sur la Seine et le Rhône, pour y appliquer ce mode de navigation.	204
Exposé de la théorie des bateaux dits aqua-moteurs.	208

CHAPITRE IX.

<i>Détails de divers frais de transport par eau, et prix courant du roulage de Paris à plusieurs villes de France et de l'étranger.</i>	212
Tableaux indiquant les frais de transport, sur la <i>Seine</i> .	<i>Ib.</i>
Tableau indiquant les frais de transport, sur le <i>Rhône</i> .	221
<i>Idem</i> sur la Loire, la Saône, la Garonne, le canal du Languedoc, de Briare et de Loing.	225
Tableau indiquant les prix moyens du roulage de Paris à diverses villes.	226

CHAPITRE X.

<i>Expression géométrique des lois du mouvement des bateaux à vapeur.</i>	277
1 ^{re} loi.	<i>Ib.</i>
2 ^e loi.	228
3 ^e loi.	229
4 ^e loi.	<i>Ib.</i>
5 ^e loi.	230
6 ^e loi.	231
7 ^e loi.	232
8 ^e loi.	<i>Ib.</i>
9 ^e loi.	233

EXPLICATION DES PLANCHES.

Description d'un bateau à vapeur anglais.	235
— d'une machine à vapeur pour bateau.	237
— d'une nouvelle disposition de machine à vapeur pour bateau, par MM. Aitken et Steel.	392
— de la machine avec cylindres inclinés de Brunel.	241
— d'une nouvelle disposition de chaudière à vapeur pour bateau, de M. Tourasse.	242
— d'un toueur à manège du maréchal de Saxe.	243
— d'un toueur à vapeur de M. Tourasse.	244
— d'un aqua-moteur de MM. Courteaut et Tourasse.	246
— de courbes exprimant la loi du mouvement des bateaux à vapeur et leur consommation de combustible.	248

NOTES.

Note A. Etat des bateaux remontés sur la Saône, pendant un mois, avec un toueur mis par six chevaux.	235
Note B. Etat des équipages employés à la remonte sur le Rhône de 1820 à 1821.	236

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

ERRATA.

AVANT-PROPOS.

AYANT donné nos soins pendant près de dix ans à plusieurs entreprises de navigation dont le but principal était de remplacer les chevaux de halage, pour le transport des marchandises, nous avons été témoin forcé, pour ainsi dire, de presque toutes les tentatives infructueuses qui ont été faites depuis quelques années pour appliquer sur les principaux fleuves et rivières de France divers systèmes de bateaux à vapeur avec roues à aubes, destinés également au transport des marchandises.

Persuadé que plusieurs de ces tentatives n'eussent pas eu lieu, qu'on eût évité par conséquent des pertes de fonds assez considérables (1), s'il eût existé des ouvrages faisant connaître suffisamment les effets des bateaux à vapeur naviguant contre des courans, et qui eussent indiqué les nombreuses difficultés inhérentes à ce genre de navigation, surtout lorsqu'il s'agit d'en faire usage sur des fleuves aussi peu profonds que ceux d'Europe, nous avons jugé utile de

(1) Depuis cinq ans il a été dépensé à Lyon et à Paris, par plusieurs entreprises de navigation par bateaux à vapeur, au-delà de 3 millions qui représentent à peine, en ce moment, 300,000 francs.

publier cet essai, et de faire connaître les causes diverses qui rendent onéreux en France l'emploi du système actuel de bateaux à vapeur sur les cours d'eau où le halage est praticable, et toutes les fois que le commerce ne réclame pas une vitesse beaucoup plus grande que le pas ordinaire des chevaux de halage.

Une autre cause rendait également cette publication nécessaire, c'est que le besoin d'améliorer notre navigation intérieure, et l'impropriété des bateaux à vapeur à roues à aubes, pour le transport des marchandises, contre des courans, devant amener immédiatement l'usage d'un nouveau système, *le touage par la vapeur*, il était indispensable de faire connaître à ceux qui auront à diriger la nouvelle application de ce mode de navigation les principes qui devront les guider et dont ils ne devront point s'écartez, s'ils veulent en tirer le meilleur parti possible dans toutes les circonstances.

Les expériences de touage, que nous avons faites pendant plusieurs années, étant, nous croyons, les seules qui aient procuré, jusqu'à présent, des données suffisantes pour pouvoir baser la théorie du touage par la vapeur, et en faire ressortir tous les avantages, nous avons été amené à décrire ces expériences, ainsi que les conséquences qu'on en pourrait tirer dans toute occasion.

L'application du touage à la navigation, d'après nos procédés, étant une chose neuve, nous avons cru devoir décrire nos expériences un peu longuement pour mettre à même de juger, en connaissance de cause, de notre théorie, ainsi que des motifs qui nous ont conduit ou obligé à faire choix de tel agent mécanique et de telle

manœuvre, de préférence à d'autres, et pour mieux faire ressortir aussi les avantages et les difficultés de ce nouveau moyen de naviguer.

Des motifs importans pour nous, nous engageaient en outre à faire connaître, autant qu'il était en notre pouvoir, tout le mérite du touage par la vapeur: d'un côté, c'était d'éviter qu'on ne portât un jugement défavorable sur ce mode de navigation, dans le cas très probable où la fausse route qu'ont suivie MM. Seguin, Montgolfier et compagnie, les mettrait dans l'impossibilité de donner suite à leurs tentatives de touage par la vapeur, sur le Rhône; et dans le cas plus probable encore où les nombreuses imperfections du toueur *la Dauphine*, construit à Paris en 1825, forceraient d'abandonner le projet d'appliquer ce procédé sur la Seine de Rouen à Paris: d'un autre côté, comme on aurait pu supposer que nous avons participé à la confection de ce toueur, et que c'est d'après nos procédés qu'il a été construit, ainsi que cela aurait dû avoir lieu *d'après l'acte de société de la Compagnie des remorqueurs de la Seine*, nous avons dû protester contre cette supposition, et montrer au contraire que M. *Edouard de Rigny*, gérant de cette compagnie, non-seulement n'a pas craint d'en méconnaître les statuts fondamentaux, et de faire construire un toueur sur des procédés vicieux et déjà condamnés par l'expérience, mais qu'il n'a eu même aucun égard aux nombreuses objections que nous lui avons fait faire, et qu'il paraît encore être dans une ignorance absolue des descriptions et des dessins joints aux brevets qui lui ont été cédés pour le compte de sa société.

Cet ouvrage, dont on pourra apprécier, au surplus, une partie de l'utilité par l'exposé de ce que nous y traitons, contient un précis

des difficultés et de l'état actuel de la navigation par la vapeur en France, en Angleterre, et dans les Pays-Bas ; l'exposé des effets utiles des chevaux de halage appliqués sur divers canaux et rivières ; la description détaillée d'expériences de touage faites sur le Rhône, la Saône et la Seine ; la théorie du touage par la vapeur ; la comparaison de ses effets avec le halage ; l'aperçu des avantages du touage par la vapeur, pour la remonte des marchandises sur la Seine de Rouen à Paris, sur le Rhône d'Arles à Lyon, même sur le Rhin et le Danube ; le précis topographique et statistique de ces fleuves ; la comparaison des transports par eau avec les transports par terre, soit sur les routes ordinaires, soit sur les chemins de fer ; des réflexions sur la grande pesanteur et l'énorme consommation de combustible des machines à vapeur appliquées à la navigation ; enfin la théorie de *l'Aqua-moteur* ainsi que le résultat des nombreuses tentatives qui ont été faites pour utiliser ce procédé sur le Rhône.

Quoique persuadé de l'utilité de cet essai pour ceux qui auront à s'occuper de la navigation par la vapeur, nous eussions hésité à le faire imprimer si M. MELLET, ancien élève de l'école Polytechnique, n'avait voulu se charger de la partie mathématique, et de revoir le reste de l'ouvrage.

TOURASSE.

ESSAI

SUR

LES BATEAUX A VAPEUR.

CHAPITRE PREMIER.

Précis des difficultés et de l'état actuel de la navigation par la vapeur en France,
en Angleterre et autres parties d'Europe.

L'historique de la navigation par la vapeur ayant été fait plusieurs fois et récemment encore par M. Ch. Dupin, dans son cours de Géométrie, nous croyons superflu de le donner de nouveau; nous ferons remarquer seulement qu'il en a été de cette invention comme de beaucoup d'autres; après avoir pris naissance en Europe (1), elle a été se répandre d'abord en Amérique, où le besoin s'en faisait le plus sentir, et d'où elle nous est revenue il y a une quinzaine d'années, comme une nouveauté.

L'application de la vapeur comme force motrice à la navigation mari-

(1) Il paraît que Denis Papin, protestant français, réfugié en Angleterre, et ensuite accueilli chez le landgrave de Hesse, est le premier inventeur des bateaux à vapeur, ainsi que de la machine atmosphérique qu'il a proposé de leur appliquer. Son système consiste à employer des roues à aubes placées de chaque côté du bateau, et à les mettre en mouvement par plusieurs cylindres à vapeur dont les pistons portent des crémaillères engrenant alternativement avec des roues dentées placées sur l'axe. Il propose dans le même écrit l'application de la force de la vapeur aux épuisemens des mines, au mouvement des machines et au jet des bombes. (Voy. *Acta eruditorum*, ann. 1690; p. 420.)

time, qui semblait annoncer au monde des destinées nouvelles, se trouve arrêtée dans son développement par des obstacles d'une nature tellement grave, qu'il sera peut-être de long-temps difficile de l'étendre aussi loin qu'on l'avait pensé. Bornée encore aujourd'hui à des localités assez resserrées, et au service unique des passagers, la navigation par la vapeur ne peut lutter avec les navires à voiles pour le transport des marchandises, à quelque distance que ce soit, ni même pour le transport des voyageurs à des distances un peu considérables. Cette infériorité est inhérente à son système de force motrice qui est dispendieux et encombrant, tandis que celui des bâtimens à voiles est à-peu-près gratuit et n'absorbe que peu de force utile. Ce n'est donc que dans quelques cas que ce mode de navigation peut suppléer la navigation à la voile; et dans les autres cas, s'il ne peut y suppléer entièrement, il peut néanmoins devenir un auxiliaire utile, qu'il s'agira de savoir employer à-propos.

Le mode de navigation par la vapeur, introduit en Europe depuis une quinzaine d'années, a éprouvé, dans son application, divers obstacles qui ont fait échouer la plupart des tentatives qu'on a faites pour l'y propager, ou du moins ont extrêmement réduit les grands avantages que s'en promettaient leurs auteurs, surtout en France. Après des dépenses considérables pour appliquer d'une manière fructueuse ce genre de navigation *au transport des marchandises dans l'intérieur des terres*, il n'est pas encore de bateaux à vapeur, faisant ce service et remontant un peu au-delà de l'embouchure des fleuves, qui rapportent un bénéfice assuré à ceux qui les ont établis, quoique ceux, par exemple, qu'on persiste à appliquer en France sur la Seine prennent des prix de transport très élevés: aussi aucun bateau à vapeur avec roues à aubes n'a-t-il pu entrer jusqu'à présent en concurrence avec le halage, sous le rapport de l'économie, tant qu'il n'a pas été nécessaire toutefois de marcher beaucoup plus vite que ne le font les chevaux de halage.

Les seuls bateaux à vapeur qui jusqu'à présent paraissent rendre des services réels et donner quelques profits à leurs propriétaires, sont ceux qui sont généralement employés au transport des passagers et plus rarement à celui des marchandises, sur les points où le halage est impraticable; comme en France du Havre à Rouen, de Saint-Nazaire et de Paimbœuf à

Nantes et Angers, et sur la Gironde, de son embouchure à Bordeaux; en Angleterre, ce sont principalement les bateaux qui servent de paquebots et au transport des passagers d'un port à l'autre; dans les Pays-Bas, ceux qui desservent Anvers et Rotterdam, qui font la traversée du Moerdijk ou qui transportent les voyageurs sur la Meuse et le Rhin, de Gorcum à Bois-le-Duc, et de Rotterdam à Nimègue.

Dans tout autre cas, c'est-à-dire pour le transport exclusif des marchandises, il est très rare qu'ils puissent entrer en concurrence avec la navigation ordinaire, et ils deviennent presque partout des causes de ruine pour ceux qui s'obstinent à les appliquer à cet usage, surtout lorsqu'il s'agit de naviguer contre des courants.

En examinant attentivement les circonstances qui ont accompagné l'introduction des bateaux à vapeur en Europe, et les comparant avec l'ensemble de l'état physique et commercial des canaux, rivières et fleuves de cette partie du monde, on peut assurer que les désavantages de ce genre de navigation, dont nous ne donnons ici que le résumé et que nous examinerons plus en détail, proviennent principalement des causes suivantes :

Du peu de profondeur de nos principaux fleuves, à quelque distance de leur embouchure; de ce que nos lignes navigables possèdent presque partout des chemins de halage ou marche-pieds, qui rendent le halage facile et peu dispendieux; de l'extrême pesanteur des machines à vapeur adaptées jusqu'à présent à la navigation; de la cherté du combustible et plus encore du mauvais emploi de la puissance motrice; enfin, de ce que les besoins du commerce sont rarement assez grands pour nécessiter de payer des prix de transports aussi élevés que ceux qu'ont été obligés de prendre jusqu'à présent les bateaux à vapeur avec roues à aubes. Aussi toutes ces circonstances, jointes aux autres inconvénients que nous allons énumérer, diminuent-elles considérablement en Europe les avantages relatifs de la navigation par la vapeur, surtout au moyen de bateaux à vapeur ordinaires.

Les bateaux à vapeur, étant toujours chargés de leurs machines et de leur provision de combustible, n'ont, à volume égal, qu'une capacité ou qu'un tonnage moindre que les bateaux ordinaires; conséquemment ils ne peuvent voiturer qu'une charge beaucoup moindre, ce qui réduit énor-

mément les bénéfices du fret, et même occasionne souvent des pertes considérables. Si, pour remédier à cet inconvénient, on augmente la largeur ou la profondeur de ces bateaux, on tombe inévitablement dans le défaut d'accroître outre mesure les résistances et d'augmenter le tirant d'eau des navires, et leur saillie en largeur, au point de les rendre incapables de naviguer sur nos fleuves, et même de passer sous certains ponts lors des fortes eaux.

Il est presque généralement reconnu aujourd'hui, et nous démontrerons d'ailleurs que le procédé de pousser les bateaux par des roues à aubes, *surtout quand il s'agit de remonter des courans*, exige plus que trois fois la force du tirage direct, et cela dans le cas le plus favorable, c'est-à-dire lorsque le bateau ne prend que la moitié de la vitesse du courant, et que le mécanisme est convenablement disposé pour obtenir cette vitesse; mais à mesure que la force du courant vient à changer, le mécanisme ni la puissance motrice ne se trouvent plus appropriés aux nouvelles vitesses; il résulte des pertes d'effets bien plus considérables, qui vont jusqu'à quatre, cinq et six fois la valeur de l'effet utile, selon la rapidité des courans à surmonter; de sorte qu'indépendamment des inconvénients déjà énumérés, il faudrait que la force produite par les machines à vapeur fût au moins six fois moins chère que celle des chevaux pour qu'on eût de l'avantage à l'employer dans cette circonstance. Or, si l'on considère la cherté du combustible dans tous les lieux voisins de nos fleuves et rivières, même sur les points où il est le plus commun, et la grande consommation qu'en fait le système de machines adoptées pour la navigation, il y a très peu de localités où l'on puisse approcher de cette proportion.

Indépendamment de ces inconvénients, il est également reconnu, pour les bateaux à vapeur, avec roues à aubes entièrement en saillie à l'arrière, qu'ils marchent moins bien que ceux avec roues sur les côtés; de plus qu'ils gouvernent mal et ne peuvent servir au plus petit trajet de mer.

Tels sont les désavantages et les principales difficultés que présente, presque partout en Europe, l'emploi des bateaux à vapeur *à aubes*, pour le transport des marchandises dans l'intérieur des terres.

Malgré ces nombreuses difficultés, il est, nous n'en doutons pas, très possible d'appliquer la vapeur, pour le transport des marchandises sur plu-

sieurs de nos principaux fleuves de manière à en faire une branche d'opération lucrative, ainsi que de procurer au commerce des avantages réels sur le mode actuel de navigation par la vapeur et même sur le halage.

Il n'est pas nécessaire pour cela de créer de nouveaux moteurs ni de nouveaux moyens mécaniques, comme quelques personnes se le sont imaginé; mais il suffit d'adopter des machines motrices déjà connues et éprouvées; il faut surtout appliquer la puissance à des mécanismes d'un effet certain. Car il convient de se bien pénétrer qu'il importe d'utiliser le mieux possible toute la force motrice (qui chez nous est très chère en raison du haut prix du combustible), par l'emploi de machines simples, faciles à manœuvrer, et donnant les résultats qu'on en attend dans toutes les circonstances; et il s'agit en effet d'entrer en concurrence avec le halage, moyen économique éprouvé depuis long-temps, que sur certains points même, la rivalité forcera de se perfectionner, ainsi que cela vient d'être tenté sur la basse Seine depuis environ un an.

Nous ne connaissons qu'un seul procédé de navigation qui permette de rivaliser avantageusement avec le halage, c'est *le touage par la vapeur*: ce système de navigation consiste à appliquer la puissance motrice à mouvoir des treuils à gorges (ou poulies) qui enroulent sans interruption une chaîne ou câble attachée à un point fixe. Ce mode de navigation, qui a été éprouvé en 1732 par le maréchal de Saxe, mais avec des chevaux, était alors vicieux et compliqué: ce n'est qu'en 1818 qu'on est parvenu à le perfectionner et à le pouvoir utiliser; avant que de le faire connaître en détail, et pour en mieux faire sentir tout le mérite relatif, nous allons passer en revue les différens genres de bateaux à vapeur qui existent en Europe.

La France possède en ce moment soixante-onze bateaux à vapeur, savoir: treize remorqueurs, trente-trois paquebots servant au transport des passagers, vingt-un bateaux de charge exclusivement destinés au transport des marchandises, enfin quatre toueurs pour la remonte des bateaux de charge contre des courans.

Peu de localités réclamaient autant l'usage des bateaux à vapeur que l'embouchure de la Seine du Havre à Rouen: aussi, le plus grand nombre de ceux qu'on a fait naviguer entre ces deux points ont-ils procuré

quelques légers bénéfices et amélioré de beaucoup les moyens de communication entre ces deux ports, et surtout diminué considérablement les chances de naufrage.

Le Triton, appliqué un des premiers dans ces parages, a servi d'abord de paquebot entre le Havre et Honfleur; depuis quelque temps, on l'emploie presque exclusivement pour remorquer les bâtimens du commerce du Havre à la rade et de la rade au port, lors des vents contraires.

Les bateaux *la Ville du Havre* et *le Duc d'Angoulême* servent au transport des marchandises du Havre à Rouen, et parcourant ce trajet communément en onze et douze heures, tandis que les allèges ou bâtimens à voiles qui font encore ce service mettent plusieurs jours et quelquefois plusieurs semaines. En raison de leur trop grand tirant d'eau, pour la localité, le service de ces deux bateaux est souvent interrompu, et ils ne donnent aucun bénéfice.

Trois bateaux, *la Duchesse de Berry*, *la Duchesse d'Angoulême* et *le Havrais*, sont employés comme paquebots entre le Havre et Honfleur, et le Havre et Rouen.

Le Commerce du Havre était destiné au transport des marchandises et des passagers en Angleterre; il n'a fait que quelques voyages.

L'Aaron Manby, *le Commerce de Paris*, *la Seine*, *le Charles X* et *l'Hirondelle*, dont les coques sont *en fer*, servent au transport des marchandises du Havre à Paris directement, tant que les eaux le permettent; lors des eaux basses, ils font le même service entre le Havre et Rouen. Par ce moyen, ils ont très peu de temps de chômage.

Le Remorqueur est exclusivement destiné à la remorque des bâtimens chargés du Havre à Caudefec, et destinés pour Paris; ce qui évite un transbordement à Rouen.

La ville de Rouen, *le Génie du Commerce*, *la Ville de Paris*, ainsi que les bateaux dits *articulés*, *l'Etna*, *l'Atalante*, *l'Aigle* et *la Foudre* (1)

(1) Les deux bateaux *l'Aigle* et *la Foudre* ont leurs roues à aubes placées dans des rentrées, disposées à cet effet sur les deux côtés de l'arrière du bâtiment. Par ce moyen on est parvenu à les gouverner aussi bien que tous autres bateaux, ce qu'on n'a jamais pu obtenir de ceux avec roues en saillie à l'arrière. Cette disposition permet en outre de mieux consolider le mécanisme et évite l'affaissement du bâtiment vers l'arrière.

étaient destinés au transport des marchandises de Rouen à Paris; les trois premiers ont navigué pendant environ trois ans, et les autres pendant beaucoup moins de temps. En raison de la cherté du combustible et de l'énorme consommation qu'ils en faisaient, ainsi que de leur trop grand tirant d'eau, qui ne leur permettait de naviguer que pendant six à sept mois de l'année, les frais de transport de Rouen à Paris par ces bateaux revenaient à leurs propriétaires, pour les trois premiers, à 41 francs le tonneau, tandis que le fret ne leur était souvent payé que 25 à 30 francs. Aussi, d'après cela, peut-on regarder comme certain qu'ils ne seront jamais employés à faire ce service, surtout depuis les améliorations apportées récemment à la navigation du Havre à Rouen, et de Rouen à Paris, par la compagnie Bertin et plusieurs mariniers réunis. Nous ferons connaître la nature de ces améliorations, dans le chapitre où il sera fait mention des *effets utiles* des diverses sortes de bateaux à vapeur employés au transport des marchandises.

Le Dauphin et *le Commerce d'Elbœuf* servent au transport des passagers de Rouen à Elbœuf. Le premier porte une machine à haute pression sans condenseur, très imparfaite; il était destiné à naviguer sur la haute Seine, mais son trop grand tirant d'eau a empêché de l'y appliquer.

Le Parisien et *la Parisienne* naviguaient en été de Paris à Saint-Cloud, et servaient au transport de passagers: ils sont maintenant sur la Loire.

A Paris il existe le toueur à vapeur *la Dauphine*, qui était destiné à remonter à-la-fois plusieurs bateaux chargés de Passy à Bercy. Le mécanisme de ce toueur (éprouvé pour la première fois en août 1826) ayant totalement manqué son but, ainsi que nous le verrons dans un des chapitres suivants, on ne pourra l'utiliser qu'autant qu'on remédiera d'abord au défaut de puissance de la machine motrice (1), et qu'on y adaptera des moyens mécaniques qui permettront d'augmenter et de diminuer *convenablement* et à volonté la vitesse de sa marche, condition indispensable.

Trois bateaux à vapeur, *l'Yonne*, *la Seine* et *la Ville de Sens*, font le

(1) Cette machine, qui est à rotation immédiate et dite de trente chevaux, a été construite par M. Pecqueur, horloger à Paris.

service de la haute Seine, et ne transportent que des passagers. Les deux premiers se rendent communément à Montereau en seize heures, et descendent en huit heures; *la Ville de Sens*, destinée à faire le même service, n'a encore fait que quelques voyages; ce bateau porte une machine à haute pression sans condenseur, qui est, dit-on, de la puissance de douze chevaux, mais qui paraît manquer de solidité; ce bateau est tellement léger, que même avec son mécanisme, il ne tire que 0^m 35 d'eau.

Ces bateaux ne franchissent le pont de Melun qu'à l'aide de chevaux. Sur la basse Seine, tous les bateaux à vapeur qui remontent à Paris sont également obligés de se faire aider par des chevaux pour franchir quelques passages de ponts et surmonter plusieurs courans.

Le bateau à vapeur *le Courier* navigue sur la Rance de Dinant à Saint-Malo; *l'Hirondelle*, qui est sur la Charente, correspond avec Saintes et Tonнay-Charente; six bateaux, dont un remorqueur, naviguent sur la Loire de Nantes à Saint-Nazaire, Paimbœuf et Angers, et d'Angers à Chinon. On en compte onze à Bordeaux, dont quatre naviguent sur la Gironde, de Royan et de Pouillac à Bordeaux, et sept sur la Garonne qui desservent Langon et La Reole; deux de ceux-ci remontent jusqu'à Marmande.

Le Rhône même a possédé deux bateaux à vapeur: *le Voltigeur*, mu par une machine de trente chevaux à moyenne pression, a, dit-on, remonté plusieurs fois de Vienne à Lyon en sept heures; *le Remorqueur*, destiné à touer les bateaux chargés, viendrait aussi de faire une quinzaine de voyages de Givors à Lyon, en remontant jusqu'à trois bateaux chargés à-la-fois, *en deux jours* ou en dix-sept à dix-huit heures de marche effective. Ces deux bateaux appartiennent à une compagnie qui se proposait de touer les bateaux chargés sur le Rhône au moyen de bateaux à vapeur agissant sur un cordage arrêté à un point fixe; ils étaient destinés à naviguer de concert: *le Voltigeur* devait transporter les cordages sur lesquels le toueur (improprement nommé *Remorqueur*) se serait remonté. Quoique *le Voltigeur*, comme nous l'avons dit, soit mu par une puissance de trente chevaux, au lieu de huit chevaux, ainsi qu'on l'avait d'abord proposé, il ne lui a pas été possible de faire ce service (1), et après plu-

(1) Voyez la brochure intitulée *Société en commandite par actions de MM. Séguin, Montgolfier,*

sieurs voyages on a été obligé de faire transporter les cordages en avant du toueur, au moyen de deux petits bateaux halés chacun par deux chevaux.

Cette manière d'opérer nécessitant des manœuvres lentes et difficiles, et obligeant d'avoir quatre chevaux et vingt-deux hommes d'équipage, cela rend en définitif ce moyen de remonte plus lent et plus dispendieux que le halage ordinaire : tandis que si l'on se fût servi dans cette circonstance d'une chaîne d'une longueur égale à la distance à parcourir, il eût été possible, comme nous le démontrerons plus tard, de remonter, avec une puissance de trente chevaux et huit à dix hommes d'équipage, cinq bateaux chargés, et de parcourir la distance de Givors à Lyon en dix heures de marche.

Deux autres toueurs à vapeur, de trente chevaux, *l'Océan* et *la Méditerranée*, vont incessamment naviguer sur le Rhône. Ces deux bateaux, qui ont été construits en 1826, devaient être utilisés sur la Saône; ils opéraient la remonte de la manière suivante : l'un d'eux, après s'être convenablement fixé dans le chenal, au moyen de longues gaffes et parfois d'une ancre, attirait à lui les bateaux chargés, en enroulant sur un treuil mu par sa machine à vapeur un fort cordage fixé par une de ses extrémités au premier bateau chargé. Pendant qu'il effectuait cette manœuvre, l'autre toueur développait un cordage d'une force égale à celle du toueur précédent, qui était aussi arrêté par une de ses extrémités au premier bateau, et il se portait en avant du premier toueur, au moyen de ses roues à aubes. Arrivé à l'extrémité de sa corde, il se fixait à son tour dans le chenal, faisait ensuite mouvoir son treuil et opérait la remonte pour son compte.

Ces toueurs n'ayant pas pu développer leur cordage assez promptement en remontant (quoiqu'en se faisant aider par des chevaux, là où le courant était un peu sensible, pour qu'il n'y eût pas de temps perdu), on a été forcé d'abandonner cette manœuvre. Instruit par cet échec, on se propose de les utiliser sur le Rhône de Givors à Lyon, en les faisant

Dayme et Comp. ; pour remplacer le chevaux de halage employés à la remonte du Rhône, etc. In-8°, à feuilles et un quart. Paris, 1825.

remonter sur une chaîne de longueur égale à la distance qui sépare ces deux villes.

La Saône porte neuf bateaux à vapeur, dont sept, avec roues à aubes à l'arrière, servent au transport des marchandises, et deux au transport des passagers; d'après le peu d'eau qu'a ordinairement cette rivière en été, les premiers ne naviguent annuellement que pendant cinq à six mois et les autres pendant six ou sept mois.

La Marine militaire de France ne possède que neuf bateaux à vapeur, même en y compréhendant trois qui ne sont pas encore terminés. L'utilité de ces bateaux consiste à faciliter l'entrée et la sortie des ports aux bâtimens de l'état.

Les trois derniers se distingueront des précédens par plusieurs améliorations notables dans les machines et dans les appareils à vapeur, qui rendent ces derniers d'une très grande solidité, comparativement aux chaudières rectangulaires dont on a fait usage jusqu'à présent, et ils permettront de disposer, au besoin, d'une puissance plus ou moins grande, ainsi que de dilater la vapeur dans les cylindres en diverses proportions, ce qui procurera naturellement une économie sur le combustible.

On construit en ce moment à Nantes un remorqueur, *la Ville de Nantes*, qui doit naviguer entre Nantes et Orléans. Sa machine sera de dix chevaux, et son tirant d'eau ne doit être que de 0 m. 45^m. On se propose de lui faire remorquer une gabarre chargée de trente tonneaux en soixante-douze heures de marche de Nantes à Orléans; ce que probablement la machine ne pourra faire, en raison de la rapidité de la Loire dans les eaux moyennes.

À Rouen, on est près de terminer un remorqueur de la force de cent chevaux, qui fera le service conjointement avec celui qui remorque déjà les bateaux dits *Chalans* du Havre à Caudebec. Un autre de quatre-vingts chevaux, destiné à faire un service semblable, va y être établi incessamment; il sera mu par deux machines de quarante chevaux, qu'on doit retirer de *l'Atalante* et de *l'Aigle*.

À Lyon, on est en train de construire, pour la traversée de cette ville, quatre pontons, sur chacun desquels sera placée une machine à vapeur de sept à huit chevaux, faisant mouvoir des treuils.

Ces pontons seront placés à des distances diverses. Au moyen de cordages (ou de chaînes) de longueur égale à l'espace qui les séparera les

uns des autres, ils opéreront sur toute la distance qu'il faut parcourir. On se propose de ne leur faire remonter qu'un bateau chargé à-la-fois.

Cette manière d'effectuer le touage, surtout dans une localité comme la traversée de Lyon, est vicieuse et offre plusieurs graves inconvénients, dont les principaux sont d'effectuer la remonte en quatre ou cinq fois plus de temps qu'il ne le faudrait avec un toueur mobile, traînant cinq ou six bateaux de charge à-la-fois, ce qui nuira d'autant plus à la descente des bateaux chargés, que si une de ces machines à vapeur vient à éprouver des accidens, le service sera interrompu; enfin, qu'en traînant les cordages dans le chenal, ils se détérioreront *promptement*, et seront susceptibles de s'engager dans les rochers qui obstruent la Saône dans plusieurs points de la traversée de Lyon.

D'après plusieurs journaux, on va construire incessamment quatre nouveaux bateaux de poste sur la Saône; en raison du peu d'eau qu'a communément cette rivière et du peu de largeur de son chenal lors des basses eaux, il nous paraît indispensable que ces bateaux soient sur le système que nous avons exposé au Louvre en 1823, c'est-à-dire avec leurs roues à aubes en totalité ou en partie, rentrées sur les côtés vers le milieu de la longueur (1). Ces bateaux conviendraient mieux que tous autres pour naviguer sur la Saône, non parce que leurs roues à aubes agiraient dans le remou, ce qu'au contraire il faudrait éviter en donnant aux bateaux une forme convenable en avant de leurs roues à aubes, mais parce qu'à saillie égale en largeur, de tels bateaux auraient plus de capacité et par conséquent, *tireraient moins d'eau à charge égale*, que ceux avec roues à aubes en saillie sur les côtés, et marcheraient aussi bien. Un bateau sur ce système, de 28 mètres de long, dont la moitié aurait 6 mètres 25 cent. de large, et l'autre moitié 4 mètres 50 cent., quoique mu par une machine ordinaire de Watt de dix-huit chevaux, pourrait né tirer, avec tout son mécanisme, que 55 centimètres, et avec les passagers et leurs bagages, environ 65 centimètres, au lieu de 80 centimètres que tirent les bateaux *la Lyonnaise* et *la Châlonnaise* qui naviguent actuellement sur cette rivière.

(1) M. Tourasse a un brevet d'invention pour ce genre de bateaux, depuis 1824.

TABLEAU synoptique des Bateaux à vapeur français existant en 1827.

ANNÉE de CONSTRUCTION.	NOMS des BÂTIMENS.	TON- NAGE.	FORCE des MACHINES	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils naviguent ordinairement.	OBSERVATIONS.
Année.	Tonneaux.	Chevaux.			
	<i>Le Triton.</i>		50	Rade du Havre.	Remorqueur.
	<i>Le Havrais.</i>		30	Embouchure de la Seine.	Transporte des passagers du Havre à Honfleur.
	<i>La Duchesse d'Angoulême.</i>		28	<i>Idem.</i>	Transportent des passagers du Havre à Rouen.
	<i>La Duchesse de Berry.</i>		16	<i>Idem.</i>	Exclusivement employés au transport des marchandises du Havre à Rouen, mettent 11 à 12 heures de marche pour aller, et 12 heures pour revenir; consomment 91 hectolitres de charbon par voyage; portent 150 tonneaux. Fonds arrondis; 36 m. de longueur, 7 m. 5 de largeur, 1 m. 80 de tirant d'eau.
1823	<i>La Ville du Havre et le duc d'Angoulême.</i>	326	50	<i>Idem.</i>	Remorqueur exclusivement employé à remonter du Havre à Rouen des bateaux dits <i>Châtais</i> destinés pour Paris, portant 150 à 200 tonneaux de marchandises.
1824	<i>Le Remorqueur.</i>		80	<i>Idem.</i>	
	<i>Le Commerce du Havre.</i>		80		
1822	<i>L'Aaron Manby.</i>	140	28	Basse-Seine.	Coque en fer, de 29 m. 50 de longueur, 5 m. 20 de largeur, 1 m. 45 de tirant d'eau chargé, employé au transport des marchandises du Havre à Paris, et lors des eaux basses du Havre à Rouen porte 80 tonneaux en sus de sa machine. Fond plat.
1823	<i>Le Commerce de Paris.</i>	160	50	<i>Idem.</i>	Coque en fer, de 35 m. 55 de longueur sur 5 m. 65 de largeur; tirant d'eau chargé de 115 tonneaux, 1 m. 65; fait le même service que <i>L'Aaron Manby</i> ; va, terme moyen, en 11 heures du Havre à Rouen; revient en 12 heures, consomme 110 hectolitres de houille par voyage, met 52 heures de marche, terme moyen, pour remonter 100 à 120 tonneaux du Havre à Paris et 30 heures pour descendre; consomme dans ce voyage 365 hectolitres de charbon de terre. Fond plat.
	<i>La Seine.</i>				Coques en fer, mêmes dimensions et même forme que le <i>Commerce de Paris</i> , même service. La coque du bateau <i>la Seine</i> , dont on a retiré la machine, tire à vide, e. m. 35.
	<i>Le Charles X.</i>				
	<i>L'Hirondelle.</i>				

Suite des Bateaux français.

ANNÉE de leur CONSTRUCTION.	NOMS des BATIMENS.	TON- NAGE.	FORCE des MACHINES	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils naviguent ordinairement.	OBSERVATIONS.
Année.		Tonneaux.	Chevaux.		
1824	<i>Le Comm. d'Elbeuf.</i>	150	24	Basse-Seine.	Transporte des passagers de Rouen à Elbeuf. Fond plat.
1824	<i>Le Dauphin.</i>	200	incertaine	<i>Idem.</i>	Transporte des passagers de Rouen à Elbeuf. Machines à haute pression sans condenseur. Fond plat. Longueur 35 m. 7, largeur 5 m. 85.
1820	<i>Le Génie du Comm.</i>			<i>Idem.</i>	Ont leurs roues à aubes entièrement à l'arrière ; étaient employés au transport des marchandises de Rouen à Paris ; ne marchent plus depuis 1825, ne pouvant pas couvrir leurs frais, quoique prenant des prix de transport élevés. Lors des bonnes eaux, ils remontaient de 80 à 90 tonneaux ; en quarante-quatre heures de marche, temps moyen. Longueur 32 m. 5, 34 m. et 39 millim., largeur 5 m. 55, et 5 m. 95, tirant d'eau 1 m. 60.
1821	<i>La Ville de Rouen.</i>	200	30	<i>Idem.</i>	
1821	<i>La Ville de Paris.</i>			<i>Idem.</i>	
1824	<i>L'Etna.</i>	110		<i>Idem.</i>	<i>L'Etna</i> et <i>l'Atalante</i> ont leurs roues à aubes entièrement à l'arrière ; les deux autres les ont rentrées sur les côtés à l'arrière ; ne marchent plus depuis 1825, en ce qu'ils ne peuvent soutenir la concurrence avec le halage accéléré ; faisaient les transports de Rouen à Paris ; ne pouvaient pas eux-mêmes de marchandises ; ils poussaient un bateau chargé de 140 tonneaux qu'on fixait à leur proue. Fond plat.
1825	<i>L'Atalante.</i>			<i>Idem.</i>	
1826	<i>L'Aigle.</i>			<i>Idem.</i>	
1826	<i>La Foudre.</i>	120	40	<i>Idem.</i>	
1824	<i>Le Parisien.</i>	65	12	Seine.	Transportent des passagers de Paris à Saint-Cloud, mettent deux heures pour aller et deux heures en remontant. Fond arrondi. Longueur 25 m. 5, largeur 14 m. 50, tirant d'eau 0 m. 75.
	<i>La Parisienne.</i>				Tonneur destiné à remonter les bateaux chargés de Passy à Percy. A une machine à rotation dite de 30 chevaux, n'a pas encore pu être utilisée depuis dix-huit mois qu'il est construit, à cause des déféctuosités de son mécanisme, et de sa machine motrice. Mu par ses roues à aubes, il a marché avec une vitesse de 0 m. 15, contre un courant de 1 m. 25 par seconde. Fond plat.
1826	<i>La Dauphine.</i>	60	incertaine	<i>Idem.</i>	Longueur 21 m. 1, largeur 4 m. 86, tirant d'eau 1 m.

Suite des Bateaux français.

ANNÉE de leur CONSTRUCTION.	NOMS des BÂTIMENS.	TON- NAGE.	FORCE des MACHINES	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils naviguent ordinairement.	OBSERVATIONS.
Année.		Tonneaux.	Chevaux.		
1825	<i>La Seine.</i> <i>L'Yonne.</i>	80	16	Haute-Seine.	Transportent des passagers de Paris à Montrœu, mettent quinze à seize heures pour monter et sept à huit pour descendre : tirant 0 m. 62, d'eau avec leurs machines seulement, et chargés 0 m. 75 : longueur 27 m. 60, largeur 4 m. 55 ; brûlent chaque 28 à 30 hectolitres de houille par voyage. Fond plat.
1826	<i>La Ville de Sens.</i>	50	12	<i>Idem.</i>	Destiné au transport des passagers sur la Haute-Seine ; n'a pas encore fait un service continu, la machine ayant éprouvé quelques avaries : a fait environ douze voyages, tant à Melun qu'à Montrœu ; se rendait en onze heures à la première ville, et en cinq heures de celle-ci à la seconde. Longueur 19 m. 5, largeur 4 m. ; tirant d'eau avec sa machine, 0 m. 55 ; chargé, environ 0 m. 45 ; machine à haute pression sans condenseur, marche à 5 atmosphères ; cylindre, 0 m. 50 de diamètre, course 0 m. 80 ; consomme 25 hectolitres en vingt-quatre heures. Fond plat.
	<i>L'Hirondelle.</i>	75	12	Charente.	Transporte des passagers de Rochefort à Saintes. Longueur 25 m., largeur 4 m. 9, tirant d'eau 1 m. Fond arrondi.
	<i>Le Courier.</i>	60	10	Rance.	Transporte des passagers de St-Malo à Dinan. Longueur 24 m. 30, largeur 4 m. 55, tirant d'eau chargé 1 m. Fond arrondi.
	<i>Le Louis Guibert.</i>	70	12	Embouchure de la Loire.	Transporte des passagers de Nantes à Saint-Nazaire ; longueur 24 m. 5, largeur 4 m. 87, tirant d'eau chargé 0 m. 65. Fond plat.
	<i>Le Français.</i>	65	12	<i>Idem.</i>	Transporte des passagers de Nantes à Paimbeuf. Longueur 24 m., largeur 4 m. 50, tirant d'eau chargé, 1 m. Fond plat.
	<i>Le Renorqueur.</i>	124	40	<i>Idem.</i>	Remorqueur de Saint-Nazaire à Nantes, longueur 28 m. largeur 6 m., tirant d'eau, 1 m. 90. Fond arrondi.
	<i>Le Maine.</i> <i>La Loire.</i>	65	10	Loire.	Transporte des passagers de Nantes à Angers, longueur 25 m. 5, largeur 4 m. 55, tirant d'eau chargé, 0 m. 90. Fond arrondi.

Suite des Bateaux français.

ANNÉE de leur CONSTRUCTION.	NOMS des BÂTIMENS.	TON- NAGE.	FORCE des MACHINES	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils naviguent ordinairement.	OBSERVATIONS.
Année.		Tonneaux.	Chevaux.		
	<i>Le Nantais.</i>	55	12	Loire.	Transporte des passagers d'Angers à Chinon; longueur 24 m., largeur 4 m., tirant d'eau chargé 1 m. Fond plat.
1827	<i>La Ville de Nantes.</i>	60	10	<i>Idem.</i>	En chantier à Nantes, destiné à remorquer une gabare chargée de 30 tonneaux de marchandises, de Nantes à Orléans, en soixante-douze heures de marche, longueur 27 m. 86, largeur 4 m. 5, doit tirer 0 m. 45. Fond plat.
	<i>La Marie - Thérèse.</i>	220	32	Gironde.	Transporte des passagers de Bordeaux à Pouillac, met terme moyen trois heures et demie pour aller, et quatre heures pour revenir; longueur 37 m., largeur 8 m., tirant d'eau, 2 m. 15. Fond plat, brûle 125 bûches de sapin par heure.
	<i>L'Ingénieur.</i> <i>Le Télégraphe.</i>	70	12	<i>Idem.</i>	Transportent des passagers de Bordeaux à Pouillac, mettent terme moyen trois heures et demie pour aller, et quatre heures pour revenir; longueur 24 m. 50, largeur 4 m., tirant d'eau chargé, 1 m. 15. Fond plat, brûlent 52 bûches de sapin par heure.
	<i>L'Estafette.</i>		16	Garonne.	Transporte des passagers de Bordeaux à Longon et La-reole; met terme moyen quatre heures pour aller, et trois heures et demie pour revenir; longueur 27 m. 5, largeur 5 m. 25, tirant d'eau chargé, 1 m. 15. Fond plat, brûle 75 bûches de sapin par heure.
	<i>La Confiance.</i> <i>Le Sully.</i>	86	20	<i>Idem.</i>	Transportent des passagers de Bordeaux à Longon et La-reole; mettent terme moyen 4 heures pour aller, et trois heures et demie pour revenir; longueur 29 m., largeur du premier 5 m. 5, du second 5 m. 8, tirant d'eau chargé, 1 m. 20. Fond plat, brûlent 75 bûches de sapin par heure.
	<i>Le Lot- et - Garonne.</i> <i>Le Realais.</i>	86	20	<i>Idem.</i>	Transportent des passagers de Bordeaux à Longon, La-reole et Marmande; mettent terme moyen huit heures et demie pour aller, et cinq heures et demie pour revenir; longueur 29 m., largeur 5 m. 8, tirant d'eau chargé, 0 m. 20. Fond plat, brûlent 75 bûches de sapin par heure.

Suite des Bateaux français.

ANNÉE de CONSTRUCTION.	NOMS des BATEAUX.	TON- NAGE.	FORCE des MACHINES	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils naviguent ordinairement.	OBSERVATIONS.
Année.		Tonneaux.	Chevaux.		
Janvier 1828	<i>Le Marmandais.</i>			Garonne.	Transporte des passagers de Bordeaux à Marmande.
	<i>Le Bordelais.</i>	190	40	Gironde.	Transporte des passagers de Bordeaux à Royan; met terme moyen 7 heures et demi pour aller, et autant pour revenir; longueur 40 m., largeur 8 m. 26, tirant d'eau chargé, 2 m. 3. Fond plat, brûle 75 bûches de sapin par heure.
	<i>Le Français.</i>	86	24	Garonne.	Transporte des passagers de Bordeaux à Longon et La-roche, met terme moyen 4 heures pour aller, et 3 heures et demi pour revenir; longueur 29 m., largeur 5 m. 80, tirant d'eau 1 m. 25. Fond plat, brûle 65 bûches de sapin par heure.
1826	<i>Le Lyonnais.</i> <i>Le Châlonnais.</i>		18	Saône.	Foule le transport des passagers de Lyon à Châlons; longueur 27 m. 60, largeur 5 m. 28, tirant d'eau à vide 0 m. 72, mettent terme moyen 15 heures pour monter, et 9 heures pour descendre; consomme 165 kil. de houille par heure.
1823	<i>La Ville de Châlons.</i>		30	<i>Idem.</i>	Employé pour le transport des marchandises de Lyon à Châlons; longueur 25 m. 32, largeur 6 m. 26, tirant d'eau à vide 0 m. 72; consomme 180 kil. de houille par heure.
1824	<i>La Ville de Lyon.</i>		30	<i>Idem.</i>	Employé au même service que <i>la Ville de Châlons</i> , a les mêmes dimensions, tire à vide 0 m. 67; machine à dilatation et à haute pression sans condenseur; marche ordinairement sous une pression de 12 atmosphères dans les chaudières; consomme 100 kil. de houille par heure, la vapeur introduite dans le cylindre pendant le tiers de la course.
	<i>Le Mercure.</i> <i>Le Triton.</i> <i>Le Dauphin.</i> <i>Le Neptune.</i>		30	<i>Idem.</i>	Employé au transport des marchandises de Lyon à Châlons; longueur 32 m. 80, largeur 7 m. 46, tirant d'eau à vide 0 m. 54, et chargés 0 m. 86; vont à Châlons en 1/2 heures; et descendent en 11 heures; machine à haute pression sans condenseur; marchent ordinairement sous une pression de 5 à 6 atmosphères dans la chaudière; consomment 150 kil. de houille par heure.

Suite des Bateaux français.

ANNÉE de CONSTRUCTION.	NOMS des BATEAUX.	TON- NAGE.	FORCE des MACHINES	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils naviguent ordinairement.	OBSERVATIONS.
Année.		Tonneaux.	Chevaux.		
1827	"		40	Saône.	En construction ; destiné au transport des marchandises de Lyon à Châlons ; longueur 29 m. 25, largeur 6 m. 40, tirant d'eau à vide, 0 m. 55 ; deux machines de 20 chevaux à haute pression, A été détruit par une explosion le 4 mars 1827, pendant qu'on l'expérimentait ; longueur 45 m., largeur 9 m. 75, avait 4 roues à aubes, 2 entièrement à l'arrière et 2 sur les côtés vers les deux tiers de l'avant ; était destiné à la remorque des bateaux chargés sur le Rhône, avait deux machines à dilatation avec chacune trois cylindres, alimentés par quatre chaudières cylindriques en tôle de 6 m. 50 de longueur, sur 1 m. 25 de diamètre, avec foyer intérieur et de très petite capacité pour la vapeur.
1826	"		110	Rhône.	Toueurs destinés pour la remonte des bateaux chargés sur la Saône ; ont été incessamment employés au même usage sur le Rhône de Givors à Lyon. Longueur 26 m. 30, largeur 5 m. 28, tirant d'eau 0 m. 65. Deux machines chacune de 15 chevaux à haute pression sans condenseur, marchant ordinairement sous une pression de sept atmosphères dans les chaudières ; consommation de houille par heure 110 kil. ; roues à aubes rentrées sur chaque côté de l'arrière. Toueur destiné à la remonte des bateaux chargés sur le Rhône ; longueur 31 m. 40, largeur 4 m. 21, tirant d'eau 0 m. 75 ; machine à haute pression, à dilatation et condensation, avec trois cylindres horizontaux ; marche ordinairement sous une pression de 3 atmosphères dans les chaudières ; consommation de houille par heure 90 kil.
1825	<i>L'Océan.</i> <i>La Méditerranée.</i>		30	Saône et Rhône.	Bateau à vapeur ordinaire destiné au transport des cargages du toueur ci-dessus, actuellement employé au transport des passagers sur la Saône ; longueur 26 m. largeur 4 m. 55, tirant d'eau 0 m. 67 ; machine semblable à celle du bateau <i>le Remorqueur</i> ; consomme 150 kilogrammes de houille par heure.
1827	<i>Le Remorqueur.</i>		30	Rhône.	
1827	<i>Le Voltigeur.</i>		30	Rhône et Saône.	

Suite des Bateaux français.

ANNÉE de CONSTRUCTION.	NOMS des BÂTIMENS.	TON- NAGE.	FORCE des MACHINES	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils naviguent ordinairement.	OBSERVATIONS.
Année.		Tonneaux.	Chevaux.		
1818.	<i>Le Henri IV.</i>	100	30	Canal de la Manche.	Paquebot de Calais à Douvres ; longueur 23 m. 3, largeur 4 m. 7; tirant d'eau.
	<i>Le Duc de Bordeaux</i>	"	50	<i>Idem.</i>	Paquebot de Calais à Douvres ; machine du système de Watt, construite par Aitken et Steel.
1823	<i>La Caroline.</i>	200	50	Cayenne.	Remorqueur, appartient au gouvernement ainsi que les 8 autres bateaux qui suivent. Longueur 36 m., largeur 7 m., tirant d'eau 1 m., 75, non chargé.
1823	<i>Le Coureur.</i>	200	80	Rochefort.	Remorqueur : longueur 36 m., largeur 7 m., tirant d'eau 2 m. 80, chargé d'environ 90 tonneaux en sus des machines.
	<i>Le Rapide.</i>	200	80	<i>Idem.</i>	Remorqueur : longueur 36 m., largeur 7 m.
	<i>L'Africain.</i>	180	32	Sénégal.	Longueur 33 m. 5, largeur 7 m. 15, tirant d'eau 1 m. 95.
	<i>Le Voyageur.</i>	180	32	Rochefort.	Longueur 33 m., largeur 7 m. 15.
1826	<i>Le Serpent.</i>	180	40	Sénégal.	Longueur 33 m., largeur 7 m. 15.
	<i>Le Nageur.</i>	500	160	<i>Idem.</i>	Remorqueur : longueur 45 m., largeur 9 m. Fond arrondi : en construction, sera prêt à naviguer au mois d'avril 1828 ; aura 2 machines de 80 chevaux chacune.
1827	<i>Le Souffleur.</i>	500	160	<i>Idem.</i>	Remorqueur : longueur 45 m., largeur 9 m. Fond arrondi ; sera terminé en 1828, aura 2 machines de 80 chevaux.
	<i>Le Pélican.</i>	500	160	<i>Idem.</i>	Remorqueur : longueur 45 m., largeur 9 m. Fond arrondi ; aura 4 machines de 40 chevaux, et 4 roues à aubes ; sera terminé en 1828.

En 1826, on comptait en Angleterre deux cents bâtimens à vapeur; vers 1823, on en évaluait le nombre à cent cinquante, répartis en partie de la manière suivante : en Ecosse, vingt-neuf parcourent la Clyde, dix le Forth, quatre le Tay et un seul naviguait sur le lac Ness. Vingt-six servaient de paquebots sur la Tamise, et se rendaient aux ports de Margate,

de Ramsgate, de Southend et de Gravesend, et à ceux de Scarbourg et de Leith, de Calais et Rotterdam, transportaient annuellement dans divers lieux plus de cent mille passagers. Dix-sept autres étaient employés en Angleterre à la navigation de la Mersey, et quinze à celle de la Tyne; deux faisaient le trajet entre Bristol et Bath; quatre, chargés de porter la malle, traversaient la mer d'Irlande entre Holyhead et Dublin, deux autres la franchissaient entre Waterford et Milford; quatre sortaient du port de Belfast en Irlande; enfin, dix autres naviguaient sur divers canaux.

Le plus grand nombre actuel des bâtimens à vapeur anglais servent de paquebots ou de remorqueurs; très peu cependant sont exclusivement affectés à ce dernier service; d'autres sont employés comme bacs, pour passer la Mersey, le Tay, le Forth, la Saverne, le Humber, et quelques bras de mer. Nous ne connaissons pas encore de toueurs à vapeur en Angleterre, quoique lors de notre voyage (en 1825) un mécanicien de la capitale nous dit s'occuper de confectionner une machine à vapeur, pour touer les bateaux sur le canal du Régent, au passage du souterrein. Nous ne connaissons non plus en Angleterre aucun bâtimen à vapeur employé exclusivement au transport des marchandises.

Malgré la rapidité avec laquelle la navigation par la vapeur s'était perfectionnée en Angleterre, elle est restée cependant assez long-temps bornée à ses lacs et fleuves; et ce n'est que dans l'année 1818 qu'on y a tenté pour la première fois de l'employer sur la mer. Cette tentative a été faite entre Grenoette et Belfast, trajet d'environ cent vingt milles, avec *le Rob. Roy*, navire du port de 90 tonneaux, mu par une machine à vapeur de la force de trente chevaux. *Le Robert-Bruce*, *le Talbot*, *le Waterloo*, *l'Eclipse*, *le Superbe*, *l'Ivanhoe*, *le Belfast*, *le Majestueux*, *le Cambrin* et autres, peu de temps après, partis des bords de la Clyde, se sont aventurés en mer, et sont allés gagner les ports éloignés de Grennock, Belfast et Liverpool. Aujourd'hui on rencontre des bateaux à vapeur anglais dans presque tous les principaux ports d'Europe. Par leur moyen il a été établi un service régulier entre Londres, Hambourg et Saint-Pétersbourg et plusieurs autres ports de la Baltique; de nombreux bateaux à vapeur de cette nation correspondent régulièrement avec la France et les Pays-Bas. Ceux qui naviguent entre Londres et Calais parcourent ordinairement cette

distance, qui est d'environ cent dix milles anglais (1), en douze heures; et celle de Londres à Ostende, qui est d'environ cent quarante-cinq milles, en dix-sept à dix-huit heures. Dans l'Adriatique, *la Caroline* va tous les deux jours de Venise à Trieste; *l'Éridan* se rend ordinairement en trente-sept heures de cette ville à Pavie; *le Royal-Georges* effectue son passage de Portsmouth à la Corogne, trajet de quatre à cinq cents milles, en soixante ou soixante-quatre heures; et *le Royal-Ferdinand* va de Naples à Livourne en trente-six heures, et de cette ville à Marseille dans le même temps. Enfin, le voyage de *l'Entreprise* aux Grandes-Indes ne laisse plus de doute sur la possibilité de pouvoir faire usage de bateaux à vapeur en pleine mer; mais il en démontre aussi une des grandes difficultés, qui est l'énorme consommation de combustible. Comme le récit de ce voyage a été fait avec assez d'exactitude, pour en pouvoir tirer des conséquences importantes, nous allons en donner une connaissance textuelle, en élargissant toutefois ce qui s'écarterait de notre sujet.

« Le navire à vapeur *l'Entreprise* a été construit dans les chantiers de Londres, en 1825, avec tous les soins qu'exigeait l'emploi qu'on voulait en faire. Il est du port de 500 tonneaux; sa longueur est de 150 pieds (environ 45 mètres). Il a deux machines à vapeur, de la force de soixante chevaux chacune, construites par M. Maudslay. Il porte trois mâts; on l'avait gréé en lougre, mais à la mer on ne fut pas satisfait de cette voilure, et le capitaine la remplaça par des voiles carrées. L'arrière fut disposé pour le logement des passagers, et tous les détails de la construction furent déterminés et surveillés avec habileté et zèle par M. W.-H. Johnstone, lieutenant de la marine royale, et l'habile ingénieur qui le secondait.

« *L'Entreprise* sortit de Deptford le 2 août 1825, et descendit la Tamise jusqu'à Gravesend, où son équipage fut complété suivant l'usage. Le capitaine Johnstone prit trois autres officiers, dont deux appartenaient comme lui à la marine royale. Outre l'équipage ordinaire du

(1) De 1609 m. 344, le seul sur lequel on devra se baser, pour connaître les distances, dont nous aurons lieu de parler, quand nous désignerons une distance en milles.

« vaisseau, il y avait pour le service des machines à vapeur trois mécaniciens et six chauffeurs; en tout vingt-quatre passagers.

« De Gravesend, le navire fut conduit à Falmouth, où il devait effectuer son chargement de charbon. Pendant ce trajet, il subit l'épreuve des plus violentes tempêtes; et l'équipage apprit comment il devait manœuvrer dans ces momens difficiles. On jeta l'ancre, et après quelques heures d'attente, le vent permit enfin de se diriger à l'ouest. A peine avait-on remis en mer, qu'on vit un brick entraîné par le courant, et qui dérivait d'une manière dangereuse. Le capitaine sentit la nécessité de faire usage de ses machines avec la plus grande diligence, afin de ne pas suivre le brick, que la dérive écartait de plus en plus de sa route.

« *L'Entreprise* venait de passer à la vue de Dungeness, le 6 août, lorsqu'à dix heures du soir, les cris *au feu!* se firent entendre, et jetèrent la consternation dans tout l'équipage et parmi les passagers. Le capitaine donna ses ordres avec un sang-froid admirable; ils furent exécutés avec le même calme, et le feu fut éteint avant qu'il eût pu causer aucun dommage. Il provenait de quelques charbons que l'on avait laissés sur la chaudière, et qui s'y étaient allumés. Un autre accident, arrivé à l'une des machines, causa aussi quelque retard.

« Le 11 août cependant, on jeta l'ancre dans le port de Falmouth. Le navire y fut chargé de 220 chaldrons de charbon de terre (1). La provision d'eau étant complète, ainsi que tout le chargement du navire, on quitta Falmouth le 16 août, et l'on dirigea sur le cap Ortégal. On fut d'abord assez favorisé par le vent: une brise légère du nord-ouest soufflait au départ. Le lendemain elle fraîchit, en passant au nord-est. Le 19, on était au sud de la Corogne.

« Le vent sauta brusquement au sud, et la mer devint houleuse; les lames venaient de l'ouest. On était, le 26, près de l'île de Lancerote. A minuit le vent sauta au nord-ouest, et avec son secours et celui des machines, on dépassa la Grande-Canarie. Le 27, on perdit de vue les Canaries, et la mousson du nord-est se fit sentir pour la première fois:

(1) Le chaldrin pèse environ 2,800 livres *avoir du poids*.

« ordinairement on la rencontre à Madère, et même auparavant. Elle « était faible et ne pouvait faire marcher le navire que lentement. Néan- « moins, *comme les machines travaillaient sans interruption depuis onze* « *jours*, la nécessité d'économiser le combustible contraint le capitaine « à ne faire usage que de ses voiles, et le feu cessa. Le jeu des machines « s'était fait avec la plus grande facilité et sans incommoder les passagers; le « seul bruit qu'on entendit était le sifflement de la vapeur, lorsqu'elle soule- « vait la soupape de sûreté. Et, ce qui n'est pas moins remarquable, ces foyers « qui consommaient chaque jour *plus de 18 milliers de charbon de* « *terre* ne répandaient dans l'intérieur du navire aucune chaleur sensible.

« Jusqu'au 1^{er} septembre, le vent fut toujours aussi faible, et, dans « le cours de cette journée, il tomba tout-à-coup : le capitaine ne l'avait pas « prévu ; il fallut recourir à la vapeur. Ce moteur procura au navire une « marche assez rapide. Le 4 septembre, le calme cessa ; mais, comme le « vent était extrêmement variable, on continua l'emploi de la vapeur. Le 6, « une brise de l'ouest s'étant élevée, on arrêta les feux, et toutes les voiles « furent déployées. Le beau temps continua jusqu'au sud de Sierra-Léone. « *Le 8, le vent devint contraire et violent : il fallut que les machines triom- phassent de cet obstacle et des lames qui venaient se briser contre la proue :* « *cependant le navire faisait à-peu-près 4 milles et demi par heure* (1). « Le 11, on put cesser le feu : une jolie brise de l'ouest donnait une vitesse « de 7 milles par heure (2). Depuis ce jour jusqu'au 17, où l'on fit une « courte station à l'île portugaise de San-Thomé, les machines ne furent « employées que pendant un calme de peu de durée. Le capitaine espérait « ne pas brûler de charbon dans cette région des vents alisés ; il fut pén- «iblement désappointé. Si les circonstances n'avaient pas été aussi défavo- « rables, il aurait pu gagner le Cap de Bonne-Espérance sans relâcher « nulle part, et mettre à profit les vents de sud-ouest, qui soufflent ordi- « nairement avec force, vers les parties méridionales de l'Afrique.

« Le 20 septembre, on quitta San-Thomé, en continuant sa route au

(1) Dans le n° 16 de la *Revue britannique*, on a mis *lieues* au lieu de *milles*, ce qui est une erreur évidente.

(2) Même observation.

« sud : *l'Entreprise* fit une navigation laborieuse. Le vent souffla continuellement du sud-sud-ouest ; la lame était forte, et un courant dirigé au nord-est occasionait un retard d'environ 36 milles par jour. Les actions combinées de ces trois causes furent estimées à 2 milles par heure, en sens contraire de la route. L'observation fit voir que, toute déduction faite, la marche du navire était au moins de 125 milles par jour. Il faut remarquer que les vaisseaux évitent les parages où se trouvait alors *l'Entreprise*, à cause des calmes qui y règnent ordinairement.

« Au départ de San-Thomé (le 20 septembre), le capitaine calculait sur quatorze jours de navigation par la vapeur : sa provision de charbon se trouvait alors fort avancée. Il lui fallait plus de temps pour arriver au Cap, contrarié comme il l'était par les vents et les courants. D'ailleurs, il devait réserver de la vapeur pour une multitude de circonstances où l'action des machines serait indispensable. Il fit donc économiser le charbon avec le plus grand soin.

« A 21 degrés de latitude sud, quelques parties du mécanisme ayant besoin d'être nettoyées, on cessa de chauffer. Le calme régnait alors : un vent du sud-sud-ouest s'étant élevé, on en profita pour passer le tropique. Un vent d'est lui succéda ; il se maintint jusqu'à ce que le navire fut hors de la région des vents alisés. Il fallut recourir aux machines pour aller chercher le vent d'ouest qui règne ordinairement dans ces mers à cette époque : on l'atteignit, après une navigation de trente-six heures, et, quoiqu'il fût assez faible, on cessa d'employer la vapeur. Une brise du nord remplaça le vent d'ouest ; on ne faisait que 4 milles par heure : mais le capitaine, qui s'attendait à des calmes aux environs du Cap, réservait soigneusement son charbon pour ces parages où l'emploi de la vapeur serait indispensable. Dans le fait, le feu ne fut entretenu que pendant trois jours, après lesquels une brise du nord-ouest servit si bien pendant vingt heures, que la marche du navire était de 9 milles à l'heure quoiqu'il ne portât pas toutes ses voiles. C'était le 9 octobre ; le 10, tout était changé : on avait le vent de bout, et cet état dura jusqu'à la baie de Saldagne, où *l'Entreprise* arriva le 12. Le vent tomba ; il fallut pousser le feu. A minuit, on jeta l'ancre près de la montagne de la Table, afin d'attendre le jour et de ne

« pas tromper la curiosité des habitans du Cap. *L'Entreprise* entra dans la rade le 13 octobre, à neuf heures du matin.

« M. Johnstone était persuadé qu'il ne lui fallait plus que trente-deux jours de navigation pour arriver dans la capitale du Bengale. Les vents l'ayant contrarié plus qu'il ne s'y attendait, et la crainte de manquer de combustible ne lui ayant pas permis de chauffer aussi fort qu'il l'eût fallu pour que le mécanisme produisît tout son effet, il estimait qu'il aurait gagné vingt jours, s'il eût trouvé sur sa route un dépôt de charbon de terre pour renouveler sa provision.

« La relâche de *l'Entreprise* au Cap fut de huit jours, dont deux furent perdus pour le travail, à cause des coups de vent. Un jour entier fut consacré aux curieux; plus de quatre mille personnes vinrent à bord. Cinq jours furent employés au renouvellement de la provision de charbon. En par-
tant, on en avait embarqué de 395 à 400 tonneaux, et cette charge excessive ralentit considérablement la marche du navire. De plus, comme ce chargement avait dû être réparti sur toute le longueur du bâtiment, lorsque le combustible le plus rapproché de la chaudière fut consommé, le transport du reste du charbon devint de jour en jour plus long et plus pénible. Il faut se rappeler qu'il s'agissait de fournir de la vapeur à deux machines de soixante chevaux chacune, et que la consommation de charbon, en usant d'économie, était de 196 quintaux en vingt-quatre heures. Les roues à aubes qui servaient de rames avaient 15 pieds de diamètre, et faisaient 25 tours par minute. En quittant le Cap, le navire était un peu moins chargé qu'à son départ de Falmouth; cependant il tirait encore 14 pieds 7 pouces d'eau.

« Le 21 octobre, on appareilla. Le vent était bon, mais il dura peu: dès qu'on eut quitté la baie de la Table, il passa au sud-est, en soufflant par rafales. Un peu plus loin, hors de la baie d'Algoa, l'action du courant se fit sentir, en sorte que les roues des machines ayant à lutter à-la-fois contre les courants et contre les vents, on avançait peu. On rencontra sur le banc des Aiguilles trois vaisseaux qui attendaient le vent d'ouest, avec toutes leurs voiles dehors: ils félicitèrent en passant *l'Entreprise* qui n'avait pas besoin de cet agent capricieux. Le capitaine, convaincu par expérience de la nécessité de ménager le combustible, se détermina à suivre

« la direction qui lui permettait de faire le meilleur usage de ses voiles, « au lieu de prendre la route la plus courte, comme il eût pu le faire avec « ses machines; et comme il savait qu'à son entrée dans le golfe de Bengale, « il serait contrarié par le mousson du nord-est, il fit un détour pour l'évi- « ter. Le 7 décembre, quarante-sept jours après son départ du Cap, il « était à l'embouchure du Gange; le lendemain, il entra dans le port du « Diamant, et le sur-lendemain, dans la métropole des Indes Britanniques.

« En rassemblant les observations diverses faites pendant cette traver- « sée, on voit d'abord qu'elle fut entreprise à l'époque de l'année où les « vents étaient les plus contraires; et, en second lieu, qu'il faudrait au « moins deux dépôts de charbon, en sus de celui du Cap; enfin, que la « maturé de *l'Entreprise* n'était pas la plus convenable pour cette navi- « gation; et qu'il reste encore à faire quelques épreuves pour donner aux « navires à vapeur toutes les qualités qu'ils doivent réunir. A l'aide de ces « perfectionnemens qu'il sera facile d'obtenir, on ne mettra pas plus de « 75 à 80 jours pour cette navigation de 11,200 milles (environ 4,000 « lieues de 2,000 toises), et en faisant de 140 à 150 milles par jour. Au- « jourd'hui, avec les bâtimens ordinaires, cette traversée exige terme « moyen cinq mois. On renouvelerait trois fois la provision de charbon. « Les difficultés de cette entreprise n'ont rien qui soit au-dessus de ce que « l'industrie peut exécuter aujourd'hui; *mais les bénéfices qui y seraient « attachés sont encore inconnus*; après l'avoir considérée comme une « application des connaissances navales et mécaniques, il faudrait l'envi- « sager comme spéculation mercantile.

« Voici l'indication de la route et des distances, pour la navigation par « la vapeur; elle n'est pas tout-à-fait conforme à celle que *l'Entreprise* a « suivie; mais nous avons vu plus haut que ce n'était point celle qu'il « fallait préférer. »

Du cap Lézard à Ténérife	1,408 milles
Au cap Vert, côte d'Afrique	807
En longeant la côte	374
Au cap de Bonne-Espérance	3,240
Au cap des Aiguilles	20
Au cap Récif	288
A l'île Maurice (Île-de-France)	1,625
Au canal d'Adoumatis	1,806
A Ceylan	610
A Calcutta	964
TOTAL	11,142

D'après d'autres détails sur la navigation de l'*Entreprise*, avant d'arriver au cap de Bonne-Espérance, ce navire a fait 4 milles et demi à l'heure dans sa plus forte lutte contre les vents contraires; et le 9 octobre, il a franchi en vingt-quatre heures l'espace de 190 milles anglais à la voile, et le 3 septembre, la distance de 169 milles par la vapeur, dans le même espace de temps.

La Hollande possède une assez grande quantité de bateaux à vapeur: plusieurs naviguent sur le Rhin de Rotterdam à Cologne et de Rotterdam à Anvers; d'autres servent au passage du Moerdyk; on a eu plusieurs fois le projet d'en placer un à Anvers, pour le passage de l'Escout à la tête de Flandre. Les principaux sont: l'*Atlas*, le *Zelandais*, le *Guillaume I^e*, le *Frédéric-Guillaume*, le *Rhin*, la *Julie*, le *Louis*, la *Concorde*, et le *Niederlander*; le premier se distingue par ses grandes dimensions. On a tenté de faire usage d'Anvers à Cologne, pour le transport des marchandises, de bateaux à vapeur avec roues à l'arrière; mais ce projet a été abandonné après plusieurs essais très coûteux.

A compter du mois de mars 1828, les bateaux à vapeur le *William de Cerste* et le *Beursran d'Amsterdam*, construits pour porter soixante-dix voyageurs et soixante-dix tests (140 tonneaux) de marchandises, commenceront à naviguer entre Amsterdam et Hambourg d'où ils partiront tous les dimanches.

Une communication régulière par bateaux à vapeur doit aussi être

établie entre Lubeck et Saint-Pétersbourg, le trajet doit se faire en cinq jours.

Il existe également des bateaux à vapeur en Suisse; on en compte quatre sur le lac de Genève, qui se rendent plusieurs fois par jour de Genève à Lausanne, et parcourent ordinairement cette distance en cinq heures; un bateau navigue sur le lac de Neufchâtel, et va par la Thielle et le lac de Brienne jusqu'à Nideau, quand les eaux sont assez élevées: on en voit aussi deux sur le lac de Constance et un sur le lac Majeur.

En Italie il en existe, outre celui du lac Majeur, un sur le lac de Côme et deux paquebots faisant le service de Venise à Trieste et d'Ancône à Corfou. Sur les côtes de la Méditerranée, ainsi que nous l'avons déjà dit, le *Royal Ferdinand* va de Naples à Livourne, à Gênes et Marseille.

Plusieurs tentatives ont été faites pour appliquer des bateaux à vapeur sur le Danube; nous n'avons pas connaissance qu'il y en ait aucun en activité. D'après la rapidité de ce fleuve et l'importance des villes qu'il traverse, nous pensons qu'on y pourrait appliquer avec avantage, sur plusieurs points, des toueurs à vapeur.

Liste des principaux Bâtiments à vapeur anglais et hollandais, construits depuis 1813 jusqu'en 1827.

Comet: construit en 1812, ainsi que le suivant; port 25 tonneaux; longueur 13^m 3; largeur 3^m 5; puissance 4 chevaux; de Glascow à Helensburgh-Baths.

Elisabeth: port 40 tonneaux; longueur, 17^m 9; largeur, 3^m 7; puissance, 9 chevaux; sur la Clyde, ensuite sur la Mersey.

Clyde: construit en 1813, et les 5 suivants; port 69 tonneaux; longueur 23^m 2; largeur 4^m 3; puissance 14 chevaux.

Margery: port 70 tonneaux; longueur 21^m; largeur 4^m 4; tirant d'eau 1^m 2; roues à aubes 2^m 66 de diamètre; aubes 1^m 17 sur 0^m 50; course du piston 0^m 56; s'élevant 45 fois par minute; sur la Clyde; de Leith à Londres; sur la Seine; puissance 14 chevaux.

Glascow: port 74 tonneaux, longueur 22^m; largeur 4^m 6; sur la Clyde sur la Tamise en 1815; puissance 16 chevaux.

Duke of Argyle ou *Thames*: longueur 24^m; largeur 6^m85; roues à aubes 2^m7 de diamètre; 8 aubes de 1^m20 sur 0^m50; course du piston 0^m56; s'élevant 45 fois par minute; de Glasgow à Granock et de Londres à Margate; puissance 14 chevaux.

Orwell: 2 machines horizontales de 6 chevaux; port 60 tonneaux; d'Ipswich à Harwich.

Prince of Orange: port 40 tonneaux; 2 machines de 4 chevaux; de Glasgow à Courock.

Phœnix: construit en 1814, ainsi que les 2 qui suivent: port 25 tonneaux; machine à haute pression de 4 chevaux; la chaudière a crevé en 1816; elle avait 2^m44 de longueur et 1^m27 de diamètre; de Norwich à Yarmouth.

Eagle: port 40 tonneaux; bateau double; puissance 6 chevaux; sur la Seine en 1815.

Richemont: port 60 tonneaux; longueur 20^m14; largeur 3^m48; puissance 10 chevaux; le bateau a coûté 20,000 fr., la machine 25,000 fr.; de Londres à Richemont.

Caledonia: port 102 tonneaux; longueur 29^m; largeur 4^m6; tirant d'eau 1^m37; puissance, 2 machines de 14 chevaux construites par Watt; sur la Clyde en 1815; sur la Tamise en 1814; sur le Rhin en 1817; à Copenhague en 1818; puissance en dernier lieu, 2 machines de 14 chevaux; vitesse dans l'eau morte 8 milles $\frac{1}{2}$, construit en 1815, ainsi que les 4 suivants.

Argyle: port 88 tonneaux; longueur 24^m; largeur 4^m7; puissance 32 chevaux; de Glasgow à Inverary; 2 machines construites par Watt.

Oscar: port 70 tonneaux; longueur 23^m2; largeur 4^m25; puissance 12 chevaux; de Glasgow à Greenock.

Hope: port 45 tonneaux; 2 machines de 3 chevaux; de New-Castle à Sheerness; quille 16^m24; largeur 3^m24.

Thomas: port 72 tonneaux; longueur 23^m4 de quille; largeur 4^m45; tirant d'eau vide 1^m22 et avec passagers 1^m37; a été du port de Glasgow à Londres en 1815; durée du trajet de Dublin à Londres (758 milles) en 121 heures $\frac{1}{2}$, brûle 62¹/₃ par heure; puissance 14 chevaux.

Régent: port 112 tonneaux; 2 machines de 12 chevaux d'après le

système de M. Brunel ; de Londres à Margate; a *brûlé* en 1817; construit en 1816 ainsi que les 5 suivants.

Majestic : port 90 tonneaux; longueur 27^m4; puissance 24 chevaux; de Londres à Margate et à South-End. Le bateau a coûté 50,000 francs, et la machine autant.

Neptune : port 88 tonneaux; longueur 23^m75; largeur 4^m7; 2 machines de chacune 20 chevaux; de Glasgow à Inverary.

Sir William Wallace : port 95 tonneaux; longueur 24^m4; largeur 4^m9; 2 machines de 16 chevaux; de New-Haven à King-Horn.

Albion : port 92 tonneaux; longueur 25^m; largeur 4^m7; puissance 22 chevaux; de Largs à Glasgow.

Ætna : port 75 tonneaux; bateau de passage double; puissance 20 chevaux; sur le Mersey, à Liverpool.

Tug : port 95 tonneaux; longueur 22^m25; largeur 5^m2; 2 machines de 16 chevaux; remorqueur de Leith à Stirling, construit en 1817, ainsi que les 4 suivants.

Défiance : port 51 tonneaux; longueur 17^m7; largeur 4^m25; puissance 14 chevaux; de Glasgow à Loch-Gilphead.

London : port 70 tonneaux; longueur 25^m92; largeur 3^m66; puissance 14 chevaux; de Londres à Richemont.

Sons of Commerce : port 80 tonneaux; longueur 25^m92; largeur 4^m45; puissance 20 chevaux; cylindre 0^m686 de diamètre; course 0^m762; de Londres.

Greenock : port 70 tonneaux; longueur 23^m2; largeur 4^m25; puissance 12 chevaux; de Glasgow à Hélensburg.

Rob-Roy, maintenant *Henri IV* : port 100 tonneaux; longueur 24^m3; largeur 4^m7; tirant d'eau 1^m7; roues à aubes 3^m2, faisant 28 à 30 tours par minute; 10 aubes de 1^m30 sur 0^m45; piston de 0^m76; course 0^m82; vitesse du bateau, 7 à 8 nœuds; puissance 30 chevaux; de Glasgow à Belfast, et de Calais à Douvres; construit en 1818 ainsi que les 4 suivants.

Marquis of Bute : port 59 tonneaux; longueur 19^m8; largeur 4^m25; puissance 14 chevaux; de Glasgow à Gourvok.

London Engineer : port 315 tonneaux; largeur 7^m30; tirant d'eau 1^m52;

2 machines de 35 à 44 chevaux, construites par Maudeslay; brûlent 334 k. de houille par heure; de Londres à Margate.

Favorite: port 160 tonneaux; longueur 28^m6; largeur 5^m5; tirant d'eau 1^m42; 2 machines de 20 à 24 chevaux, construites par Watt; de Londres à Margate; fait terme moyen 8 milles à l'heure.

Victory: port 160 tonneaux; longueur 30^m5; largeur totale 9^m15; roues à aubes faisant 30 tours par minute; aubes 1^m7 sur 0^m45; 2 machines construites par Watt, de 20 à 25 chevaux; de Londres à Margate.

Talbot: port 156 tonneaux; longueur 28^m; largeur 5^m44; 2 machines de 30 chevaux, construites par Napier; consomment 350 k. de houille par heure; de Holy-Head à Dublin, de Londres à Calais; met 9^h 24' pour aller de Holy-Head à Howth, et 8^h 2' de Howth à Holy-Head, construit en 1819, ainsi que les 4 qui suivent.

Waterloo: port 210 tonneaux; largeur 6^m7; 2 machines de 30 chevaux; rames à pelles tournantes; de Liverpool à Dublin; a été de Liverpool à Dublin en 14 et 15 heures (190 milles).

Robert Burns: tonnage 73; longueur 23^m2; largeur 4^m4; puissance 24 chevaux; de Glasgow à Helensburg.

Port Glasgow: port 70 tonneaux; longueur 23^m2; largeur 4^m1; puissance 16 chevaux; de Glasgow à Helensburg.

Eclipse: 190 tonneaux; longueur 35^m6; largeur 6^m4; tirant d'eau 1^m42; 2 machines de 30 chevaux, construites par Napier; de Londres à Margate; fait terme moyen 8 milles à l'heure.

Ivanhoe: tonnage 158; largeur 5^m62; tirant d'eau 2^m10; 2 machines de 30 chevaux, construites par Maudeslay; pouvant produire au besoin un effet de 76 chevaux; de Holy-Head à Dublin; met 11^h 57', terme moyen, pour aller de Holy-Head à Howth, et 6^h 53' de Howth.

Inverary Castle: tonnage 115; longueur 29^m; largeur 4^m9; 2 machines de 20 chevaux; de Glasgow à Inverary.

Britannia: tonnage 100; longueur 25^m6; largeur 4^m9; 2 machines de 20 chevaux, construites par Watt; de Glasgow à Campbeltown.

Diana: tonnage 60; longueur 26^m38; largeur 4^m25; tirant d'eau 0^m85; 2 machines de 10 chevaux, construites par Watt; de Londres à Richemont; fait terme moyen 8 milles à l'heure; consomme 114 k. de houille par heure.

En 1825 nous avons mis avec ce bateau, quoique favorisés par la marée jusqu'au pont de Kew, 2^h 30' pour aller du pont de Westminster à celui de Richemont, et 1^h 46' pour descendre; pendant ce dernier trajet le feu a été tenu aussi ardent que possible.

Earl of Egremont: tonnage 50; 2 machines de 12 chevaux; bateau remorqueur; canal de Chichester et Arundel.

Majestic: tonnage 350; 2 machines de 50 chevaux, construites par Napier; consomme 1000 k. de houille par heure; a été de Greenock à Liverpool en 22 heures; Liverpool, île de Mans, Greenock; construit en 1821, ainsi que les 15 suivants.

Highlander: tonnage 67; longueur 19^m 8; largeur 4^m 4; puissance 24 chevaux; de Glasgow à Dumbarton et Greenock.

Tartar: tonnage 180; puissance 60 chevaux, cylindres *horizontal*; met 15^h 27' pour aller de Haly-Head à Howth, et 9^h 48' de Howth à Holy-Head; de Holy-Head à Dublin.

Caledonia: tonnage 84; longueur 25^m 9; largeur 4^m 4; puissance 30 chevaux; de Glasgow à Helensburg.

Sompson: bateau remorqueur; tonnage 100; 2 machines de 20 chevaux; Glasgow.

Vénus: tonnage 265; longueur 34^m 96; largeur 6^m 60; tirant d'eau 1^m 42; 2 machines de 30 chevaux; de Londres à Margate; fait terme moyen 8,97 milles à l'heure.

Edinburgh-Castel: tonnage 148; longueur 27^m 4; largeur 5^m 75; 2 machines de 20 chevaux; a été de Londres à Leith en 58 heures; de Newhaven à Kinghorn.

Thane of Fife: tonnage 148; longueur 27^m 9; largeur 5^m 75; 2 machines de 20 chevaux; de Newhaven à Kinghorn.

Union: tonnage 100; 2 machines de 15 chevaux; bateau de passage double; à Dundée, sur le Fife.

Royal sovereign Georges IV: tonnage 210; longueur 38^m 30; largeur 6^m 25; 2 machines de 40 chevaux construites par Watt; fait terme moyen en 6^h 57 de Howth à Holy-Head, et en 7^h 36 de Holy-Head à Howth; brûle 350 k. de houille par heure.

Meteor: tonnage 190; largeur 6^m 08; 2 machines de 30 chevaux

construites par Watt, consomment 275 k. par heure, va terme moyen en 7^h 4 de Howth à Holy-Head et revient en 8^h 13.

City-d'Edimburg: tonnage 407; longueur 43^m 6; largeur 7^m 75; 2 machines construites par Watt, de la force de 40 chevaux, pouvant produire l'effet de 104 chevaux au besoin; a été de Londres à Leith en 58^h, et va terme moyen en 84^h de Leith à Londres.

James Watt: tonnage 448; longueur 44^m 5; largeur 7^m 8; tirant d'eau 1^m 37; aubes 2^m 75 de longeur; fait 9 milles par heures; 2 machines construites par Watt, de la force de 50 chevaux, pouvant produire l'effet de 122 chevaux au besoin; de Leith à Londres.

Swift Sure: tonnage 104; longueur 27^m 15; largeur 4^m 85; tirant d'eau 1^m 36; 2 machines de 15 chevaux; fait terme moyen 8,20 milles à l'heure; de Londres à Gravesend.

Hero: tonnage 427; tirant d'eau 1^m 95; roues à aubes de 4^m 25; faisant 22 à 31 tours par minute. Seize aubes de 2^m 4, sur 0^m 45; 2 machines de 45 chevaux, construites par Fenton et C^{ie} à Leids; va en 7^h 30' de Londres à Margate, et quelquefois en 6^h 15.

Cambria: tonnage 130; longueur 27^m 75; largeur 5^m 33; creux 2^m 54; piston de 0^m 76 de diamètre; course 0^m 46; 2 machines de 25 chevaux; de Liverpool à Bagitt.

Largs: tonnage 126; longueur 28^m 5; largeur 5^m 2; puissance 32 chevaux; de Glasgow à Largs; construit en 1822, ainsi que le suivant.

Lord Liverpool: largeur 6^m; tirant d'eau 3^m 75; 2 machines de 40 chevaux, donnant 25 à 26 pulsations par minute; roues à aubes 3^m 65; aubes 2^m 60, sur 0^m 45; fait ordinairement le trajet de Londres à Ostende en 17^h de marche; consomme 8 hectolitres de houille par heure.

Saint-Patrick: tonnage 198; longueur 39^m 65; largeur 6^m 73; 2 machines de 55 chevaux, pouvant produire au besoin un effet de 142 chevaux; construites par Fawcett de Liverpool; diamètre des pistons 1^m 06; course 1^m 06; a été en 13^h 13 de Dublin à Liverpool.

Duke of Lancaster: tonnage 140; longueur 31^m 4; largeur 5^m 2; creux 2^m 9; 2 machines de 25 chevaux, construites par Fawcett de Liverpool.

Prince Liewellyn: tonnage 170; 2 machines de 35 chevaux, con-

struites par Fawcett de Liverpool; diamètre des pistons 0^m86; de Liverpool à Bangor.

Albion: tonnage 160; longueur 31^m55; largeur 5^m5; creux 2^m9; 2 machines de 30 chevaux, construites par Fawcett; produit au besoin un effet de 73 chevaux; diamètre des pistons et course 0^m81; de Liverpool à Bangor.

Cambria: tonnage 100; longueur 27^m80; largeur 7^m33; creux 2^m54; 2 machines de 25 chevaux construites par Fawcett; diamètre et course des pistons 0^m76; produit au besoin un effet de 67 chevaux. A Bristol.

Hercule: tonnage 130; 2 machines de 30 chevaux; bateau remorqueur, sur la Clyde.

Lord Merville: tonnage 236; longueur 36^m6; largeur 6^m4; tirant d'eau 2^m45; 12 aubes de 2^m45; 2 machines de 40 chevaux; de Londres à Calais; fait environ 10 milles à l'heure.

Union: tonnage 53; longueur 22^m9; largeur 3^m63; tirant d'eau 1^m52; 2 machines de 8 chevaux; de Douvres à Boulogne.

Sovereign et *la Furie*: tonnage 95 tonneaux; 2 machines de 16 chevaux; de Londres à Boulogne. Les chaudières de ces bateaux ont crevé en 1826; le dommage causé à celles de *la Furie* a cependant pu être réparé en mer.

Royal Ferdinand: navigue dans la Méditerranée; dessert les ports de Naples, Livourne, Gênes et Marseille; séjourne ordinairement 5 jours dans ce dernier port, et 2 jours dans les autres; met terme moyen 2 jours pour se rendre de Naples à Livourne, 1 jour pour aller de Livourne à Gênes, et enfin 1 jour et demi pour parcourir la distance de Gênes à Marseille.

Camille: 2 machines de 40 chevaux; du Havre à Southampton.

Soho: tonnage 510; longueur 49^m71; largeur 8^m23; diamètre des roues à aubes 4^m74; aubes 2^m43, sur 0^m61; diamètre des pistons 1^m06; course 1^m21; 26 pulsations par minute; 2 machines de 60 chevaux construites par Watt, pouvant produire au besoin un effet de 151 chevaux; construit en 1823, destiné au transport des passagers.

Lightning: tonnage 296; longueur 38^m43; largeur 6^m81; creux 2^m50; diamètre des roues à aubes 4^m56; longueur des aubes 2^m73; diamètre des pistons 1^m01; course 1^m21; 25 pulsations par minute; 2 machines

de 50 chevaux construites par Maudeslay, pouvant produire au besoin un effet de 137 chevaux; construit en 1824, ainsi que les 3 suivants.

Harlequin: tonnage 232; largeur 6^m40; creux 2^m33; roues à aubes 3^m95; longueur des aubes 2^m12; diamètre des pistons 0^m91; course 1^m06; 28 pulsations par minute; 2 machines de 40 chevaux, construites par Maudeslay, pouvant produire un effet de 104 chevaux; bateau de poste de Liverpool à Dublin, a fait 13 fois cette traversée en 269^h40', et consommé 100,500 k. de houille pendant toute cette navigation.

Ceinderella et *Aladin*: doivent être de même dimension que *l'Harlequin*, et les machines d'égale puissance; celles du premier ont été construites par Watt, et celles de *l'Aladin* par Fawcett de Liverpool; bateaux de poste de Liverpool à Dublin; *le Ceinderella* a fait 13 fois cette traversée en 273^h19', et consomma 136,500 k. de houille pendant cette navigation; ces 13 traversées ont été faites aussi par *l'Aladin*, en 276^h5'; il a consommé 177,500 k. de houille.

L'Entreprise: tonnage 500; longueur 45^m75; largeur 7^m92; tirant d'eau chargé 4^m57; roues à aubes 4^m56; longueur des aubes 2^m12; diamètre des pistons 1^m10; course 1^m21; 24 pulsations par minute; 2 machines de 60 chevaux construites par Maudeslay, pouvant produire un effet de 160 chevaux; construit en 1825; a fait le voyage de Falmouth à Calcutta en 113 jours.

Schannon: tonnage 513; longueur 54^m90; largeur 8^m55; tirant d'eau 3^m; fond plat; 2 machines de chacune 80 chevaux, confectionnées par Watt; construit en 1826 ainsi que les 3 suivants, est destiné au transport des passagers; doit porter en outre 200 tonneaux de marchandises.

Commerce: port 400 tonneaux; largeur 6^m8; tirant d'eau 3^m05; roues à aubes 5^m45; aubes 2^m12 de longueur; 2 machines de 70 chevaux, confectionnées par Maudeslay, pouvant produire un effet de 197 chevaux; cylindres 1^m17; course 1^m36; 22 pulsations par minute; de Liverpool à Dublin.

Beurs d'Amsterdam: port 500 tonneaux; largeur 7^m9; tirant d'eau 2^m44; roues à aubes 4^m86; aubes 2^m43 de longueur; 2 machines de 60 chevaux, confectionnées par Maudeslay, pouvant produire un effet de

160 chevaux; cylindres 1^m10; course 1^m21; pulsations 25 par minute; de Londres à Amsterdam.

United - Kingdom: port 1,000 tonneaux; longueur 53^m40; 2 machines de 100 chevaux, confectionnées par Napier de Glasow; porte 175 passagers, sert de paquebot entre Londres et Edimbourg.

Dee: port 700 tonneaux; longueur 50^m65; largeur 9^m15; tirant d'eau 3^m05; roues à aubes 6^m08; aubes 3^m04 de longueur; 2 machines de 100 chevaux, confectionnées par Maudeslay, pouvant produire un effet de 272 chevaux; cylindres 1^m34; course 1^m52; donne 20 pulsations par minute; construit en 1827 ainsi que le *Crusader*.

Crusader: port 95 tonneaux; largeur 4^m9; tirant d'eau 1^m90; roues à aubes 3^m50; aubes 1^m67 de longueur; 2 machines de 25 chevaux, construites par Maudeslay, peuvent produire un effet de 68 chevaux; cylindres 0^m74; course 0^m91; pulsations 32 par minute; bateau de poste.

Bateaux à vapeur néerlandais ou hollandais et belges.

Atlas: longueur 72^m; largeur 9^m15; creux 7^m32; tirant à vide, non gréé et sans enménagemens 3^m2; doit tirer, chargé, 4^m60; 5 machines de 100 chevaux à simple pression, construites par M. Cockerill de Liège; diamètre des roues à aubes 7^m25; tout son mécanisme doit revenir en place à 434,660 fr.

Zélandais: longueur 33^m55; largeur 4^m25; tirant d'eau 1^m33; fond plat; 2 machines de 25 chevaux, confectionnées par Cockerill de Liège; consomme 9,000 k. de houille par voyage de Rotterdam à Anvers et retour; met 9 à 10 heures pour se rendre de l'une de ces villes à l'autre.

Frédéric-Guillaume: 2 machines de 30 chevaux; met 48 heures de marché, chargé de passagers seulement, pour se rendre de Rotterdam à Cologne.

Guillaume I^{er}: faisant le service de Rotterdam à Nimègue; porte 2 machines du système de Woolf, confectionnées par M. Billard à Jemeppe près Liège.

Louis et la Concorde: naviguant sur le Rhin, portent des machines du même système que le *Guillaume I^{er}*.

Julie: fait le service de Gorcum à Bois-le-Duc.

Curaçao: port 438 tonneaux; longueur 40^m87; largeur 8^m18; creux 5^m15; tirant d'eau étant chargé et équipé avec quatre mois de vivres pour 50 hommes et 190 tonneaux de houille, 4^m; roues à aubes 5^m33 au *maximum*; à charge 4^m57; aubes 2^m13 sur 0^m46; nombre d'aubes 14; deux machines de 50 chevaux, construites par Maudeslay; piston 1^m01; course 1^m22; pulsations 19 à 23 par minute; consomme 300 k. de houille par heure; a fait en 1827 un voyage à Curaçao.

Rhin: frégate en construction à Rotterdam, doit être mue par trois machines.

CHAPITRE II.

Théorie des bateaux à vapeur.

Théorie des bateaux à vapeur mis par des roues à aubes.

Soit l la longueur du bateau;

t le tirant d'eau réduit;

B la surface de la section transversale du bateau;

f l'effort utile de la machine à vapeur, rapporté au piston;

u la vitesse du piston par seconde;

A la surface agissante des roues à aubes;

v la vitesse du bateau;

v' celle des aubes.

Cela posé, la résistance éprouvée par le bateau mis avec la vitesse v sera proportionnelle au carré de la vitesse et représentée par

$$r^2 B^2 v^2,$$

r^2 étant la résistance éprouvée par 1 mètre carré, pour une vitesse de 1 m.

La vitesse relative des aubes sera $v-v'$, et la résistance qu'elles éprouvent à se mouvoir étant en raison du carré de cette vitesse, elle sera représentée par

$$R^2 A^2 (v-v')^2,$$

R représentant, par rapport aux aubes, la même résistance que r par rapport au bateau.

Ces deux résistances doivent être égales, lorsque le bateau, qui commence par prendre une vitesse progressivement accélérée, finit par se mouvoir avec une vitesse uniforme; ce qui donne l'équation :

$$r^2 B^2 v^2 = R^2 A^2 (v - v)^2,$$

ou

$$rBv = RA(v - v),$$

d'où l'on tire $v = v(1 + \frac{rB}{RA})$, ou en faisant $\frac{rB}{RA} = n$, on a $v = v(1 + n)$.

Cette équation nous montre que la vitesse des aubes doit être d'autant plus grande, relativement à celle du bateau, que leur surface résistante est moindre par rapport à celle de ce dernier.

Les aubes mues avec la vitesse v , et surmontant une résistance $R^2 A^2 (v - v)^2$, consomment une quantité de force égale à

$$v \times R^2 A^2 (v - v)^2,$$

qui doit être égale à la force motrice employée; on aura donc

$$fu = R^2 A^2 (v - v)^2 v$$

et en substituant à la place de v sa valeur déduite de l'équation précédente, on a

$$fu = r^2 B^2 v^3 (1 + n).$$

Ainsi la force motrice est proportionnelle à la résistance éprouvée par l'unité de surface du bateau, au carré d'une de ses dimensions transversales (pour des bateaux semblables), au cube de la vitesse, et enfin à la quantité $1 + n$ ou à la racine carrée du rapport des surfaces résistantes augmentée de l'unité.

Il suit de là qu'on pourra diminuer la force motrice nécessaire à un bateau, 1^o en lui donnant une forme approchant le plus possible de celle de moindre résistance; 2^o en diminuant l'une ou l'autre de ses dimensions transversales; 3^o surtout en réduisant sa vitesse; 4^o enfin en augmentant la surface des aubes.

L'équation ci-dessus donne

$$v = \sqrt[3]{\frac{fu}{r^2 B^2 (1 + n)}}.$$

Ainsi, la vitesse des bateaux à vapeur est directement proportionnelle à la racine cubique de la force motrice, et inversement à celle de leur surface résistante.

Lorsque sur un bateau, on emploie à la fois la force du vent et celle de

la vapeur, il faut ajouter aux équations précédentes un second terme qu'il est facile de déterminer.

Soit A' la surface de la voilure;

R' l'impulsion de l'air agissant sur 1 mètre carré, avec 1^m de vitesse;

v' la vitesse du vent;

L'effet du vent sera

$$\pm R' A' (v' \mp v),$$

suivant qu'il sera favorable ou contraire, et en le combinant avec l'effet des aubes, on aura

$$R' A' (v - v') \pm R' A' (v' - v) = r^2 B^2 v^2$$

$$R' A' (v - v') v = f u,$$

d'où

$$\frac{f u}{v} = r^2 B^2 v^2 \mp R' A' (v' - v)^2$$

Ainsi, l'action du vent accroissant la vitesse du bateau, la vitesse des aubes s'augmentera aussi, et par suite celle de la machine, de sorte que si les chaudières suffisent encore pour l'alimenter de vapeur, la puissance en sera augmentée. Ce sera l'opposé dans le cas de vents contraires, c'est-à-dire que la machine se ralentira et perdra de sa force, précisément dans la circonstance où l'on en aurait le plus besoin.

Il n'y a d'autre moyen de remédier à ce grave défaut des bateaux à vapeur que d'y adapter des engrenages pour faire varier à volonté le rapport des vitesses, ou mieux encore de disposer les appareils pour les faire marcher à haute pression dans les moments difficiles.

Quoiqu'il en soit, reprenons l'équation

$$v = \sqrt{\frac{f u}{r^2 B^2 (1 + n)}},$$

pour l'approprier aux calculs de la pratique.

La constante r^2 se déterminerait, comme nous l'avons vu, en faisant r égal à 8 ou 10^k , suivant la forme des navires mis dans une eau indéfinie. La quantité $1 + n$ est plus difficile à déterminer directement. Pour y arriver

d'une autre manière, nous mettrons l'équation sous la forme suivante, en faisant $B^2 = lt$, et $r^2 (1+n) = \frac{l}{m^2}$

$$v = m \sqrt{\frac{lt}{m^2}} \text{ d'où } m = \sqrt{\frac{lt}{fu}} v^2$$

Or, en partant de l'expérience, et en prenant les résultats obtenus d'un certain nombre de bateaux à vapeur, on peut fixer pour les valeurs respectives de m le tableau suivant, la force étant supposée exprimée en chevaux.

Bateaux à vapeur français :

<i>L'Africain.</i>	$m = 2, 37 \sqrt{\frac{10,8}{32}} = 1,72$	moyenne 1,92
<i>La Caroline.</i>	$m = 3, 18 \sqrt{\frac{12,5}{50}} = 2,00$	
<i>Le Coureur.</i>	$m = 3, 61 \sqrt{\frac{14,7}{80}} = 2,05$	
<i>Le Duc d'Angoulême.</i>	$m = 2, 89 \sqrt{\frac{12,5}{50}} = 1,82$	
<i>Idem au retour.</i>	$m = 3, 16 \sqrt{\frac{12,5}{50}} = 1,99$	

Bateaux à vapeur anglais.

	ALLER.	RETOUR.
<i>Favorite.</i>	$m = 2, 15$	"
<i>Eclipse.</i>	$m = 1, 92$	"
<i>Vénus.</i>	$m = 2, 15$	"
<i>Ivanhoe.</i>	$m = 2, 16 \dots 2, 35$	
<i>Souv. George IV.</i>	$m = 2, 18 \dots 2, 43$	
<i>Harlequin.</i>	$m = 2, 32 \dots 2, 36$	
<i>Cinderella.</i>	$m = 2, 20 \dots 2, 40$	
<i>Aladin.</i>	$m = 2, 19 \dots 2, 36$	
<i>Lord Liverpool.</i>	$m = 2, 18$	"
<i>Entreprise.</i>	$m = 1, 53$	"
 <i>Moyenne</i>	<hr/> $2, 10$	<hr/> $2, 38$
 <i>Moyenne de l'aller et du retour.</i>	<hr/> $2, 24$	

On voit que le multiplicateur moyen des bateaux français est assez voisin de 2, surtout si l'on néglige l'observation relative à *l'Africain* dont la vitesse ne paraît pas bien constatée. Le multiplicateur des bateaux anglais est généralement au-dessous de 2; le bateau *l'Entreprise* seul s'en écarte beaucoup, mais il est certain, par la relation du voyage, qu'on n'y a pas fait usage de toute la puissance de la machine; les autres nombres ne diffèrent que de moins d'un dixième de la moyenne 2,10. Mais les vitesses, au retour des bateaux, donnent des résultats beaucoup plus forts, qui s'élèvent terme moyen à 2,38. Cela tient sans doute à l'influence plus favorable des vents régnans dans cette direction; c'est peut-être aussi à une cause analogue, c'est-à-dire à l'emploi plus efficace de la force du vent, que tient en partie la supériorité d'effet, indiquée par le nombre ci-dessus, des bateaux anglais sur les bateaux français. Quoi qu'il en soit, on se rapproche assez de la réalité, en prenant le multiplicateur 2, pour la vitesse due à l'emploi seul de la vapeur, et le nombre $2^{\frac{1}{2}}$ pour les vitesses dues à l'effet de la machine et de la voilure. Ce premier résultat s'accorde au reste avec l'observation de M. Monstier sur les bateaux américains.

La formule deviendra dans un cas:

$$v = 2 \sqrt{\frac{F}{lt}}$$

en faisant $fu = F =$ la force motrice exprimée en chevaux.

Et dans le cas où l'effet du vent est réuni à celui de la machine, on aura pour vitesse moyenne

$$v = \frac{9}{4} \sqrt{\frac{F}{lt}}$$

Si, connaissant la vitesse et les dimensions de la partie plongée du navire, on veut trouver la force motrice, on la déduit des valeurs ci-dessus, et on trouve

$$F = \frac{1}{8} lt v^2 \text{ et } F = \frac{7}{80} lt v^3$$

On aura donc les règles suivantes:

Pour trouver la vitesse d'un navire en mètres par seconde, prenez 2 fois la racine cubique du quotient de la force motrice en chevaux divisée par le produit de la largeur et du tirant d'eau.

Si le navire fait usage de voiles, prenez les $\frac{1}{4}$ au lieu de 2, pour la vitesse moyenne.

Pour trouver la force motrice correspondante à une vitesse donnée, prenez le 8^{e} du produit de la largeur et du tirant d'eau par le cube de la vitesse.

Et dans le cas d'une vitesse moyenne à obtenir par le concours du vent, prenez les $\frac{7}{8}$ au lieu du 8^{e} .

Exemples: soit un bâtiment de 500 tonneaux, de 10^m de large et de 3^m de tirant, mu par une force motrice de 100 chevaux, et dont on demande la vitesse: on aura $l = 10^{\text{m}}$, $t = 3$ et $F = 100$.

$$\text{et } v = 2 \sqrt[8]{\frac{100}{10 \times 3}} = 2 \sqrt[8]{4} = 2 \times 1,6 = 3^{\text{m}}, 2;$$

pour le cas des voiles

$$v = \frac{9}{4} \times 1,6 = 3^{\text{m}}, 6.$$

Supposons maintenant qu'on demande la force motrice nécessaire pour imprimer une vitesse de 3^m, 2 à un navire de 300 tonneaux, qui ne tire que 2^m, 5 sur 8 de large:

$$\text{On a } F = \frac{1}{8} \times 8 \times 2,5 \times 3,2^3 = 82 \text{ chevaux,}$$

et si l'on fait usage du vent, on pourra se réduire à

$$F = \frac{7}{80} \times 8 \times 2,5 \times 3,2^3 = 57 \frac{1}{3}$$

Il serait plus exact de pouvoir comparer la section même du navire que le rectangle circonscrit, dont les côtés sont représentés par la largeur et le tirant d'eau. Dans un navire dont cette section ne serait que les $\frac{2}{3}$ du rectangle circonscrit, la formule de la vitesse deviendrait en fonction de cette section B²

Souvent il sera plus commode de chercher la vitesse exprimée en myriamètres par heure, au lieu de mètres par seconde; on aura pour ce cas l'expression

$$v = 0,63 \sqrt{\frac{F}{B^2}}$$

Enfin, si on veut l'avoir en milles marins par heure, en la calculant par la formule

$$v'' = 3,4 \sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}, \text{ et en milles anglais, } v''' = 3,9 \sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}$$

On conclut de là pour les valeurs de la force motrice relative :

- 1° A la vitesse exprimée en mètres. $F = \frac{12}{75} B^2 v^3$
- 2° A la vitesse exprimée en myriam. $F = 4 B^2 v^3$
- 3° en milles marins. $F = \frac{12}{50} B^2 v''^3$
- 4° en milles anglais. $F = \frac{1}{6} B^2 v'''^3$

Prenons pour exemple du calcul des vitesses le bâtiment *l'Entreprise*, portant une machine de 120 chevaux et l'approvisionnement de combustible pour une partie du voyage aux Indes, ayant 8^m de large, un tirant d'eau de 4^m, qui se réduit à 2^m, 5, en raison de la forme aiguë de sa carène: on a donc dans ce cas

$$\text{En mètres par seconde. } v = 1,75 \sqrt[3]{\frac{120}{8 \times 2,5}} = 1,75 \sqrt[3]{6} = 3^{\text{m}} 18$$

$$\text{En myriam. par heure. } v' = 0,63 \times 1,82 = 1^{\text{myri}} 15$$

$$\text{En milles par } idem. . . v'' = 3,4 \times 1,82 = 6^{\text{milles}} 2$$

Mais la vitesse de ce bateau dut s'accroître à mesure qu'il s'allégeait de combustibles, et lorsque par exemple, son chargement eut diminué au point de ne plus fournir qu'un tirant d'eau réduit de 1^m, 9, la vitesse put devenir

$$v = 1,75 \sqrt[3]{\frac{120}{8 \times 1,9}} = 3,5$$

Ou 126 kilom. par heure.

S'il s'agit de parcourir un espace donné E en myriamètres, la durée du trajet sera $\frac{E}{v}$ et la force dépensée pour tout le voyage

$$F \times \frac{E}{v} = 4 B^2 v^3 \times \frac{E}{v} = 4 B^2 E v^2$$

Ainsi, cette dépense de force est proportionnelle au carré de la vitesse, et on pourra la rendre aussi petite qu'on voudra, en diminuant convenablement celle-ci.

Par exemple, le bateau *l'Entreprise*, avec sa machine de 120 chevaux et une vitesse régulière de $12 \frac{1}{2}$ kilomètres, eût pu faire son trajet aux Indes de 1500 myriamètres en $\frac{1500}{1,25}$ ou 1200 heures ou 50 jours de marche effective. La force motrice dépensée eût été représentée par la consommation de 1200×5 k. $\times 120$ ou 720 tonneaux de houille. Si au lieu de faire le trajet avec une vitesse de $12 \frac{1}{2}$ kilom., on se contentait d'une vitesse moitié moindre, la force motrice serait réduite à 15 chevaux; la durée du trajet serait de 2400 heures ou 100 jours, et la dépense totale de force n'exigerait plus que 180 tonneaux de houille.

Jusqu'à présent nous n'avons pas tenu compte dans le mouvement des bateaux à vapeur du poids de leur machine; il est évident cependant que ce poids en accroissant les tirants d'eau augmente d'autant leur résistance. Pour embrasser le problème dans toute sa généralité, soit t' la quantité que le navire cale de plus par tonneau; p , le poids de la machine par force de cheval; c , le combustible consommé par cheval et par heure; h , le nombre d'heures de marche ou la durée effective du trajet. Cela posé, l'augmentation du tirant d'eau du navire sera $t' (p + c h) F$, et la force motrice devra être égale à

$$F = m l (t + t' (p + c h) F) v^3$$

$$\text{D'où l'on tire } F = \frac{m l t v^6}{1 - m l t' (p + c h) v^5}$$

Ainsi dans ce cas, la force ne croît plus simplement comme le cube de la vitesse, mais dans une progression bien plus rapide, puisque les deux termes de la fraction varient en sens inverse. Il y a même une limite que la vitesse du bateau ne saurait atteindre, quelle que soit la puissance de la machine. Cette limite est déterminée par l'équation $1 - m l t' (p + c h) v^5 = 0$, qui comprend une force motrice infinie et l'on en déduit

$$v = \sqrt[5]{\frac{1}{m l t' (p + c h)}}$$

Si par exemple, on a $l = 8^m$, $t' = 0^m$, 003 , $p = 1^{ton}$, $c = 0^{ton.} 004$, $h = 50^h$, la limite de v sera

$$v = \sqrt[5]{\frac{1}{4,3 \times 8 \times 0,003 (1 + 0,004 \times 50)}} = \sqrt[5]{\frac{1}{0,124}} = 2^{mri}$$

On voit que cette limite de vitesse possible dépend du poids des machines et de leur consommation; l'exemple que nous avons pris suppose un appareil très perfectionné et très léger; ceux qu'on emploie ordinairement pèsent au moins moitié en sus, et la limite de la vitesse est en ce cas $1 \frac{1}{2}$ myriamètres par heure, ou 75.

Si l'on pouvait parvenir à réduire cette surcharge des $1 \frac{1}{2}$, on aurait alors pour limite de la vitesse, $13 \frac{1}{2}$ myriamètres par heure.

Il serait facile de tirer d'autres conséquences des équations ci-dessus, soit en faisant varier le tirant d'eau, ou la largeur du navire, ou les autres quantités; mais nous ne nous y arrêterons pas, d'autant qu'on en verra des exemples dans le cours de l'ouvrage.

Avant d'exposer les applications raisonnées et les perfectionnemens dont les bateaux à vapeur destinés à la mer nous paraissent susceptibles, résumons les principes fondamentaux de leurs mouvemens.

La résistance qu'un bateau éprouve à se mouvoir est sensiblement proportionnelle au carré de sa vitesse et à l'aire de sa section, ou ce qui revient au même, en ne considérant que des bateaux de forme semblable, elle est proportionnelle au carré d'une de ses dimensions.

La force motrice nécessaire pour imprimer au bateau une vitesse donnée doit être proportionnelle à cette résistance multipliée par la vitesse, ou en d'autres termes au cube de la vitesse elle-même.

Ainsi, pour procurer au bateau une vitesse double de la première, il faudra employer une machine huit fois plus puissante; pour une vitesse triple, une machine vingt-sept fois plus puissante, et ainsi de suite.

L'espace parcouru *dans un temps donné* n'étant proportionnel qu'à la vitesse, tandis que la dépense de force est en raison du cube de cette vitesse, il s'ensuit que, *pour un trajet d'une longueur donnée*, la dépense de force serait en raison du carré de la vitesse.

Mais cette dépense sera plus forte, attendu que le poids de la machine et l'approvisionnement de combustible suivant la même progression qu'elle, augmenteront d'autant le tirant d'eau du navire à la résistance totale, et par suite obligeront encore à augmenter la puissance.

Il suit de là qu'à vitesses égales l'approvisionnement de combustible croît plus rapidement que la longueur du trajet, et dans un rapport qui est à peu-près celui des coordonnées d'une hyperbole, au point qu'il peut devenir infini, même pour un trajet fini.

Il suit encore que la vitesse possible du bateau à vapeur a une limite théorique qui est irrésistiblement fixée par le plus grand poids de la machine et des combustibles qu'ils peuvent porter.

Cette limite doit être assez voisine des vitesses extrêmes obtenues dans les bateaux actuels, qui ne font guère, pour ainsi dire, que se transporter eux-mêmes avec leur mécanisme, le chargement des passagers et des bagages n'allant qu'au dixième au plus de leur tonnage nominal.

Cette limite peut être provisoirement fixée à deux myriamètres par heure, à moins qu'on n'essaie de faire des bâtimens et des machines de dimensions colossales.

Dans l'état actuel une machine de 120 chevaux peut imprimer une vitesse de 1 myr. 5 à un navire de 300 tonneaux, qui ne porte que 25 tonneaux de charge utile, en voyageurs et effets.

Cette machine consomme environ 600 kil de charbon par heure, qui coûte, suivant les localités, de 20 à 60 fr. le tonneau.

Elle pèse au moins 150 tonneaux, ou la moitié du chargement possible du navire.

Un tel bâtiment, même entièrement chargé de charbon, ne pourrait donc pas faire un voyage de dix jours, ni un trajet de 340 myr. à moins qu'il ne fût gréé et favorisé par le vent.

Il dépenserait, en combustible seulement, 7,000 francs au moins, et 9,000 francs au plus.

Destiné au service de paquebot, il ne pourrait pas être établi à moins de 400,000 fr., et l'entretien annuel serait du cinquième, ou 80,000 fr., non compris les frais d'équipage et de combustible.

Les frais d'équipage et frais généraux seraient d'environ 40,000 francs par an.

De l'exposé que nous venons de faire des propriétés des bateaux à vapeur appliqués à la navigation maritime, on peut tirer les conclusions suivantes :

Ces bateaux, tels qu'ils sont établis à présent, ne sont pas propres aux voyages de long cours ; les tentatives qu'on a faites dans cette intention ont été et devaient être infructueuses.

Ces bateaux ne peuvent non plus convenir en général aux transports des marchandises ; le service en serait rendu onéreux, d'une part, par

la cherté de la force motrice, de l'autre, par l'encombrement résultant du volume de la machine et de son approvisionnement de combustible.

Toutefois, si l'on se bornait à employer la vapeur comme moyen secondaire et occasionnel, et qu'au lieu de vouloir produire de grandes vitesses, on se réduisit à des vitesses modérées et à des machines très petites, il est certaines localités et quelques marchandises de valeur qui pourraient s'accommoder de ce genre de transport accéléré.

Mais l'importante destination des bateaux à vapeur est le service de paquebots pour des trajets modérés; c'est là qu'ils ont déjà rendu, et qu'ils peuvent rendre encore d'immenses services. Les mers et les lacs d'Europe sont heureusement distribués pour offrir les applications les plus variées et les plus avantageuses. Déjà les mers qui avoisinent les îles britanniques, sillonnées en tous sens par des navires de cette espèce, peuvent apprendre aux peuples du continent combien ils ont encore à faire pour tirer tout le parti possible d'un mode de communication aussi prompt et aussi certain.

Dans le nord, la Russie se présente en première ligne; cette vaste contrée, où le combustible végétal est encore très abondant, peut donner de grands développemens à la navigation par la vapeur, non-seulement sur ses grands fleuves dont la pente douce sur un sol presque de niveau est très propre à ce genre de navigation, mais encore sur ses lacs qui sont les plus grands de l'Europe, et sur les trois mers découpées de golfes et de baies qui la limitent au nord, à l'ouest et au sud-est.

La mer Baltique en particulier, dont la navigation est dangereuse et pénible, permettrait aux bateaux à vapeur d'utiliser avec avantage la supériorité de leurs qualités nautiques. Au service déjà établi de Pétersbourg à Stockholm, on pourrait ajouter des paquebots allant de ces deux capitales à Riga, à Dantzig, à Stettin, à Lubeck. Copenhague pourrait être aussi mis en communication avec ces villes, et de plus avec Gothenbourg, Christiania et surtout avec Kiel, d'où on arriverait à la mer du Nord par un bateau de poste établi sur le canal maritime de Holstein. Les lacs intérieurs de la Suède, et particulièrement ceux qui font partie de la nouvelle route maritime créée par le canal de Gotha, réclameraient impérieusement l'usage de bateaux à vapeur, soit comme bateaux de poste, soit comme remorqueurs.

Les mers qui environnent la Grande-Bretagne présentent un ensemble de communications par la vapeur qui semble satisfaire aux besoins actuels du commerce, si même on n'a pas été au-delà. C'est ainsi que la mer du Nord, l'océan britannique, la mer d'Irlande et la Manche, sont entre-coupés de nombreuses lignes de paquebots à vapeur, et si la Manche laisse encore quelque chose à désirer, c'est seulement sur les côtes de France, où des services littoraux de Brest à Cherbourg, au Havre, à Dieppe, à Boulogne, à Calais, et même à Dunkerque et Ostende, paraissent encore désirables.

L'océan français est loin de présenter un aspect aussi satisfaisant: aucun paquebot à vapeur ne navigue dans ses parages. Cependant il semblerait utile d'établir des lignes de paquebots de Nantes à La Rochelle et à Bordeaux, et de La Rochelle à Bayonne. Il importerait surtout de mettre en communication les côtes de l'Océan avec celles de la Manche, par un service de bateaux à vapeur et de bateaux accélérés sur la Vilaine et le canal d'Ille et Rance, et la Roche Bernard à Rennes et à Saint-Malo, en traversant la presqu'île de Bretagne dans sa plus grande largeur. Enfin des communications rapides ne seraient pas moins utiles entre les côtes de France et celles d'Espagne et de Portugal, ou, par exemple, entre Nantes, la Corogne, Oporto, Lisbonne et Cadix.

Mais c'est surtout dans la Méditerranée et les mers adjacentes que les bateaux à vapeur sont appelés à jouer un rôle important: ces mers parsemées d'îles et de grands golfs s'enfoncent dans la terre comme pour appeler les communications, mettent en rapport les trois parties de l'ancien monde. Lorsque l'Afrique et l'Asie seront arrivées au même degré de civilisation et d'industrie que l'Europe, la Méditerranée présentera l'aspect d'un grand lac couvert d'une multitude de vaisseaux de tous les pays, et les côtes si fertiles de ces deux parties du monde, maintenant dévastées et désertes, surpasseront en activité et en richesses celles de l'Europe même: en attendant cette heureuse révolution, on peut contribuer à la préparer en établissant dès à présent des moyens de communications, sûrs et rapides, sur les points qui en sont déjà susceptibles.

Nous regardons comme de la plus haute importance l'établissement d'une ligne de bateaux à vapeur de Marseille à Alexandrie, tant pour l'utilité immédiate qu'en peut tirer le commerce de ces deux villes et des

stations intermédiaires, que par son influence future sur la civilisation de l'Egypte et la communication directe de l'Inde. Un navire qui, partant régulièrement de Marseille, toucherait en Corse, en Italie, en Sicile, à Candie, et, arrivé à Alexandrie, reviendrait par les mêmes échelles, ne saurait manquer de passagers. Il préparera ainsi la reprise de l'ancienne route des Indes, trois fois plus courte que la route actuelle; il provoquerait le rétablissement du canal de la Méditerranée à la mer Rouge, dont la construction entière faite ne coûterait pas plus de 17 millions; enfin il conduirait à prolonger la ligne des paquebots depuis Suez jusqu'à Calcutta, ou dans la mer Rouge et la mer des Indes.

Comme les marchandises de l'orient sont en général d'un prix élevé, il serait possible que les bateaux à vapeur pussent être utilisés dans cette direction pour transporter une partie de ces produits, et particulièrement le thé, le café, l'indigo, les tissus précieux, etc. Le retard et les risques qu'éprouvent le transport de ces marchandises occasionent au commerce des pertes considérables dont la suppression suffirait probablement pour compenser l'excédant de cherté dû à l'emploi de la vapeur. Les entrepreneurs qui établiraient cette communication de Marseille à Alexandrie devraient se borner à donner aux navires une vitesse modérée, au moyen d'une machine peu considérable qui laissât le plus de place possible aux passagers et aux marchandises; ou bien ils devraient établir deux services, l'un pour les voyageurs, et l'autre pour les transports, et ce dernier ayant pour but d'arriver régulièrement et à jour fixe, plutôt que d'aller très vite.

Aperçu des recettes et dépenses annuelles d'un bâtiment à vapeur de 500 tonneaux, doublé et chevillé en cuivre, mu par une machine à expansion de 60 chevaux, employé comme paquebot et bâtiment de transport de Marseille à Alexandrie, touchant en Corse, en Sicile et à Candie.

Ce bâtiment à l'aide de sa machine seule pourra prendre une vitesse de 9 kilom. 5 par heure; mais les vents, terme moyen, accélérant de 2 kilom. à l'heure la marche des bâtimens à vapeur qui font simultanément usage des voiles, ce bâtiment marchera avec une vitesse moyenne de 11 kilom. 5, que nous réduisons toutefois à 11 kilomètres. Les distances à parcourir formant environ 2840 kilomètres, il lui faudra donc 259 heures de marche pour se rendre de Marseille à Alexandrie; si l'on admet ensuite qu'il

doive séjourner toutes les traversées 24 heures dans chaque station intermédiaire et 4 jours tant à Marseille qu'à Alexandrie, il pourra conséquemment faire 18 traversées par an, et transporter 960 tonneaux de marchandises.

Recettes.

300 passagers de 1 ^{re} classe à 250 fr. non nourris.	75,000	fr.	"
600 2 ^{me} 125	75,000		"
57,500 tonneaux de marchandise (1) à 45 fr. prix moyen.	288,850		"
Dépêches et objets de valeur.	31,150		"
Total.	440,000		"

Dépenses.

1 Capitaine et son second.	7,000	fr.	»
2 Timonniers à 1800.	3,600		»
2 Chefs d'équipages à 1500.	3,000		»
5 Matelots de 1 ^{re} classe à 960	4,800		»
5 <i>idem</i> de 2 ^e à 720.	3,600		»
2 Mousses à 360.	720		»
2 Chauffeurs à 1200.	2,400		»
2 Aides chauffeurs à 960.	1,920		»
1 Mécanicien.	3,000		»
	<hr/>		
	30,040		»

(1) Charge du bâtiment :

Machines à raison de 1500 kilogrammes par cheval.....	90	tonneaux.
Vivres et houilles	50	"
Passagers, à raison de 500 kilogrammes chaque, avec leur bagages.....	25	"
Marchandises.....	335	"
<i>Total...</i>	500	ton.

Montant d'autre part des recettes.	<i>Total</i>	440,000 fr.
Montant d'autre part des dépenses.	<i>Total</i>	30,040 »
Nourriture à raison de 1 fr. 75 c. par jour et par homme, l'un dans l'autre.	14,691 25	
1160 tonneaux de houille (1) à 72 fr. prix moyen.	83,520 »	
Entretien et déperissement du bâtiment, agrés, machines, etc., 1/5 de leur valeur.	80,000 »	
Intérêt du capital à 5 p. 070.	20,000 »	
Assurance du bâtiment à l'année, 6 p. 070.	24,000 »	
Droits de navigation et frais de pilotes, environ.	36,000 »	
 <i>Bénéfices nets annuels.</i>	<i>Total</i>	151,748 fr. 75

Les autres points de la Méditerranée où les besoins actuels du commerce semblent appeler des communications par bateaux à vapeur sont :

Une ligne de Marseille à Cette, au Port-Vendres, à Barcelonne, à Valencia, à Alicante, à Cartagène, à Malaga et à Gibraltar.

Une ligne de Marseille à Toulon, Nice, Savonne et Gênes.

Une ligne de Gênes à Livourne, Ostie, Naples et Messine.

Une ligne de Naples à Palerme et à Tunis.

Des lignes de Venise à Trieste et de Venise à Ravenne, à Ancône, à Brindes, à Corfou, à Zante, à Modon.

Lorsque la Grèce aura été rendue à la civilisation et au commerce, l'Archipel, avec ses îles innombrables et ses beaux ports, deviendra le théâtre le plus brillant des bateaux à vapeur; chaque île aura pour ainsi dire le sien; mais la ligne principale aura lieu de Smyrne à Athènes, et se prolongera après l'ouverture inévitable du canal de l'Isthme, jusqu'à Corinthe, Lépante, Zante et Céphalonie. La mer de Marmara, ainsi que les passages de l'Hellespont et du Bosphore, réclameront également un ser-

(1) À raison de 62 tonneaux par traversée.

vice particulier. Enfin la communication la plus importante de la mer Noire s'établira entre Constantinople et Odessa.

Au reste, le développement de la navigation de la vapeur, même dans les limites resserrées que nous venons d'indiquer, sera subordonné à la découverte et à l'abondance des mines de houille dans chaque localité. Ce serait en vain qu'une contrée posséderait les meilleurs ports et les côtes les plus favorables si elle manquait du combustible qui recèle la force motrice. Mais heureusement le charbon de terre se trouve abondamment répandu dans la nature, et il y a lieu d'espérer que si on n'en trouve pas précisément partout, on pourra du moins en trouver à proximité et à peu de frais, lorsque la science devenue plus populaire aura permis de reconnaître et d'exploiter tous les trésors de ce genre que la nature nous cache encore.

L'application des bateaux à vapeur à la navigation intérieure de l'Europe s'est présentée d'abord sous des apparences aussi séduisantes que celle de la navigation maritime; mais bien des motifs ne permettent pas d'en attendre le même succès, au moins tant qu'on restera dans les mêmes systèmes de moyens d'exécution. C'est au reste ce que nous allons exposer en détail, après avoir fait l'examen des moyens usités pour la navigation fluviale.

Des bateaux à vapeur appliqués à la navigation intérieure.

Le succès qu'ont obtenu les bateaux à vapeur sur les fleuves d'Amérique a fait croire à presque toutes les personnes qui se sont occupées de ce sujet qu'il serait avantageux d'établir ce nouveau genre de navigation sur nos fleuves et rivières navigables, tant pour transporter les voyageurs que pour voiturer les marchandises. L'illusion a même été si profonde, qu'après un assez grand nombre d'entreprises ruineuses tombées coup sur coup, on n'a pas encore renoncé aux projets de faire remonter aux bateaux à vapeur de charge, ou même aux bateaux à vapeur de poste,

les fleuves qui en sont le moins susceptibles, comme le Rhône ou le Rhin, lorsque sur des rivières favorables et presque sans courant, telles que la Saône et la Seine, on n'a pu obtenir que des résultats ruineux. Cet esprit d'imitation qui porte à contrefaire ce qu'on voit ailleurs, sans se rendre compte des circonstances locales ou commerciales, a ainsi donné lieu, depuis dix ans, à des pertes immenses en capitaux et en temps, et surtout en confiance, pertes que la plus simple théorie eût suffi pour éviter. S'il est en effet facile de prouver que les bateaux à vapeur, mus par l'action de leurs aubes contre les courans, exigent une force 6 à 8 fois plus considérable que s'ils étaient halés par des chevaux ; si d'ailleurs les machines à vapeur en France ne sont que 2 ou 3 fois plus économiques que ceux-ci, il s'ensuivra que l'usage des bateaux à vapeur demeurera au moins deux fois plus dispendieux que les bateaux de halage, et que par conséquent toute entreprise de ce genre avec des bateaux mus par des aubes a dû être et sera en général ruineuse sur nos rivières.

Si, d'un autre côté, avant de se mettre à construire, on eût examiné quelles étaient les circonstances favorables qui ont soutenu la navigation par la vapeur en Amérique, et celles qui la déprécient pour l'Europe, on eût vu que

1^o Les fleuves de cette partie du monde, encore presque entièrement inculte et dépourvue de halage et de routes praticables, faisaient une nécessité d'y adopter des bateaux qui n'eussent pas besoin d'être tirés des bords, quoique d'ailleurs la dépense de ceux-ci pût être beaucoup plus considérable que le halage de nos bateaux.

En Europe, au contraire, les bords de nos rivières, débarrassés de tout obstacle, sont en outre garnis de chemins commodes qui rendent très facile et très économique l'usage des chevaux de trait.

2^o En Amérique, les fleuves sont larges, profonds, peu rapides, et favorisés par les marées ou par des remous qui rendent presque nul l'effet du courant, toutes circonstances très propres aux bateaux à vapeur.

En Europe, les rivières sont peu larges et semées de hauts fonds qui obligent les bateaux à se tenir au plus fort des courans ; on ne peut profiter que très peu de la marée et des remous, lorsqu'il s'en trouve.

3° Les rives des fleuves du Nouveau-Monde, encore couvertes de bois, fournissent aux bateaux à vapeur un aliment presque gratuit.

Il y a long-temps que les bords de nos rivières n'ont plus de bois, et il nous faut souvent aller chercher le seul combustible propre à les remplacer à plus de 80 ou 100 lieues, et encore le payer un prix assez élevé aux exploitans de mines.

4° Enfin le seul service auquel les bateaux à vapeur semblaient propres, les transports accélérés, est déjà fait en Europe, sur nos voies multipliées de roulage, d'une manière sûre et économique, tandis qu'en Amérique, l'absence de route et l'impossibilité d'en faire de long-temps pour une population trop clair-semée, y forcent à recourir aux bateaux à vapeur et à se servir des seules voies que la nature ait ouvertes.

L'exemple de ce qu'on fait en Amérique ne peut donc qu'induire en erreur les personnes superficielles, et il ne doit être plus apporté comme une preuve de ce qu'on peut ou de ce qu'on doit faire en Europe.

Si donc on veut faire quelques entreprises de navigation par la vapeur dans des localités qui sembleront favorables, on devra laisser de côté les inductions tirées des succès qu'on aurait obtenus ailleurs, et s'attacher uniquement à déterminer et peser les circonstances locales propres ou contraires à ce mode de navigation. Ces entreprises sont essentiellement des questions de localité et pas autre chose. Elles ne sont susceptibles que de solutions particulières, qui varient non-seulement suivant les lieux, mais encore suivant les temps ; car des rivières dont le service se fait aujourd'hui par des bateaux à vapeur pourront le voir cesser un jour, et *vice versa*, selon que la main de l'homme modifiera une ligne navigable, ainsi que la surface du sol et le mouvement commercial du pays.

Théorie de la marche des bateaux avec roues à aubes, contre des courants.

Nous continuerons à désigner par
i la vitesse du courant,
ii celle du bateau,
iii l'effort de la puissance motrice,
et de plus par
iv la vitesse de celle-ci,

a² la surface d'égale résistance que les aubes,

b² la surface d'égale résistance que le bateau,

v la vitesse du centre des aubes,

R la résistance de 1^{me} de surface plane contre un remont de 1^m.

Cela posé, l'impulsion du courant contre le bateau animé de la vitesse v sera

$$Rb^2(v+c)^2$$

L'impulsion des aubes contre le fluide, qui se dérobe doublement à leur action par son mouvement propre et par celui du bateau en sens inverse, se fera avec une vitesse v—v—c, et la valeur de cette impulsion sera

$$Ra^2(v-v-c)^2$$

Ces deux effets devenant égaux, lorsque la force motrice s'est mise en équilibre avec la résistance, on aura

$$Rb^2(v+c)^2 = Ra^2(v-v-c)^2$$

$$\text{ou } b(v+c) = a(v-v-c)$$

$$\text{ou } v = (v+c)(1 + \frac{b}{a})$$

La force motrice Fu agissant sur les aubes avec la vitesse v, son effort sera en ce point $\frac{Fu}{v}$ et il devra être égal à la résistance éprouvée par les aubes, ou $a^2(v-v-c)$, de sorte qu'on aura

$$\frac{Fu}{v} = Ra^2(v-v-c)^2$$

$$\text{ou } Fu = Ra^2(v-v-c)^2 v$$

$$\text{ou } Fu = Rb^2(v+c)^2 v$$

$$\text{ou enfin } Fu = Rb^2(v+c)^2 (1 + \frac{b}{a}) v$$

Cette dernière expression nous apprend que la force motrice des bateaux à vapeur est proportionnelle au cube de leur vitesse relative.

En comparant cette valeur avec celle que nous avons déjà trouvée pour le cas du halage, et qui est

$$Fv = Rb^2(v+c)^2 v$$

on trouve que la première est plus grande que la seconde dans le rapport de

$$\left(1 + \frac{c}{v}\right) \left(1 + \frac{b}{a}\right) > 1$$

rapport qui établit la perte d'effet dû à l'emploi des aubes.

Pour que les bateaux tirent le meilleur parti de la force motrice, il est une vitesse qu'ils doivent prendre par rapport à celle du courant, et d'où résulte le plus grand effet possible. Pour la déterminer, observons que le bateau, pour parcourir 1 mètre, met un temps exprimé par $\frac{1}{v}$, et que pendant ce temps la dépense en force est

$$Fu \times \frac{1}{v} = Rb \frac{(v+c)^3}{v} \left(1 + \frac{b}{a}\right)$$

Il faut donc que cette quantité soit un minimum, ou, ce qui revient au même, que $\frac{(v+c)^3}{v}$ soit un minimum. On trouve par la règle connue

$$3v(v+c)^2 - (v+c)^3 = 0$$

$$3v - v - c = 0$$

$$v = \frac{c}{2}$$

Ainsi pour le plus grand effet il faut que la vitesse du bateau soit la moitié de celle du courant.

En substituant cette valeur de v dans celle de la vitesse des aubes, on trouve

$$v = \frac{1}{2} c \left(1 + \frac{b}{a}\right)$$

ce qui indique encore que pour le maximum d'effet, la valeur des aubes doit demeurer proportionnelle à celle du courant.

Dans ce cas, le rapport que nous avons trouvé entre l'effet des bateaux à aubes et du halage devient

$$\left(1 + \frac{2c}{v}\right) \left(1 + \frac{b}{a}\right) \text{ ou } 3 \left(1 + \frac{b}{a}\right)$$

Ainsi dans le cas le plus favorable à l'effet des bateaux à vapeur, leur produit utile n'est à celui du halage que comme $1 : 3 \left(1 + \frac{b}{a}\right)$ ou comme $1 : 6$ environ, le facteur $1 + \frac{b}{a}$ étant à-peu-près égal à 2 pour les bateaux de charge, comme nous le verrons.

Si l'on fait attention maintenant que les bateaux en usage ne jouissent pas de la propriété de mettre leurs aubes en rapport avec la vitesse des courans, propriété qui serait nécessaire pour en obtenir le plus grand effet, on verra que leur dépense de force doit aller non-seulement à 6 fois, mais même au-delà de 7 à 8 fois celle qu'il faudrait dans un mécanisme plus parfait.

Une autre conséquence importante est qu'on ne peut tirer aucune conclusion de la vitesse connue d'un bateau à vapeur dans une eau stagnante, pour estimer celle qu'il prendrait dans un courant, et qu'on croit être la différence des deux vitesses; car, indépendamment de l'accroissement de résistance qui naît de la nature du chenal, ainsi qu'il a été déjà expliqué, la perte d'effet qui provient de l'impropriété de la vitesse des aubes à s'adapter à celle d'un courant change encore les résultats, et a des degrés d'autant plus grands que le courant devient plus rapide. Ainsi, pour ne prendre que le terme extrême, si le courant augmentait de vitesse jusqu'à égaler la vitesse possible des aubes, une force même infinie ne pourrait faire remonter le bateau, et la perte d'effet serait aussi infinie.

Sans doute on peut faire varier jusqu'à un certain point la vitesse des aubes en augmentant celle de la machine à vapeur, mais c'est tout au plus si on peut accroître de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ la vitesse du piston qui est déjà de 1 m⁰ par seconde, de sorte que dans tous les cas cela ne donne qu'une variation bien faible en comparaison de celle des courans, qui passent fréquemment de $\frac{1}{2}$ mètre à 2, 3 et 4 mètres.

Et cependant nous n'avons pas encore tenu compte de l'accroissement de résistance qui provient de la pente de ces courans, et qui agit de manière que le bateau est obligé en quelque sorte de gravir un plan incliné. Désignons par P le poids du bateau chargé, i la pente de la rivière: en introduisant ce nouvel élément dans nos équations, nous trouvons

$$v = (v + c) \left(1 + \frac{b}{a} \sqrt{1 + \frac{Pc}{(v + c)^2}} \right)$$

$$Fu = (Rb^2(v + c)^2 + Pi) v$$

ce qui nous montre qu'à raison de cette nouvelle circonstance, le mouvement des aubes doit être rendu plus rapide, et la force de la machine motrice doit être augmentée de la quantité $Pi \cdot v$. Cette quantité est encore assez considérable pour des courans un peu rapides, dont la pente va jusqu'à $\frac{1}{500}$; ainsi, pour un bateau de 200 tonneaux, qui pèserait (y compris coque et machine) 320 tonneaux, et dont les aubes auraient une vitesse de 5 mètres, ce supplément de force devrait être de $320000^k \times \frac{1}{500} \times 5$ ou 1600^k ; ce qui, à 80^k par force de cheval, exigerait un surplus de 20 chevaux, ou bien donnerait lieu à une diminution de vitesse proportionnelle.

En résumé, lorsqu'on voudra passer de la considération du mouvement des bateaux dans un fluide stagnant, à celle du même mouvement dans une rivière, il faudra tenir compte non-seulement des variations du courant c , mais encore de sa pente i , et de l'augmentation de résistance R due à la configuration de son lit. La règle généralement adoptée à cet égard fait abstraction de ces circonstances, et suppose que le bateau, remontant une rivière, doit prendre une vitesse précisément égale à l'excédant de sa vitesse en eau morte sur celle du courant. Cette règle doit donc conduire à des résultats erronés.

Au surplus, cette différence de la marche des bateaux dans les deux cas est pleinement confirmée par l'observation, comme nous le verrons plus loin.

CHAPITRE III.

Du Halage sur les rivières et canaux, et du Touage par la vapeur.

Le halage est la manière la plus simple de faire marcher les bateaux; il n'exige d'autre appareil qu'une simple corde fixée à une cheville ou à un mât du bateau, et tirée par le moteur qui chemine le long du marche-pied ou chemin de halage, pratiqué ordinairement sur le bord des rivières ou des canaux. Quelquefois le halage est effectué par des hommes, comme sur la Loire, la Garonne, les canaux d'Orléans, de Loing, de Gisors, etc.; plus fréquemment il est exécuté par des chevaux attelés deux à deux, comme sur presque toutes les rivières ou canaux; enfin, il est dans quelques circonstances combiné avec la navigation à la voile, ainsi que cela a lieu sur la Seine, de la Meilleraye à Rouen; sur la Loire, sur le canal de Languedoc, etc.

Il y a plusieurs causes qui obligent d'abandonner la navigation à la voile et de recourir aux moyens plus dispendieux du halage :

1^o L'accroissement excessif de la vitesse des rivières à mesure qu'on s'éloigne de leur embouchure; c'est ce motif qui empêche les navires à voile de remonter le Rhône au-delà de Beaucaire, la Garonne au-delà de Langon, le Rhin au-delà de Cologne.

2^o L'encaissement des rivières, qui empêche l'action du vent.

3^o Leurs sinuosités qui rendent son secours très précaire.

4° La multiplicité des ponts dont le passage oblige à des manœuvres répétées pour démâter et remâter; d'où résultent des retards et des fatigues plus onéreuses que les services qu'on pourrait tirer du vent: ce sont ces trois dernières causes qui empêchent d'établir la navigation à la voile sur la Seine, de Rouen à Paris; car autrement la faible vitesse de cette rivière serait très propice à ce mode de navigation, qui y a existé à des époques reculées, et qu'on a essayé plusieurs fois de rétablir, sans éprouver d'autres obstacles que la lenteur des manœuvres et l'insuffisance des vents.

Quelquefois on continue la navigation à la voile, quoiqu'elle devienne très précaire et très pénible: c'est lorsqu'il y a presque impossibilité d'établir un chemin commode pour le halage. C'est le cas de rivières très larges, peu encaissées, et dont le lit sablonneux change souvent par suite des crues qui jettent le courant tantôt à droite, tantôt à gauche, ou même sur les propriétés voisines; aussi la remonte de la Loire, par exemple, se fait-elle presque exclusivement à la voile, et le halage proprement dit n'a guères lieu sur la Loire que pour les marchandises exigeant célérité; il est effectué par des haleurs qui marchent péniblement à travers les bancs de sable de ce fleuve.

Expériences sur la marche des bateaux dans l'eau morte.

D'Alembert, Condorcet et Bossut entreprirent en 1775, par ordre du gouvernement, plusieurs séries d'expériences faites avec grand soin, dont le but principal était de chercher les lois de la résistance des fluides. Ces expériences, dont on trouve les détails circonstanciés dans le second volume de l'Hydrodynamique de Bossut, furent faites sur une grande pièce d'eau située dans l'enceinte de l'École militaire à Paris; on se servit de plusieurs bateaux de différentes dimensions et de différentes formes, qui étaient mis en mouvement par la descente d'un poids le long d'un mât, et dont le cordon était dirigé par plusieurs poulies de renvoi. On a mesuré le temps du mouvement des bateaux à l'aide d'une pendule à demi-secondes.

On a d'abord observé que dans les premiers instants du mouvement des

bateaux, la vitesse s'accélère par degrés; tant que cette vitesse est fort petite, l'eau se détourne facilement, et coule le long des parois du corps flottant, de manière que le fluide demeure de niveau, au moins sensiblement, de l'avant à l'arrière; mais à mesure que la vitesse augmente, le fluide a plus de peine à se détourner, il s'amoncelle au devant de la proue; il y forme une espèce de proue fluide qui a plus ou moins d'étendue, selon que la vitesse est plus ou moins grande, et que la proue solide a plus ou moins de largeur; de plus, le fluide s'abaisse vers la partie postérieure du bateau; ce double effet est d'autant plus sensible, toutes choses égales d'ailleurs, que la vitesse est plus grande; ainsi l'augmentation de vitesse doit faire augmenter rapidement la résistance que le bateau éprouve pour diviser le fluide.

Voici les principaux résultats de ces importantes expériences:

1° Les résistances d'un même corps qui divise un fluide avec différentes vitesses sont sensiblement proportionnelles aux carrés de ces vitesses.

2° Les résistances directes et perpendiculaires des surfaces planes sont sensiblement proportionnelles (pour une même vitesse) aux étendues de ces surfaces.

3° Les résistances qui proviennent des mouvements obliques ne diminuent pas à beaucoup près, toutes choses d'ailleurs égales, dans la raison des carrés des sinus des angles d'incidence; par conséquent la théorie ordinaire de la résistance des fluides (qui suppose que la diminution est proportionnelle à ces carrés) doit être entièrement abandonnée lorsque les angles d'incidence sont petits, puisque alors elle donnerait des résultats très fautifs; mais pour les cas où les angles d'incidence seraient grands, comme dans l'intervalle de 50 à 90 degrés, on peut employer la théorie ordinaire comme moyen d'approximation.

4° La mesure de la résistance directe et perpendiculaire d'une surface plane dans un fluide indéfini est le poids d'une colonne de fluide qui a pour base cette surface, et pour hauteur la hauteur due à la vitesse.

5° La résistance ou la percussion est plus grande et à peu-près double, dans un coursier qui conduit l'eau contre les ailes d'un moulin, et qui n'a que la largeur purement nécessaire, de celle qui a lieu dans un canal de largeur indéfinie.

6° Quand un bateau se meut dans un canal étroit et peu profond, la résistance varie entre des limites quelquefois très écartées.

7° La ténacité de l'eau est une résistance que l'on doit regarder comme infiniment petite, ou comme nulle par rapport à celle qu'un bateau éprouve en poussant l'eau, surtout quand sa vitesse est un peu sensible.

Voici d'autres résultats obtenus par la Société d'Architecture navale de Londres, d'après des expériences faites sur des modèles de bateaux ou autres corps flottans, animés de vitesses de 2^m à 2^m 5 par seconde. Ces résultats ont été transformés en mesures françaises et ramenés à la vitesse commune de 1^m, ainsi qu'à la section uniforme de 1 mètre carré.

Plaque de fer carrée.	résistance.	56	*	94
Plaque ronde.		56		85
Cube.		55		94
Cylindre dans le sens de l'axe (double du diamètre).		52		66
Cylindre terminé par un hémisphère.		39		51
<i>Le même</i> retourné.		15		71
Cylindre terminé par deux hémisphères.		13		66
Sphère.		17		80

Divers modèles de bateaux, dix fois plus longs que larges.

Proue et poupe carrée.		55	*	81
Proue carrée et poupe aiguë, à parois verticales.		49		51
Poupe carrée et proue aiguë, <i>idem</i> .		25		36
Proue et poupe aiguë, <i>idem</i> .		18		62
Modèles très courts, avec les extrémités plus	de	21		12
ou moins aiguës.		à		37

Ce tableau montre la grande influence qu'exerce la forme des bateaux sur la résistance qu'ils éprouvent dans leurs mouvements contre un fluide, puisque celle-ci varie suivant les cas dans le rapport de 5 à 1.

La variation aurait été encore plus grande si l'on avait éprouvé non-seulement des bateaux à parois verticales, mais en outre des bateaux façonnés à double courbure; on eût trouvé que dans ceux-ci la résistance se réduisait, comme dans les frégates et autres bâtimens fins voiliers

à 8^o 00, c'est-à-dire au 7^e seulement de la résistance d'une surface plane de même projection.

Pour appliquer ces résultats au halage des bateaux, désignons par F la force de traction des chevaux ou autres moteurs,

Par v la vitesse commune du moteur et du bateau,

Par c celle du courant,

Par b^2 l'aire de la section transversale du bateau,

Par r la résistance que le bateau éprouve par mètre carré de section, à raison de la vitesse d'un mètre.

La vitesse relative du bateau et de l'eau étant $v \pm c$, suivant que l'on descend ou que l'on remonte le courant, la résistance éprouvée sera proportionnelle au carré de cette vitesse ou à $(v \pm c)^2$; et la quantité totale de cette résistance sera

Comme elle est surmontée avec la vitesse v , l'effet dynamique sera représenté par $r b^2 (v \pm c)^2 v$, et celui-ci devra être égal à la force motrice Fv , de sorte qu'on aura la relation

$$Fv = r b^2 (v \pm c)^2 v. \quad (a)$$

Ou $F = r b^2 (v \pm c)^2 v. \quad (b)$

Au moyen de cette équation, on pourra toujours déterminer l'une des cinq quantités qu'elle renferme lorsque les quatre autres seront connues.

Appliquons-la d'abord au cas le plus simple, c'est-à-dire au mouvement des bateaux dans une eau stagnante: on aura alors $c = 0$, et la formule se réduit à $F = r b^2 v^3$. (c)

Dans cet état, elle nous montre que la force dépensée était proportionnelle au carré de la vitesse imprimée: il importe de réduire cette vitesse autant que possible, toutes les fois que les transports devront être faits avec économie. C'est pour cela qu'en général le halage s'effectue avec moins de vitesse que le roulage.

La force est aussi proportionnelle au carré b^2 d'une des dimensions du bateau; mais la charge qu'il peut porter étant proportionnelle au cube de cette même dimension, il en résulte qu'il y a économie de force motrice, toutes les fois qu'on peut agrandir les dimensions des bateaux.

L'élément le plus essentiel à déterminer pour utiliser la formule (c) est la quantité r , ou l'unité de résistance par mètre carré de section. Nous avons vu que cet élément variait de 56 à 8¹, depuis les bateaux de forme carrée jusqu'aux navires les plus fins. Les bateaux de forme aiguë, mais à parois verticales, ont fait éprouver une résistance de 11¹ 37, et l'on peut conclure que si l'on changeait leurs extrémités prismatiques en forme pyramidale, la résistance serait réduite au moins à 10¹, ou tout au plus à $\frac{1}{2}$ en sus de celle des navires les plus fins. On aura donc pour l'équation du halage dans une eau stagnante et indéfinie

$$F = 10 b^2 v^3, \text{ ou } Fv = 10 b^2 v^3. \quad (d)$$

Dans le halage sur les canaux et les rivières d'une largeur médiocre, le fluide ne saurait être regardé comme indéfini, de sorte que la valeur adoptée $r = 10^1$ serait trop faible pour ces cas qui sont les plus ordinaires. Pour la modifier convenablement, remarquons que dans un canal, le bateau occupe ordinairement la moitié de la largeur du lit, et du tiers au quart de la largeur de l'eau à la superficie; il en résulte que la section du bateau n'est guères que le tiers ou le quart de la section d'eau du canal. Par conséquent, l'eau qui est refoulée en avant par le mouvement du bateau tend à s'écouler vers l'arrière avec un surcroît de vitesse qui dépend de cette proportion des deux sections, de sorte que c'est la même chose que si l'on avait à surmonter un courant, ou à se haler dans une rivière animée d'un excédant de vitesse semblable. Dans un canal qui aurait quatre fois la section d'un bateau, la vitesse rétrograde de l'eau serait le tiers de la vitesse progressive de celui-ci, et si la section n'était que triple, cette vitesse rétrograde s'éleverait à la moitié. Quant au surcroît de vitesse qui résulte ainsi du rétrécissement du chenal, on peut bien l'estimer à la moitié de la vitesse absolue de l'eau, ou à $\frac{1}{6}$ de celle du bateau dans le premier cas, et à $\frac{1}{3}$ dans le second; de sorte qu'il faudrait substituer dans notre formule, suivant les cas, au lieu de v^3 , les quantités $(\frac{7}{6} v)^3$ ou $(\frac{5}{4} v)^3$, ou ce qui revient au même, substituer au coefficient constant 10 les nombres 13, 6 ou 15, 6, selon que les canaux seront plus ou moins larges ou étroits. Pour ne considérer cet objet que d'une manière générale, il nous suffit de prendre un nombre intermédiaire entre ces deux-là, et nous aurons

pour formule approximative moyenne du mouvement des bateaux sur les canaux,

$$Fv = 15 b^2 v^3$$

Appliquons-la à quelques exemples:

Sur le canal de Languedoc, deux chevaux de force médiocre halent un bateau de 100 tonneaux, de dimension suivante, longueur 22^m, largeur 5^m, tirant d'eau 1,6 section $5 \times 1,6 = 8^m$.

La force de traction des chevaux, suivant leur constitution, varie communément de 40 à 80^k avec une vitesse de 1^m par seconde; l'effort dont ils sont susceptibles devient d'autant plus petit, que la vitesse qu'ils prennent est plus grande, et *vice versa*. Dans les cas où l'on ne fait pas varier cette vitesse dans des limites trop écartées, on peut considérer ces deux éléments comme variant exactement en rapport inverse l'un de l'autre, de sorte que l'effet dynamique du moteur demeure le même pour des vitesses peu différentes. Dans ce cas, Fv sera à-peu-près constant, quoique v puisse varier.

Pour le canal de Languedoc, les chevaux étant de force moyenne, ils seront capables d'élever un poids de 60^k à 1^m par seconde, et l'on aura $Fv = 60 \times 2$. En substituant ces nombres et ceux relatifs aux dimensions des bateaux dans la formule, on trouve:

$$60 \times 2 = 15 \times 8 \times v^3$$

D'où

$$v = \sqrt[3]{\frac{6 \times 2}{15 \times 8}} = 1^m \text{ par seconde, ou } 3,600^m \text{ par heure.}$$

Pour parcourir toute la ligne du canal qui est de 240,000^m, nos deux chevaux mettront donc $\frac{240000}{3,600} = 66 \frac{2}{3}$.

Le passage d'une écluse exige 8 à 10', ou moyennement 9'; et comme il y en a 100, ce sera 900' ou 15^h; durée totale du trajet, $66 \frac{2}{3} + 15^h = 81 \frac{2}{3}$; ce qui, à raison de 12^h de marche par jour, fait près de sept jours; c'est en effet le temps que mettent les bateaux au trajet d'Agde à Toulouse; quelquefois ils ne mettent cependant que 6 journées, comme au retour où ils ne portent que moitié charge, ou bien lorsqu'un vent favorable leur permet d'aller à la voile.

Sur ce canal, un cheval hale donc par heure 50 tonneaux à 3,600 m., ce qui revient à 180 tonneaux transportés à 1 kilom. ; et par jour à 180 tonneaux à 1 myriam.

On emploie depuis peu de temps de plus grands bateaux, qui portent un tonnage double; ils ont 30^m sur 6, et 1^m 8 de tirant d'eau. Leur section est donc 10^m 8. En employant deux forts chevaux, on peut les haler avec la même vitesse que les petits: en effet, on a dans ce cas $Fv \propto 80^{\frac{1}{3}} + 2$, et leur formule donne:

$$80 \times 2 = 15 \times 10.8 \times v$$

Dau

$$v = \sqrt{\frac{160}{162}} = 0^m\ 995, \text{ ou } 1^m \text{ à très peu près.}$$

Dans cet exemple, l'effet dynamique utile d'un cheval est le transport de 360 tonneaux à un myriamètre par jour.

Si l'on n'employait que les deux chevaux moyens, comme dans le premier cas, la vitesse se réduirait à

$$V = \sqrt{\frac{60 \times 2}{162}} = 0.9$$

La durée de la marche effective durant tout le trajet s'élèverait donc à :

Total 89 ^b _c

ce qui équivaut à 7 $\frac{1}{2}$ journées de 12 heures, ou seulement une demi-journée de plus que par l'emploi de forts chevaux.

Enfin, si l'on ne se servait que de l'un de ceux-ci, on trouve que la durée du trajet serait de 98 heures ou de 8 journées et $\frac{1}{2}$ seulement.

L'effet dynamique du cheval est dans ce cas de près de 600 tonneaux transportés à 1 myriamètre.

Halage par des hommes. Sur les canaux d'Orléans et de Loing, un homme tire un bateau de 50 à 60 tonneaux, de 26^m de long, 4^m 5 de long et 1^m à 1^m 1 de tirant d'eau, section 4,05. La force d'un homme ba-

bitué à ce travail est équivalente à 10^k , élevés à 1^m par seconde. Ainsi, $Fv = 10^k$, $b^s = 4^m 95$; ce qui nous donne

$$10 = 15 \times 4,95 \times v^5 \text{ ou } v = \sqrt[5]{\frac{10}{15 \times 4,95}} = 0^m 5125, \text{ ou par heure } 1845^m.$$

Le trajet des deux canaux étant de $73 + 50 = 123$ kilomètres, la durée de la marche effective sera $\frac{123000}{66} = 1850$ minutes.

Passage des 28 écluses du canal d'Orléans à 7' $\frac{1}{2}$ chaque 3 $\frac{1}{2}$

Total 80^h

A raison de 8^h de marche par jour, le haleur fera donc ce trajet en 10 journées: c'est en effet ce qu'on obtient dans la pratique.

L'effet dynamique d'un homme employé au halage est donc de 50 à 60 tonneaux, transportés à 1500^m; ou d'environ 85 tonneaux, transportés à 1 kilomètre par heure; ou bien de 68 tonneaux, transportés à 1 myriamètre par jour.

Cet effet étant environ le tiers de celui d'un cheval, cette circonstance explique pourquoi le halage par des hommes n'est pas aussi désavantageux qu'il le semblerait d'abord, et pourquoi il se maintient sur les deux canaux que nous venons de citer, ainsi que sur celui de Givors, de Saint-Martin, et en général sur tous ceux qui ont beaucoup d'écluses. Un cheval et son conducteur occasionnent, en effet, une dépense plus que triple de celle d'un haleur.

Du halage sur les rivières.

Si, en raison de la plus grande largeur des rivières, comparativement aux canaux, le mouvement des bateaux y éprouve moins d'obstacles, d'un autre côté, ces cours d'eau donnent lieu à d'autres résistances, qu'il importe de reconnaître et d'évaluer.

1° Outre l'accroissement d'impulsion, qui provient du courant, et qui s'ajoute à la vitesse du bateau à la remonte, ou s'en retranche à la descente, il y a une autre force qui naît du poids même du bateau, et est proportionnelle à la pente de la rivière. Cette résistance est analogue à celle qu'on éprouve à mouvoir un corps sur une plan incliné, et se me-

sure de la même manière. La pente des rivières navigables pouvant aller jusqu'à $\frac{1}{10}$, il s'ensuit que l'accroissement de résistance dû à cette cause peut s'élever pour un bateau de 60 tonneaux de charge nette ou de 100 tonneaux avec sa coque, jusqu'à $\frac{1}{10}$ de 100,000^k; ce qui revient à 100^k, et représente près d'une fois et demie la force d'un cheval, dans ce cas extrême; mais pour l'ordinaire, la pente n'étant que de $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{10}$, cet obstacle devient moindre, et s'élève tout au plus à $\frac{1}{10}$ de l'effet utile. On peut même le négliger pour les rivières dont la pente est presque insensible, comme la Basse-Seine.

2^o Les rivières ayant beaucoup de sinuosités, et leur cours étant souvent obstrué par des bancs, qui ne laissent que des passes étroites et contournées, on est obligé, pour se diriger, d'avoir presque constamment recours à l'emploi du gouvernail, qui occasionne ainsi un accroissement notable de résistance, qu'on ne peut surmonter qu'aux dépens de la force motrice. On peut l'évaluer au moins de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ de l'effet utile, y compris l'excès de résistance, qui a lieu quand le bateau prend accidentellement ou par nécessité le travers du courant.

3^o Si les bateaux se tenaient toujours dans le *Thalweg* ou vers le milieu du lit des rivières un peu larges, ou pourraient les considérer comme se mouvant dans un fluide indéfini, ou tout au plus limité par le fond de ce lit; mais le tirage ayant lieu du bord, les bateaux tendent à se rapprocher du chemin de halage, et le chenal se trouvant alors limité tant par la rive voisine que par le lit, il en résulte un accroissement de résistance analogue à celui que nous avons reconnu dans les canaux, mais un peu moindre, en raison de l'espace indéfini restant sur l'autre rive. On peut l'estimer moyennement à 1^k ou 1^k 84 par mètre carré de section de bateau.

4^o Enfin, le tirage se faisant du chemin de halage avec une obliquité plus ou moins grande, tant dans le sens vertical que dans le sens horizontal, et qui va souvent à plus de 45°, cette direction vicieuse, quoique inévitable, occasionne non-seulement une perte de force proportionnée à cette obliquité, mais empêche les moteurs animés de développer convenablement tous leurs efforts. Par ce double motif, on peut estimer que l'effet utile est réduit dans le rapport du carré du cosinus de l'inclinaison

moyenne qui est au moins de 36°. Or $m^3 36 = 0,65$, et la perte serait environ le tiers de la force employée ou la moitié de la force utile.

Réunissons maintenant les diverses résistances qu'éprouve un bateau par mètre carré de section, contre une vitesse relative d'un mètre par seconde.

Résistance directe dans une eau indéfinie. . . 10¹ à 15¹ suivant la forme du bateau.

Résistance due au gouvernail, etc., 1 à 2, 00

Idem, au rétrécissement du chenal. 1 à 1, 75

Total 12 19,75.

Perte due à l'obliquité du tirage 6 9,88.

Total 18¹ à 29¹ 63.

Pour appliquer au halage des rivières la formule ci-dessus

$$Fv = rb^2 (v \pm c)^2 v$$

il faudra donc substituer au nombre $r = 12$, adopté pour les canaux, celui $r = 18$ ou 30^1 , et l'on aura ainsi approximativement, suivant les circonstances

$$Fv = 18 b^2 (v \pm c)^2 v$$

Ou

$$Fv = 30 b^2 (v \pm c)^2 v$$

On voit que ce calcul repose sur des éléments bien variables, et qu'il conduit, suivant les cas, à des résultats qui changent dans le rapport de 3 à 5, pour la dépense de force motrice. De là, lorsqu'on voudra obtenir plus de précision, la nécessité de recourir à des expériences directes. Par exemple, sur la Basse-Seine, d'après les observations de Lahire, les chevaux de halage tirent les bateaux avec un effort de 80^1 chacun, et en faisant un demi-mètre par seconde; et comme 8 chevaux suffisent pour haler un bateau de 300 tonneaux, de 7¹ 5 de large sur 2¹ 0 de tirant d'eau, en substituant ces nombres dans la formule ci-dessus, on trouve

$$80 \times 8 = r \times 7,5 \times 2^1 0 (0,7 + 0,5)^2$$

La vitesse moyenne de la Seine étant estimée à $0^{\text{m}} 7$,

On en tire pour la valeur de l'unité de résistance r ,

$$r = \frac{640}{21,6} = 29,63.$$

ce qui se rapproche de la plus forte des deux évaluations théoriques ci-dessus.

Au reste, si la détermination de cette unité de résistance peut produire, suivant les cas, de notables différences dans l'évaluation de la force motrice nécessaire, lorsqu'on tient à marcher avec une vitesse toujours la même, il n'en est plus ainsi lorsque, la force motrice étant donnée, on veut calculer les vitesses qui en résultent, et qui, variant très peu, même dans des circonstances assez différentes, n'ont qu'une petite influence sur la durée du trajet. Par exemple, si au lieu du nombre 30, nous eussions adopté l'évaluation 25, qui est beaucoup plus faible, on trouverait que l'augmentation de vitesse ne serait que de $0^{\text{m}} 05$ par seconde, ce qui ne donne, pour le voyage de Rouen à Paris (qu'on fait en 15 à 18 jours, ou 360 à 432 heures), qu'une économie de 7 heures.

Quoiqu'il en soit, en comparant les deux expressions du mouvement des bateaux sur les canaux et sur les rivières, on voit que celles-ci, indépendamment du courant, donnent lieu à une dépense de force 2 fois à 2 fois et demie plus forte, à section égale de bateau. Mais sur la Seine, à cause de la grandeur des bateaux employés, 8 chevaux n'en traînent pas moins 500 tonneaux, c'est-à-dire les trois quarts de la charge qu'ils pourraient mener sur un canal. Ceci confirme l'observation déjà faite sur l'avantage des grands bateaux, pour diminuer la dépense de force motrice.

Quant à l'effet des courants, on voit aussi qu'une vitesse modérée comme celle de la Seine suffit pour réduire à moitié la vitesse du halage, de sorte que cette seule circonstance exige déjà l'emploi deux fois plus prolongé de la même force, ou, ce qui revient au même, la dépense d'une force double.

Sur des rivières rapides, comme le Rhône, dont la vitesse dépasse 2^{m} par seconde, on trouve que la résistance deviendrait 9 fois plus grande par une marche aussi prompte que celle sur les canaux; 6 fois $\frac{1}{2}$ par la vitesse du halage sur la Seine, et encore 5 fois $\frac{1}{2}$, en réduisant, comme

on le fait, cette vitesse à $\frac{1}{3}$ de mètre. Il faut en outre doubler au moins ces quantités, pour tenir compte des résistances dues aux autres circonstances, ainsi que nous l'avons vu.

Il résulte de là, ainsi que du mouvement connu des bateaux sur la Seine et sur le Rhône, que l'effet utile de la journée d'un cheval se réduit à transporter

Sur la Seine, 40 ton. à 16 kilom. ou 64 tonneaux à 1 myriam.

Sur le Rhône, 7 $\frac{1}{2}$ à 10 *idem* ou 7 $\frac{1}{2}$ *idem* à 1 *idem*.

Sur un canal, 500 à 36 *idem* ou 180 *idem* à 1 *idem*.

Sur un canal, { 500 ou 100 ou 32 *idem* ou 320 *idem* à 1 *idem*.

Id. (jr. d'hom.) 50 à 60 à 15 *idem* ou 68 *idem* à 1 *idem*.

Du touage (1) par la vapeur.

Après avoir reconnu les inconvénients des modes de navigation usités, et après avoir établi que dans le halage ordinaire, les pertes d'effet sont dues à l'obliquité du tirage, au défaut d'ensemble des chevaux, à l'impropriété de leur vitesse; que dans les bateaux avec roues à aubes, la principale perte de force provient du défaut de point d'appui de ces aubes, qui agissent en vain contre un courant qui se dérobe à leur impulsion, nous avons à examiner le seul système qui soit exempt de ces inconvénients, c'est-à-dire le touage mécanique, dans lequel les bateaux sont remontés par un moteur placé à bord, et agissant par l'intermédiaire d'une chaîne arrêtée à un point fixe.

Théorie du touage en général.

Les résistances que les bateaux éprouvent dans ce système, comme dans les autres, proviennent toujours des trois causes déjà signalées, c'est-à-dire de l'impulsion de l'eau proportionnelle à la section des bateaux, de la pente à remonter qui produit une résistance proportionnelle au poids des bateaux chargés, et enfin de l'action du gouvernail combinée avec l'obliquité accidentelle des bateaux.

(1) L'action de *touer* consiste à mouvoir un ou plusieurs bâtiments à-la-fois, au moyen d'un ou plusieurs treuils ou cabestans, sur lequel on en roule, en le virant, un câble arrêté à un point fixe.

Désignons toujours par c la vitesse du courant, par v celle des bateaux, par B' la section de ceux-ci, par r la résistance sur un mètre carré, par p la pente du courant, par M le poids total des bateaux chargés, et par F_u la force motrice.

La résistance due à l'impulsion de l'eau se déterminera comme il suit: La vitesse relative du convoi sera égale à $v \pm c$, suivant qu'il descendra ou remontera le courant; la résistance sera proportionnelle au carré de cette vitesse. On sait d'ailleurs qu'elle est aussi en raison de la section des bateaux: cette partie de la résistance totale pourra donc être exprimée par

$$r B' (v \pm c)^2$$

La seconde partie due à la pente sera simplement

$$pM.$$

La dernière partie due à l'obliquité accidentelle des bateaux et à la réaction du gouvernail, ainsi qu'à l'action des vents, sera très variable, et l'on ne peut estimer la moyenne que par aperçu; nous la supposerons d'un dixième de la résistance directe, ou de

$$\frac{1}{10} r B' (v \pm c)^2$$

En réunissant ces trois quantités, on trouve pour la valeur de l'effort exercé contre les bateaux

$$\frac{11}{10} r B' (v \pm c)^2 + pM$$

Cette résistance devant être surmontée avec la vitesse v , l'effet dynamique produit sera

$$\frac{11}{10} r B' (v \pm c)^2 v + p M v$$

et il devra être égal à la force motrice F_u , de sorte qu'on aura la relation

$$\frac{11}{10} r B' (v \pm c)^2 v + p M v = F_u$$

En diminuant convenablement la vitesse des bateaux, on pourra tou-

jours rendre le premier membre de cette équation aussi petit qu'on voudra: il en résulte qu'on pourra toujours remonter une charge quelconque, quelle que soit la vitesse du courant et la force motrice, pourvu qu'on ralentisse la marche du convoi.

La même équation nous montre qu'à mesure que le courant variera, il faudra changer l'intensité de la force motrice, ce qui ne peut avoir lieu que dans des limites très rapprochées, surtout pour les machines à vapeur; ou bien qu'il faudra faire varier la vitesse du toueur en sens inverse du courant, ce qui sera toujours possible à l'aide d'engrenages convenables. Nous chercherons ci-après dans quelle proportion cette variation doit avoir lieu suivant chaque localité.

Pour appliquer à la pratique la formule ci-dessus, il faudra déterminer la valeur de la quantité r ou de la résistance de 1 mètre carré de surface de bateau; on peut voir d'avance que cette quantité sera très variable, suivant la forme plus ou moins aiguë des bateaux, suivant le rétrécissement ou l'élargissement du courant, enfin suivant que les bateaux, allant en convoi, marchent plus ou moins dans les eaux des uns des autres. Pour les bâtimens de mer, naviguant dans une eau indéfinie, nous avons vu que cette résistance n'était que le cinquième de celle de la surface directe, ou même que le septième pour les navires fins voiliers. Or, on a vu aussi que la résistance d'un mètre carré, animé de la vitesse d'un mètre par seconde, est d'environ 50 à 56^k ; ainsi celle d'un navire serait par mètre carré de section depuis 10 jusqu'à 8^k .

La forme moins parfaite des bateaux de rivière, et le peu de largeur du courant, font sans doute que la résistance dépasse dans ce cas la plus forte des évaluations ci-dessus, au moins pour le premier bateau du convoi. Quant aux autres, ils doivent éprouver généralement moins de résistance que le premier, et il est assez possible que leur résistance soit à-peu-près égale à celle de 10^k par mètre carré, en raison du remous qui leur est favorable. En adoptant provisoirement $r=10$, notre formule deviendrait

$$11 B^2 (v \pm c)^2 v + p M v = F u$$

et l'on voit qu'elle ne contient aucune quantité que l'observation directe ne puisse donner dans chaque cas particulier d'application.

Mais pour déterminer plus sûrement la valeur de la résistance r , de laquelle dépend essentiellement l'exactitude de notre formule, nous aurons recours aux expériences faites sur la Saône, et que nous avons répétées assez long-temps pour être parfaitement sûr de leurs résultats.

Vitesse du courant = 3^m 33 = c .

Vitesse du toueur et du convoi = 0^m 09 = v

Section du toueur = 3^m 80
Idem des 6 bateaux de charge, 30^m } 33,80 = B .

Pente du courant = $\frac{1}{1800}$ = p

Poids de la charge remontée = 500 tonneaux.

Idem des 6 bateaux. . . = 200
Idem du toueur. . . . = 75 } 775 tonneaux = M

Force motrice = 6 chevaux = 6×75^k = 450^k = F_u

En substituant ces valeurs dans l'équation, on trouve

$$\frac{11}{10} r \times 33,80 (3,33 + 0,09)^2 \times 0,09 + \frac{775000 \times 0,09}{1800} = 450$$

ou $39,14 \times r = 450 - 38,75 = 411,25$

ce qui donne $r = \frac{411,25}{39,14} = 10^k 5$

En substituant cette valeur dans la formule, elle devient

$$(11,55 B^2 (v \pm c)^2 + p M) v = F_u$$

Appliquons-la à un exemple :

Section du toueur = $6^m \times 0,8 = 4^m 8$
Id. de 3 bateaux = $3 \times 7,5 \times 1,8 = 40,5$ } = 45^m 3 = B

Vitesse du courant = 0^m, 6 = c

Idem du convoi = 1^m = v

Poids du toueur = 100 tonneaux
Id. des bateaux = 300
Id. de la charge = 900 } 1300 tonneaux = M .

Pente de la rivière = $\frac{1}{10000} = p$

Nous aurons $F_u = (11,55 \times 45,3(1+0,6)^2 + \frac{1300000}{10000}) \times 1^m$
ou $F_u = 1343 + 130 = 1473 = \frac{1473}{75} \text{ chevaux} = 19,6 \text{ chevaux.}$

On voit que l'effet de la pente produit une augmentation de résistance d'un peu moins de $\frac{1}{10}$.

Pour simplifier notre formule, en lui laissant encore tout le degré d'approximation que le sujet comporte, nous remplacerons la quantité pM par à-peu-près l'équivalent du $\frac{1}{10}$ de la résistance, de sorte qu'elle deviendra

$$F_u = 12,5 B^* (v \pm c)^2 v$$

Lorsqu'il s'agit de parcourir un trajet donnée E , la durée du trajet est $\frac{E}{v}$ et la consommation de force motrice est pour le remonte

$$F_u \times \frac{E}{v} = 12,5 B^* E (v \pm c)^2$$

ce qui nous montre que la dépense de force motrice sera d'autant moindre que la vitesse de la marche sera plus petite, quoique la durée du voyage en soit accrue d'autant. Toutefois, cette dépense de force ne pourra pas descendre au-dessous de $12,5 B^* E c^2$ qui suppose la vitesse nulle, ni même atteindre cette limite. Quant à la descente, la force motrice peut se réduire à rien, si l'on diminue la vitesse jusqu'à n'être plus égale qu'à celle du courant.

Dans la formule ci-dessus, la force est exprimée en kil. élevés à 1^m , et la vitesse en mètres par seconde. Dans beaucoup de cas, il sera plus commode de prendre pour unité la force du cheval, et la vitesse de 1 myriam par heure. La formule deviendra dans ce cas :

$$F = 3,6 B^* (v \pm c)^2 v$$

On en déduit cette règle pratique : Pour trouver la force motrice d'un toueur, multipliez 3,6 fois la somme des sections des bateaux par le carré de la vitesse relative et par la vitesse absolue, exprimées en myriamètres.

La consommation de combustible, pour un trajet donné E , sera

$$F \times \frac{E}{v} \times d = 3,6 \times B^* (v \pm c)^2 E d$$

d étant la consommation de houille par heure et par cheval.

On en déduit cette autre règle pratique: pour trouver la consommation totale de houille, multipliez 3,6 fois la somme des sections des bateaux par le carré de la vitesse relative, par l'espace à parcourir, et par la quantité consommée par heure et par cheval.

Par exemple, soit un toueur et 4 bateaux de 5^m de section chacun, auxquels on veut imprimer une vitesse de 0^{myr.}4 contre un courant de 0^{myr.}6 on aura

$$B^* = 5 \times 5 = 25 \quad v = 0,4 \quad c = 0,6$$

$$F = 3,6 \times 25 (0,4 \times 0,6)^2 \times 0,4 = 36 \text{ chevaux:}$$

Si le trajet est de 24 myr., et la consommation de 5^t ou $\frac{1}{200}$ de tonneau par heure et par cheval, la consommation totale sera

$$36 \times \frac{24}{0,4} \times \frac{1}{200} = 10,8 \text{ tonneaux.}$$

La limite de la moindre force motrice qu'on pourrait employer correspond à une consommation de combustible égale à

$$F = 3,6 \times 25 (0,0 \times 0,6)^2 \times \frac{24}{200} = 3,9 \text{ tonneaux.}$$

Si, étant donnée la force motrice et la vitesse du convoi, on voulait connaître la vitesse du courant qu'il peut surmonter, la formule donne

$$c = \mp v \pm \frac{1}{1,9} \sqrt{\frac{F}{B^* v}}$$

suivant qu'il s'agit de descendre ou de remonter le courant.

Quant à la détermination de la vitesse du convoi, elle dépend d'une équation du 3^e degré, qu'il sera plus commode de résoudre pour chaque cas particulier, que d'en donner la formule générale. Mais si l'on se demande quelle est la vitesse qui correspond à une consommation donnée de combustible D, pour un trajet E, on peut la trouver directement par l'équation $D = 3,6 B^* (v \pm c)^2 d E$, qui donne

$$v = \frac{1}{1,9 B} \sqrt{\frac{D}{d E}} \mp c$$

En prenant le même exemple que ci-dessus, et supposant que l'on voulût faire une dépense de 35 tonneaux au lieu de 10,8, on obtiendrait la vitesse

$$v = \frac{1}{1,9 \times 5} \sqrt{\frac{35}{24 \times \frac{1}{200}}} = 0,6 = 1 \text{ myr. 2.}$$

et la force motrice devrait être de 350 chevaux.

* Cet exemple suffit pour montrer les embarras où l'on se jetterait en voulant augmenter outre mesure la vitesse du touage.

Pour faire ressortir avec la même évidence la nécessité de faire varier la vitesse du convoi en raison inverse de celle des courans, prenons pour exemples deux cas extrêmes, c'est-à-dire $c = 0$ et $c = 2 \text{ myr.}$ Alors l'effet que devra faire la machine, pour fournir une vitesse constante de $0^{\circ}4$, sera dans chaque cas

$$F = 3,6 \times 25 \times 0,4^{\circ} \times 0,4 = 5,76 \text{ chevaux.}$$

$$F = 3,6 \times 25 \times (0,4 + 2)^{\circ} \times 0,4 = 207 \text{ chevaux.}$$

L'énorme différence de ces deux résultats ne permet certainement pas de les obtenir de la même machine motrice, quelque accélération qu'on cherche à donner à son piston, ou quel que soit le poids dont on surcharge la soupape de sûreté; comme aussi toute la force de la machine ne peut pas être utilisée dans le premier cas, où la résistance se trouve réduite à moins de 6 chevaux. Mais si le mécanisme est disposé de manière à pouvoir porter dans le premier cas la vitesse du convoi à $0,74$, et dans le second à $0,09$, la machine pourra continuer à marcher en faisant un effort constant et égal à-peu-près à celui de 36 chevaux, qu'elle exerçait avec une vitesse de $0,4$, contre un courant de $0,6$. En effet, on a dans ces deux cas

$$F = 3,6 \times 25 \times 0,74^{\circ} = 36,5$$

$$F = 3,6 \times 25 \times (0,09 + 2)^{\circ} \times 0,09 = 36$$

Résultats qui ne diffèrent que de $0,5$ en dessus ou en dessous de la force adoptée.

CHAPITRE IV.

Formules et tables du mouvement des bateaux à vapeur.

Bateaux avec roues à aubes mises dans une eau stagnante.

Tableau de la vitesse des aubes et de la force perdue.

Nous avons vu que la vitesse que prennent les aubes est liée à celle du bateau par la relation $v = v(1 + n)$, dans laquelle n exprime le rapport de la surface résistante du bateau à celle des aubes. L'effet total de la force motrice est à l'effet utile dans le même rapport, de sorte que l'on peut calculer en même temps l'excès de vitesse des aubes et la quantité de force perdue : c'est ce qu'on a effectué dans le tableau suivant, où l'on a pris pour unité la section du navire et sa vitesse propre, en faisant

$n = \frac{1}{\sqrt{10} A}$, c'est-à-dire en supposant la résistance des aubes dix fois

plus grande que celle du bateau, à surfaces égales, ce qui a donné la formule

$$v = v \left(1 + \frac{1}{\sqrt{10} A} \right)$$

Aire des aubes relat.	Vitesse du navire ou à la section du navire. force utilisée.	Excès de vit. des aubes ou force perdue.	Aire des aubes relat.	Vitesse du navire ou à la section du navire. force utilisée.	Excès de vit. des aubes ou force perdue.
0,01	1	3,16	0,25	1	0,63
0,02	1	2,24	0,30	1	0,58
0,03	1	1,86	0,40	1	0,50
	Courbe			Courbe	
	n° 1, Pl. 8.			n° 1, Pl. 8.	

Aire des aubes relatif à la section du navire.	Vitesse du navire ou force utilisée.	Excès de vitesse des aubes ou force perdue.	Aire des aubes relatif à la section du navire.	Vitesse du navire ou force utilisée.	Excès de vitesse des aubes ou force perdue.
0, 40	1.	0, 50	0, 80	1.	0, 35
0, 50	1.	0, 45	1, 00	1.	0, 32
0, 60	1.	0, 41			Courbe
					n° 1.

Force motrice correspondant à diverses vitesses.

Lorsque l'on tient compte du poids de l'appareil et de l'approvisionnement de combustible, nous avons vu que la formule de la force motrice, pour un navire de grandeur constante, mais de tirant d'eau variable, est

$$F = \frac{m l t v^3}{1 - m l t' (p + e^4) v^6}$$

Le tableau suivant est calculé pour un navire de 8^m de large, de 1^m 7 de tirant d'eau à vide, calant 0^m 004 de plus par chaque tonneau de charge, et où l'on suppose que le poids de la machine et du combustible pour 10 jours n'est que de 2, 2 tonneaux par force de cheval. La formule numérique devient, en faisant en outre $m=1, 62$ (1),

$F = \frac{22}{v^3 - 0, 113}$					
Vitesse du navire, Myriamètres.	Force motrice, Chevaux.	Poids de la machine et du combustible pour 10 j. ou 240 h. de marche, Tonneaux.	Vitesse du navire, Myriamètres.	Force motrice, Chevaux.	Poids de la machine et du combustible pour 10 j. ou 240 h. de marche, Tonneaux.
0	0	0	1, 4	87	191
0, 5	3, 2	7	1, 5	120	264
0, 7	7, 8	17	1, 6	166	365
0, 8	11, 8	26	1, 7	240	528
0, 9	17, 3	36	1, 8	375	825
1, 0	24, 5	54	1, 9	660	1450
1, 1	34, 3	75	2, 0	180	3960
1, 2	46, 5	110	2, 08	infini	infini
1, 3	64,	140			Courbe
					n° 2.

(1) Ce coefficient est établi sur cette base: qu'une force de 120 chevaux suffit pour imprimer à un tel navire une vitesse de 1 myriamètre 5.

*Force motrice correspondant à diverses vitesses, en faisant abstraction
1^o de la variation du poids de la machine et du combustible; 2^o de tout
ce poids.*

La formule numérique se réduit dans le premier cas à $F=35,5v^3$, et dans le second à $F=22v^3$, pour le même navire que ci-dessus.

Vitesse du navire. Myriamètres. Invariante.	Force en chevaux (poids de la machine supposé ne tenant pas compte du poids de la machine).	Vitesse du navire. Myriamètres. Invariante.	Force en chevaux (poids de la machine supposé ne tenant pas compte du poids de la machine).
0, 0 . . . 0	0	1, 6 . . . 146	90
0, 1 . . . 0, 035	0, 02	1, 7 . . . 175	108
0, 2 . . . 0, 28	0, 16	1, 8 . . . 217	129
0, 3 . . . 0, 96	0, 6	1, 9 . . . 244	151
0, 4 . . . 2, 27	1, 4	2, 0 . . . 284	176
0, 5 . . . 4, 44	2, 7	2, 1 . . . 330	204
0, 6 . . . 7, 65	4, 7	2, 2 . . . 380	235
0, 7 . . . 12, 2	7, 5	2, 3 . . . 428	265
0, 8 . . . 18, 1	11, 3	2, 4 . . . 485	305
0, 9 . . . 26, 0	16, 0	2, 5 . . . 555	343
1, 0 . . . 35, 5	22, 0	2, 6 . . . 626	386
1, 1 . . . 47, 4	29, 2	2, 7 . . . 700	472
1, 2 . . . 61, 5	38, 0	2, 8 . . . 750	485
1, 3 . . . 78, 1	48, 5	2, 9 . . . 865	512
1, 4 . . . 97, 5	60	3, 0 . . . 960	594
1, 5 . . . 120	74		

Table de la force motrice de bateaux à vapeur animés de diverses vitesses, et dont le tonnage total est supposé croître proportionnellement à cette force, de manière à laisser toujours le même rapport entre la charge de la machine et le tonnage total, le point de départ étant toujours un bateau de 500 tonneaux, animé d'une vitesse de 1^{myr}. 5, au moyen d'une machine de 120 chevaux.

Le bateau étant semblable, nous avons pour tous, $F=mt^2 v^3$ et le tonnage $T=nt^3$, t , étant le tirant d'eau. Dans l'hypothèse ci-dessus, nous devons avoir $F=m' T$; d'où nous tirons $F = \frac{m^3}{n^2 m'^2} v^9$ et $T = \frac{m^3}{n^2 m'^2} v^9$; on en substitue les valeurs numériques

$$F=3,12v^9 \quad T=15v^9.$$

Vitesse des navires.	Force motrice correspondante à diverses vitesses.	Tonnage total des navires devant prendre diverses vitesses.	Vitesse des navires.	Force motrice correspondante à diverses vitesses.	Tonnage total des navires devant prendre diverses vitesses.
Myriamètres.	Chevaux.	Tonneaux.	Myriamètres.	Chevaux.	Tonneaux.
0, 0	0, 00	00,	1, 5	120,	500
1, 0	3, 12	13	1, 6	215	900
1, 1	7, 3	30	1, 7	370	1540
1, 2	16,	61	1, 8	615	2550
1, 3	33,	126	1, 9	1000	4150
1, 4	64,	245	2, 0	1600	6650
	Courbe	Courbe		Courbe	Courbe
	n° 3.	n° 4.		n° 3.	n° 4.

Table de la force motrice nécessaire pour mouvoir un navire chargé de combustible, proportionnellement à la longueur du trajet.

Substituons à la durée 4 du trajet son équivalent $\frac{E}{v}$: la formule deviendra

$$F = \frac{mltv^3}{1 - mlt' \left(p + \frac{c}{v} \frac{E}{v} \right) v^3}$$

En considérant E seul comme variable, et substituant les valeurs numériques comme ci-dessus, nous aurons

$$F = \frac{90,5}{1 - 0,00071E}$$

Le poids de l'appareil y compris le combustible, sera

$$P = F \left(1 + \frac{E}{300} \right)$$

Espace à parcourir.	Force motrice.	Poids entier de l'appareil.	Poids du combustible seul.	Espace à parcourir.	Force motrice.	Poids entier de l'appareil.	Poids du combustible seul.
Myriamètres.	Chevaux.	Tonneaux.	Tonneaux.	Myriamètres.	Chevaux.	Tonneaux.	Tonneaux.
0	90, 5	90, 5	0	800	210	770	560
100	97,	129,	32	900	250	1000	750
200	105,	175,	70	1,000	310	1340	1030
300	113,	226,	113	1,100	430	2000	1576
400	126,	254,	168	1,200	610	3050	2440
500	140,	373,	233	1,300	1140	6070	4930
600	156,	468,	312	1,400	infini	infini	infini
700	180,	600,	420		Courbe	Courbe	Longueurs entre n° 5 et n° 6
					n° 5.	n° 6.	
	Courbe	Courbe	Longueurs entre n° 5 et n° 6.				
	n° 5.	n° 6.					

Tableau de la vitesse et de la force motrice qui convient, suivant la longueur du trajet, à un navire d'un tonnage déterminé, et dont toute la capacité serait occupée par la machine et le combustible.

D'après cette dernière condition, nous aurons $T = F \left(p + \frac{c E}{v} \right)$, ce

qui réduira la formule de la force motrice à $F = ml(t + t' T)$.

En prenant pour exemple les mêmes valeurs numériques que ci-dessus, et en supposant de plus le tonnage $T = 500$ tonneaux, les formules deviendront

$$F = 49 v^3 \quad E = \frac{2040}{v^2} - 200 v$$

Vitesse d'un navire. Myriamètres.	Force motrice. Chevaux.	Trajet à parcourir. Myriamètres.	Vitesse d'un navire. Myriamètres.	Force motrice. Chevaux.	Trajet à parcourir. Myriamètres.
0, 0	0	infini	1, 4	135	760
0, 5	6	8060	1, 5	165	600
0, 7	16	4010	1, 6	200	460
0, 8	25	3010	1, 7	240	360
0, 9	36	2320	1, 8	287	265
1, 0	49	1840	1, 9	336	185
1, 1	65	1470	2, 0	392	110
1, 2	85	1180	2, 1	454	42
1, 3	108	940	2, 17	500	6
	Courbe	Courbe		Courbe	Courbe
	n° 7.	n° 8.		n° 7.	n° 8.

Formules et tableaux du mouvement des bateaux avec roues à aubes contre des courants.

La formule de la force motrice est $F = m' l t (v + c)^3$,

celle du combustible pour un trajet E , $D = \frac{d E}{v} F$

Prenons pour exemple un remorqueur, dont la section, jointe à celle du bateau de charge, soit de 25^m ; en raison de la perte d'effet due aux

aubes, et de l'accroissement de résistance dans les rivières, le coefficient m' sera au moins égal à 6, nous supposerons qu'il s'agisse de parcourir un trajet de 100^{myr.} en surmontant la vitesse d'un courant uniforme et égal à 0^{myr.} 4.

Avec ces données, les formules deviendront

$$F = 150 (v + 0,4)^3 \quad D = 75 \left(\frac{v + 0,4}{v} \right)^3$$

Il est à remarquer que la première donne les mêmes résultats, en supposant la vitesse constante et le courant variable ou *vice versa*. La 2^e devient

$$D = 75 \left(\frac{0,4 + c}{0,4} \right)^3$$

Vitesse du courant, pour une marche de 0 myriamètre 4.

Vitesse d'un remorqueur contre un courant de 0 myr. 4.				Vitesse d'un remorqueur contre un courant de 0 myr. 4.			
Myriamètre.	Force motrice du remorqueur.	Combustible pour un trajet de 100 myram.	Tonneaux.	Myriamètre.	Force motrice du remorqueur pour un trajet de 100 myram.	Combustible 1 ^{er} cas.	Tonneaux.
	1 ^{er} cas.	2 ^e cas.			1 ^{er} cas.	2 ^e cas.	
0 . .	9, 6 .	infini .	12	0, 30 . .	51, 6 . .	86 . .	64, 4
0, 01 .	10, 4 .	518 . .	13	0, 35 . .	63 . .	90 . .	78, 5
0, 02 .	11, 1 . .	277 . .	14	0, 40 . .	77 . .	96 . .	96
0, 03 .	11, 9 . .	200 . .	15	0, 45 . .	92 . .	102 . .	118
0, 04 .	12, 8 . .	159 . .	16, 1	0, 50 . .	109 . .	109 . .	136
0, 05 .	13, 6 . .	136 . .	17, 2	0, 55 . .	128 . .	116 . .	160
0, 06 .	14, 5 . .	121 . .	18, 3	0, 60 . .	150 . .	125 . .	188
0, 07 .	15, 5 . .	111 . .	19, 5	0, 70 . .	200 . .	142 . .	250
0, 08 .	16, 5 . .	103 . .	20, 7	0, 80 . .	260 . .	162 . .	327
0, 09 .	17, 6 . .	98 . .	22, 0	0, 90 . .	330 . .	183 . .	412
0, 10 .	18, 8 . .	94 . .	23, 4	1, 00 . .	410 . .	205 . .	511
0, 15 .	24, 9 . .	83 . .	31, 1	1, 50 . .	1029 . .	343 . .	1290
0, 20 .	32, 4 . .	81 . .	40, 5	2, 00 . .	2072 . .	518 . .	2590
0, 25 .	41, 5 . .	83 . .	51, 5	Courbe	Courbe		
Courbe	Courbe			n° 5.	n° 10.		
n° 9.	n° 10.						

Formules et tableaux du mouvement des toueurs.

La formule de ce mouvement est $F = m'' l t (v \pm c)^2 v$.

Le coefficient m'' , déterminé d'après les expériences de la Saône, qui ont donné $F = 6$, $l t = 33^m 8$, $c = 1^{\text{myr.} 2}$, $v = 0,032$, est égal à 3, 6; et la formule devient

$$F = 3,6 l t (v \pm c)^2 v.$$

Prenons, pour l'application numérique, les mêmes données que dans le cas précédent, c'est-à-dire la section $l t = 25$, et le courant $c = 0,4$; la formule se réduira à

$$F = 3,6 \times 25 (v + 0,4)^2 v = 90 (v + 0,4)^2 v.$$

La consommation du combustible est

$$D = \frac{F}{2v} = 45 (v + 0,4)^2$$

Vitesse du toueur contre un courant de 0 myriamètre	Force motrice.	Consommation du combustible pour un trajet de 100 myriamètres.	Vitesse d'un toueur contre un courant de 0 myriamètre 4.	Force motrice.	Consommation du combustible pour un trajet de 100 myriamètres.
Myriamètres.	Chevaux.	Tonneaux.	Myriamètres.	Chevaux.	Tonneaux.
0	0	7, 2	0, 7	76	54
0, 1	2, 25	11, 2	0, 8	104	65
0, 2	6, 50	16, 2	0, 9	138	77
0, 3	13, 20	22, 0	1, 0	176	88
0, 4	23, 0	28, 8	1, 5	488	162
0, 5	36, 50	36, 5	2, 0	1037	259
0, 6	54	45	Courbe	Courbe	
	Courbe	Courbe		n° 11.	n° 12.
	n° 11.	n° 12.			

Formules et tableau des vitesses respectives d'un courant et d'un toueur mu par une force constante.

La formule ci-dessus, $F = 3,6 l t (c + v)^2 v$, résolue par rapport à c , nous donne

$$c = \sqrt{\frac{F}{3,6 l t v}} - v;$$

au moyen de laquelle on peut calculer la valeur de c , correspondant à une vitesse donnée v .

Si nous supposons, par exemple, que la force constante employée soit de 30 chevaux, et la section du bateau de 25^m , nous aurons

$$c = \frac{I}{\sqrt{3} v} = \frac{610}{\sqrt{3} v}$$

est pour la consommation de combustible pendant un trajet de 100^m

$$D = \frac{15}{v}$$

Vitesse du tonneau mu par une force de 30 chevaux.	Vitesses correspondantes du courant.	Consommation de combustible pour 100 myriamètres.	Vitesse du tonneau mu par une force de 30 chevaux.	Vitesses correspondantes du courant.	Consommation de combustible pour 100 myriamètres.
Myriamètres.	Myriamètres.	Tonneaux.	Myriamètres.	Myriamètres.	Tonneaux.
0, 00	infini	infini	0, 25	0, 90	60
0, 01	5, 76	1500	0, 30	0, 75	50
0, 02	4, 05	750	0, 40	0, 51	37, 5
0, 03	3, 30	500	0, 50	0, 32	30
0, 04	2, 84	375	0, 60	0, 25	25
0, 05	2, 53	300	0, 70	0, 00	21, 4
0, 06	2, 30	250	0, 80	0, 15	18, 7
0, 07	2, 11	214	0, 90	0, 29	16, 7
0, 08	1, 96	187	1, 00	0, 42	15
0, 09	1, 86	167	1, 20	0, 67	12, 5
0, 10	1, 75	150	1, 50	1, 03	7, 5
0, 15	1, 29	100	2, 00	1, 59	6
0, 20	1, 09	75	2, 50	2, 14	5

Si au contraire nous supposons la marche du tonneau constante et égale à $0^{myr.} 4$, et la vitesse du courant variable, la formule de la force motrice deviendra

$$F = 3,6 \times 25 (0,4 + c) \times 0,4 = 36 (0,4 + c)$$

Celle de la consommation de combustible demeure la même que dans le cas précédent, et il sera inutile d'en reproduire le calcul. Mais nous joindrons au tableau suivant la force motrice pour bateaux à aubes dans les mêmes circonstances.

Vitesse du courant, (marche des bateaux, o myriamètre 4). Myriamètres.	Force en chevaux.		Vitesse du courant, (marche des bateaux, o myriamètre 4). Myriamètres.	Force en chevaux.	
	Pour un toueur.	Pour un bateau à aubes.		Pour un toueur.	Pour un bateau à aubes.
1, 5	130	1029	0, 4	23	77
1, 3	104	740	0, 3	17, 6	51, 5
1, 2	92	615	0, 2	13, 0	32, 4
1, 1	81	506	0, 1	9, 0	18, 8
1, 0	71	410	0, 0	5, 8	9, 6
0, 9	61	330	0, 1	3, 24	4, 05
0, 8	52	260	0, 2	1, 44	1, 20
0, 7	44	200	0, 3	0, 36	0, 15
0, 6	36	150	0, 4	0, 00	0, 00
0, 5	29	110	Courbe		Courbe
Courbe		Courbe		n° 13.	
n° 13.		n° 14.		n° 14.	

Formules et tableaux comparatifs d'un toueur et d'un remorqueur, marchant de conserve dans des courans de vitesses variables, le toueur étant supposé mu par une force constante F .

La formule du remorqueur est $F = 6 \text{ lt} (v + c)^3$.

Si l'on y substitue la valeur de c , tirée de celle du toueur, on trouve

$$F = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{F^3}{3,6 \text{ lt } v^3}} \quad \text{et} \quad c = \frac{F - 3\text{lt}}{\sqrt{6 \text{ lt } F^2}}$$

Supposons la force motrice du toueur de 30 chevaux, celle du remorqueur devra être

$$F = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{30^3}{90 \text{ v}^3}} = \frac{60}{\sqrt{3} \text{ v}^3}$$

et sa relation avec la vitesse du courant

$$c = \frac{F - 50}{\sqrt{150 F^2}}$$

D'après cela, on peut composer le tableau suivant :

Vitesse du cour- rant.	Vitesse des ba- teaux.	Force constante du tonner.	Force variable du remorqueur.	Vitesse du cour- rant.	Vitesse des ba- teaux.	Force constante du tonner.	Force variable du remorqueur.
1, 96 . . .	0, 08 . . .	30 . . .	1,280	0, 15 . . .	0, 8 . . .	30 . . .	40
1, 72 . . .	0, 10 . . .	30 . . .	910	0, 29 . . .	0, 9 . . .	30 . . .	34
1, 09 . . .	0, 20 . . .	30 . . .	322	0, 42 . . .	1, 0 . . .	30 . . .	29
0, 75 . . .	0, 30 . . .	30 . . .	176	0, 67 . . .	1, 2 . . .	30 . . .	22
0, 51 . . .	0, 40 . . .	30 . . .	114	1, 03 . . .	1, 5 . . .	30 . . .	16
0, 32 . . .	0, 50 . . .	30 . . .	84	1, 59 . . .	2, 0 . . .	30 . . .	10
0, 14 . . .	0, 60 . . .	30 . . .	62	2, 14 . . .	2, 5 . . .	30 . . .	7
0, 00 . . .	0, 70 . . .	30 . . .	50	Courbe n° 15.		Lignes n° 16.	
Courbe n° 15.		Courbe n° 16.		Courbe n° 17.			

TABLEAU comparatif des effets qu'on peut obtenir, ou de la charge qu'on peut transporter, tant par terre que par eau au moyen de chevaux de trait ou de chevaux-vapeur.

VITESSE de la MARCHÉ par		Pesanteur approximative de la charge qu'on peut transporter, en raison de la vitesse de la marche, au moyen d'un fort cheval, de trait ou produisant un effet de traction de 50 kilogrammes, et au moyen d'un cheval-vapeur ou d'un effet de traction égale à 75 kilogrammes.																	
		DANS L'EAU MORTE OU SUR UN CANAL DE GRANDES DIMENSIONS, AU MOYEN				DANS UN CHENAL LARGÉ ET PROFOND ET CONTRE DES COURANS DE VITESSE PAR HEURE DE				2 KILOMÈTRES AU MOYEN				3 KILOMÈTRES AU MOYEN				4 KILOMÈTRES AU MOYEN	
heure.	seconde.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.
kilomètres.	mètres.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux. (1)	tonneaux. (2)	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	
2	0,55	480	720	360	120	180	45,00	83,04	124,50	24,90	52,32	78,48	13,02						
3	0,83	141	211	105,50	52,02	78,03	23,40	35,25	52,92	13,23	25,94	38,91	8,32						
4	1,11	60	90	45,00	26,82	40,23	14,00	19,62	29,43	8,47	15,00	22,50	5,60						
5	1,39	30,72	46,13	23,06	15,75	23,62	8,43	12,07	18,10	5,64	9,49	14,23	3,91						
6	1,66	17,76	26,64	13,32	10,00	15,00	5,62	7,88	11,82	3,93	6,37	9,55	2,85						
7	1,93	11,22	16,83	8,41	6,88	10,32	4,00	4,98	7,47	2,62	4,10	6,15	1,95						
8	2,22	7,50	11,25	5,62	4,81	7,21	2,88	3,96	5,94	2,15	3,36	5,04	1,66						
9	2,50	5,26	7,89	3,94	3,52	5,28	2,15	2,99	4,48	1,68	2,52	3,78	1,30						
10	2,77	3,84	5,76	2,88	2,66	3,99	1,65	2,27	3,40	1,30	1,95	2,92							
11	3,05	2,88	4,32	2,16	2,06	3,09	1,30	1,77	2,65	»	1,53	2,29							
12	3,33	2,22	3,33	1,66	1,61	2,41	»	1,38	2,07	»	1,23	1,84							
13	3,60	1,80	2,70	1,35	1,35	2,02	»	1,18	1,77	»	1,02	1,53							
14	3,88	1,39	2,08	»	1,06	1,59	»	0,94	»	»	0,84	»							
16	4,44	0,93	»	»	0,73	»	»	0,64	»	»	0,50	»							

(1) Le poids du mécanisme et des machines motrices des toueux à vapeur, étant évalué à 1,6 tonneau par cheval, toutes les quantités portées dans cette colonne et dans toutes les autres colonnes qui ont rapport au touage par la vapeur, doivent être réduites de 1,6 tonneau, pour connaître l'effet utile que peut produire un cheval-vapeur au moyen du touage.

(2) Le poids du mécanisme et des machines motrices des bateaux à vapeur ordinaires (ou avec roues à aubes) étant d'environ 1,3 tonneau par cheval, toutes les quantités portées dans cette colonne et dans toutes les autres colonnes qui ont rapport à ces bateaux doivent être réduites de 1,3 tonneau, pour connaître l'effet utile que peut produire un cheval-vapeur au moyen de bateaux avec roues à aubes.

Suite du TABLEAU ci-contre.

VITESSE de la MARCHE par	Pesanteur approximative de la charge qu'on peut transporter, en raison de la vitesse de la marche, au moyen d'un fort cheval de trait ou produisant un effet de traction de 50 kilogrammes, et au moyen d'un cheval-vapeur ou d'un effet de traction égale à 75 kilogrammes.											
	DANS UN CHENAL LARGE ET PROFOND ET CONTRE DES COURANS DE VITESSE PAR HEURE DE											
	6 KILOMÈTRES AU MOYEN			8 KILOMÈTRES AU MOYEN			12 KILOMÈTRES AU MOYEN			UNE ROUTE HORizontALE AU MOYEN DE		
heure.	seconde.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	cheval de trait.	voiture à vapeur.
kilomètres.	mètres.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.
2	0,55	29,80	44,70	5,58	18,80	28,29	2,82	9,65	14,47	»	2,00	3,00
3	0,83	15,66	23,49	3,88	10,43	15,54	2,02	6,07	9,10	»	1,35	2,00
4	1,11	9,90	14,85	2,97	6,72	10,08	1,66	3,74	5,61	»	1,00	1,50
5	1,39	6,36	9,44	2,14	4,54	6,81	1,30	2,66	3,99	»	0,64	1,20
6	1,66	4,44	6,66	1,66	3,24	4,80	»	1,94	2,91	»	0,472	1,00
7	1,93	2,93	4,39	»	2,19	3,78	»	1,38	2,07	»	0,326	»
8	2,22	2,45	3,57	»	1,87	2,80	»	1,20	1,80	»	0,250	»
9	2,50	1,89	2,83	»	1,46	2,19	»	0,96	»	»	0,197	»
10	2,77	1,50	2,25	»	1,17	1,75	»	0,78	»	»	0,160	»
11	3,05	1,20	1,80	»	0,96	»	»	0,65	»	»	0,132	»
12	3,33	0,97	»	»	0,78	»	»	0,54	»	»	0,111	»
13	3,60	0,84	»	»	0,68	»	»	0,48	»	»	0,094	»
14	3,88	0,67	»	»	0,55	»	»	0,39	»	»	0,082	»
15	4,44	0,55	»	»	0,47	»	»	0,34	»	»	0,062	»

(1) Le poids des voitures à vapeur étant évalué à 1 tonneau (au moins) par cheval, toutes les quantités portées dans cette colonne et dans la colonne (2) doivent être réduites de 1 tonneau pour connaître l'effet utile.

TABLEAU comparatif des effets utiles (1) qu'on peut obtenir à différentes vitesses d'un fort cheval de trait et d'un cheval-vapeur (2), tant par terre que par eau, pendant une journée de travail.

VITESSE de la marche par heure.	DURÉE d'une JOURNÉE de travail d'un		EFFET UTILE EN TONNEAUX TRANSPORTÉS A UN MYRIAMÈTRE.											
	cheval de trait.	cheval- vapeur.	DANS L'EAU MORTE OU SUR UN CANAL DE GRANDES DIMENSIONS AU MOYEN						DANS UN CHENAU LARGUE ET PROFOND ET CONTRE DES COURANS DE VITESSE PAR HEURE DE					
			du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.
kilomètres.	heures.	heures. (3)	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.
2	12	5	1152,00	1434,80	694,00	288,00	356,80	87,40	191,19	245,80	47,20	120,56	153,76	23,44
3	10	5	423,00	418,80	208,40	150,04	152,86	44,20	105,75	102,64	23,86	77,82	74,62	14,04
4	7,5	5	180,00	176,80	87,40	80,46	77,26	25,40	58,82	55,66	14,34	45,00	41,80	8,60
5	4,8	5	73,72	89,06	43,48	37,80	44,04	14,26	28,96	33,00	8,68	22,77	24,78	5,22
6	3,3	5	35,16	50,08	24,04	19,80	26,80	8,64	15,60	20,44	5,26	12,61	15,90	3,10
7	2,4	5	18,84	30,46	14,22	11,55	17,44	5,40	8,36	13,74	2,64	7,88	9,10	1,30
8	1,9	5	11,40	19,30	8,64	7,31	11,22	3,16	6,01	8,68	1,70	05,1	6,88	0,72
9	1,5	5	7,10	12,58	5,28	4,75	7,36	1,70	4,03	5,76	0,76	3,40	4,36	"
10	1,2	5	4,40	8,32	3,15	3,19	4,78	0,70	2,72	3,60	"	2,34	2,64	"
11	1,0	5	3,16	5,44	1,72	2,26	2,98	"	1,87	2,10	"	1,68	1,38	"
12	0,8	5	2,13	3,46	0,10	1,54	1,62	"	1,32	0,94	"	1,18	0,64	"
13	0,7	5	1,63	2,20	0,72	1,22	0,84	"	1,07	0,34	"	1,00	"	"
14	0,6	5	1,16	0,96	0,10	0,890	"	"	0,789	"	"	0,705	"	"
16	0,5	5	0,744	"	"	0,588	"	"	0,528	"	"	0,472	"	"

(1) On entend par effet utile la charge nette qu'on peut transporter en sus du poids des voitures, bateaux et machines.

(2) Pour ce tableau comme pour le précédent l'effet de traction a été évalué à 50 kilogrammes pour les chevaux de trait et à 75 kilogrammes pour les chevaux-vapeur avec une vitesse de 4 kilomètres à l'heure.

(3) Ayant tenu à mettre la dépense des machines à vapeur à-peu-près en rapport avec la dépense journalière des chevaux de trait, on n'a compté leur durée de travail que de 5 heures par jour, quoiqu'elle pourrait être de 12 à 15 heures et même 24 au besoin; conséquemment les effets utiles qu'elles peuvent produire sont-ils réellement de 3 à 5 fois plus considérables que ceux qui figurent sur ce tableau.

Suite du TABLEAU ci-contre.

VI- TESSE de la MARCHE par heure.	DURÉE d'une JOURNÉE de travail d'un	EFFET UTILE EN TONNEAUX TRANSPORTÉS À UN MYRIAMÈTRE.														
		DANS UN CHENAL LARGE ET PROFOND ET CONTRE DES COURANS DE VITESSE PAR HEURE DE														
		6 KILOMÈTRES AU MOYEN				8 KILOMÈTRES AU MOYEN				12 KILOMÈTRES AU MOYEN						
		cheval de trait.	cheval à vapeur	du halage ordinnaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinnaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	du halage ordinnaire.	du touage par la vapeur.	de bateaux à vapeur ordinaires.	cheval de trait.	voiture à vapeur.	cheval de trait.	voiture à vapeur.
kil.m.	heures.	heures.	heures.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.
2	12	5		71,52	86,20	8,56	45,26	53,38	3,04	23,16	25,74	"	2,40	2,00	15,00	17,00
3	10	5		46,98	43,78	5,16	31,29	29,88	1,44	18,21	15,00	"	3,00	1,50	18,00	16,50
4	7,5	5		29,70	26,50	3,24	2 016	16,96	0,72	11,22	8,02	"	3,00	1,00	18,00	16,00
5	4,8	5		15,26	15,68	1,68	10,89	10,42	"	6,38	4,78	"	1,43	0,50	8,61	15,50
6	3,3	5		8,79	10,12	0,72	6,41	6,40	"	3,84	0,94	"	0,934	"	5,60	15,00
7	2,4	5		4,92	5,58	"	3,67	4,36	"	2,31	"	"	0,547	"	3,28	14,50
8	1,9	5		3,72	3,94	"	2,84	2,40	"	1,82	"	"	0,380	"	2,28	14,00
9	1,5	5		2,55	2,46	"	1,97	1,18	"	1,29	"	"	0,265	"	1,59	13,50
10	1,2	5		1,80	1,30	"	1,40	0,32	"	0,916	"	"	0,192	"	1,15	13,00
11	1,0	5		1,32	0,40	"	1,05	"	"	0,715	"	"	0,145	"	0,870	12,50
12	0,8	5		0,931	"	"	0,748	"	"	0,518	"	"	0,106	"	0,636	12,00
13	0,7	5		0,764	"	"	0,618	"	"	0,436	"	"	0,085	"	0,510	11,50
14	0,6	5		0,562	"	"	0,462	"	"	0,327	"	"	0,068	"	0,408	11,00
16	0,5	5		0,440	"	"	0,376	"	"	0,272	"	"	0,049	"	0,294	10,00

CHAPITRE V.

Remarque sur la marche de bateaux à vapeur avec roues à aubes, naviguant en mer et contre des courans, et coup-d'œil sur leurs machines motrices.

Ainsi que nous l'avons déjà démontré, la marche des bateaux à vapeur à aubes, en les supposant formés convenablement, est, dans toutes circonstances semblables, toujours en rapport avec la puissance motrice et la résistance que présente la section de leur maître-couple.

Pour ceux destinés au transport des passagers, le rapport de la surface du maître-couple par chaque mètre carré, est ordinairement à la puissance en chevaux-vapeur comme 1 : 5. Quand on tient à les faire marcher d'une grande vitesse, ou s'il s'agit de surmonter de très forts courans, la puissance est quelquefois portée à 6, 8 et même 10 chevaux, pour chaque mètre carré que présente le maître-couple, comme par exemple pour *le Voltigeur* qui a navigué sur le Rhône, de Vienne à Lyon, dont la surface du maître-couple est 3 mètres et la puissance 30 chevaux. Tandis au contraire qu'elle n'est que de 3 à 4 chevaux, quand on veut transporter de fortes charges et qu'on peut restreindre la vitesse du bâtiment.

En raison de la grande pesanteur des machines à vapeur, on ne peut varier le rapport de la surface du maître-couple à la puissance autant qu'on le pourrait désirer, et l'on doit regarder l'exemple que nous venons de citer comme un extrême auquel on n'est, sans doute, parvenu qu'en faisant le bateau du *Voltigeur* extrêmement léger ainsi que ses machines et peut-être aussi en compromettant gravement leur solidité.

Nous avons déjà fait remarquer qu'on s'imagine assez généralement, que puisque les bateaux à vapeur à aubes sont appliqués avec avantage sur les fleuves d'Amérique, il doit être plus facile de les appliquer

sur les fleuves d'Europe. Malheureusement il n'en est point ainsi, d'abord parce que les besoins ne sont pas les mêmes, ensuite parce que beaucoup de nos fleuves et rivières sont plus rapides que ceux d'Amérique. Nous citerons, par exemple, le Mississippi, qu'on a cru long-temps d'une rapidité extrême, dont la masse des eaux à à peine $0^{\text{m}}40$ de vitesse par seconde, et le courant principal $1^{\text{m}}25$ terme moyen, qui n'a pas même 2 mètres de vitesse, lors des grosses eaux dans les passages les plus rapides (1), tandis que la vitesse moyenne du Rhône est de plus de 2 mètres par seconde, et où on rencontre fréquemment des courans de 3 et 4 mètres. Celle du Rhin de Cologne à Mayence est de $0^{\text{m}},90$ à $1^{\text{m}}20$ par seconde, et au-dessus de Mayence de à $1^{\text{m}}20$ à $1^{\text{m}}75$. La vitesse du Danube enfin entre Passau et Vienne est de $1^{\text{m}}65$; elle est à Mathausen de $2^{\text{m}}27$ et même de $4^{\text{m}}86$ au rocher de Saint-Nicolas; à Ebersdorf, au-dessus de Vienne, elle est de $1^{\text{m}}45$, et à Orsova de $1^{\text{m}}45$. Ce qui facilite en outre la navigation par la vapeur en Amérique, c'est la grande largeur de ses fleuves, surtout leur profondeur, qui permet souvent d'éviter les courans et même quelquefois de naviguer dans les remous. Sur nos fleuves, au contraire, à cause de leur peu de largeur et de leur peu de profondeur, on ne peut éviter les courans; loin de là, par suite du rétrécissement du chenal, ils donnent fréquemment en travers des bateaux, ce qui augmente considérablement les résistances. Ces difficultés entravent considérablement en Europe la navigation par la vapeur et ont empêché jusqu'à présent en France d'obtenir des effets lucratifs des bateaux à vapeur à aubes, pour le transport des marchandises, surtout lorsqu'il faut naviguer contre des courans.

Malgré ces obstacles, quelques personnes, se fondant sur une fausse théorie, espéraient encore il y a peu de mois, appliquer ce genre de bateaux à la remonte des marchandises sur le Rhône et même à la remorque des bateaux chargés.

Cette théorie est basée sur ce que, connaissant la vitesse d'un bateau à vapeur à aubes dans un fluide indéfini et stagnant, on croyait que ce ba-

(1) Marestier, *Mémoire sur les bateaux à vapeur d'Amérique*.

teau pouvait remonter une rivière ou un courant étroit, avec une vitesse précisément égale à la différence entre la première vitesse et celle du courant. Beaucoup d'observations nous ont convaincu que cette théorie est inexacte, et qu'aucun bateau à vapeur à rames, quelque parfait qu'il soit, ne peut marcher, surtout contre de forts courants, avec les vitesses que donnerait le calcul.

Cela provient de ce que la vitesse des machines à vapeur ne variant que de peu, elles ne peuvent imprimer constamment aux roues à aubes les vitesses convenables; de ce que, nonobstant la résistance que présente le courant, le bateau doit gravir un plan plus ou moins incliné; de ce que aussi le courant se trouve rarement perpendiculaire à sa proue, particulièrement lors des basses eaux et prend alors le bateau par le travers, enfin de ce que les résistances croissent en raison du peu de profondeur et de largeur du chenal où l'on navigue.

A ce sujet nous citerons d'abord des expériences faites sur le Rhin de Rotterdam à Kehl d'où il résulte que la distance de

					h. m.
Rotterdam à Nimègue ,	qui est de 24 lieues ,	a été parcourue en			11,00
Nimègue à Cologne ,	<i>id.</i>	42	<i>id.</i>	<i>id.</i>	26,30
Cologne à Coblenz ,	<i>id.</i>	19	<i>id.</i>	<i>id.</i>	14,10
Coblenz à Mayence ,	<i>id.</i>	21	<i>id.</i>	<i>id.</i>	13,53
Mayence à Manheim ,	<i>id.</i>	16	<i>id.</i>	<i>id.</i>	11,21
Manheim à Schroeck ,	<i>id.</i>	14	<i>id.</i>	<i>id.</i>	11,24
Schroeck à Fort-Louis ,	<i>id.</i>	10	<i>id.</i>	<i>id.</i>	12,23
Fort-Louis à Kehl ,	<i>id.</i>	9	<i>id.</i>	<i>id.</i>	11,14

Par ce qui précède, on voit que la vitesse moyenne du bateau à vapeur qui a servi à ces expériences, pour la distance de Rotterdam à Nimègue, quoique le Rhin soit très peu rapide en cet endroit, n'a été que de $2^{\text{m}}69$ par seconde; pour la distance de Nimègue à Cologne de $1^{\text{m}}95$; et pour celle de Cologne à Mayence de $1^{\text{m}}85$ à $1^{\text{m}}65$; de Mayence à Schroeck de $1^{\text{m}}75$ à $1^{\text{m}}52$; et enfin de Schroeck à Fort-Louis de 1^{m} .

Si l'on admet actuellement que ce bateau faisait 3^m5 par seconde dans

l'eau morte, ainsi qu'il le pouvait effectivement (1). On trouve, en se basant sur la théorie ci-dessus, que la vitesse du courant de Rotterdam, et Nimègue, lorsqu'on fit ces expériences, devait être de $0^{\text{m}}81$; celle entre Nimègue et Cologne de $1^{\text{m}}55$; pour la distance de Cologne à Mayence, d'environ $1^{\text{m}}75$; pour celle de Mayence à Schroeck d'environ $1^{\text{m}}87$; enfin pour celle de Schroeck à Kehl de $2^{\text{m}}5$; ce qui est évidemment exagéré. Pour que cette théorie fût exacte, il faudrait supposer que le bateau à vapeur qui a servi à ces expériences n'aurait pu marcher que $2^{\text{m}}75$ environ dans l'eau morte, ce qui n'est pas présumable, vu que la machine motrice fonctionnait bien et était d'une puissance de plus de 50 chevaux, le bateau long et étroit et très bien formé. En outre, les bateaux à vapeur qui naviguent actuellement entre Rotterdam et Cologne prouvent que ce bateau a marché aussi bien que possible.

Plusieurs autres bateaux naviguant sur divers fleuves et que nous allons examiner, confirmént au surplus ce résultat. Nous commencerons par *la Lyonnaise* et *la Châlonnaise* qui naviguent sur la Saône entre Lyon et Châlons, et qui, bien que légers et bien formés et pouvant prendre une vitesse de $3^{\text{m}}50$ dans l'eau morte (2), ne remontent cette rivière, malgré son faible courant, qu'avec une vitesse moyenne de $2^{\text{m}}43$ et la descendent avec la vitesse de $4,04$. Sur la Seine, les deux bateaux *l'Yonne* et *la Seine* également bien formés et mis par de bonnes machines, ne remontent ce fleuve de Paris à Montereau qu'avec une vitesse moyenne de $1^{\text{m}}89$ et la descendent avec la vitesse de $3^{\text{m}}78$ (3). Enfin *le Voltigeur* sur le Rhône n'aurait remonté de Vienne à Lyon qu'avec une vitesse moyenne de $1^{\text{m}}16$.

(1) Dans beaucoup d'occasions nous avons reconnu que la donnée de M. Marestier pour déterminer la vitesse d'un bateau à vapeur dans l'eau morte, d'après la surface de son maître-couple et le nombre de chevaux-vapeur que la machine représente, était suffisamment exacte, et pouvait être employée avec confiance pour les machines et les bateaux bien construits. D'après cette donnée, pour connaître à très peu de chose près le maximum de la vitesse que doit avoir un bateau à vapeur dans l'eau morte, il faut diviser le nombre de chevaux que la machine représente, par la section en mètres du bateau plongé dans l'eau, extraire la racine cubique des quotiens et la multiplier par deux.

(2) La surface du maître-couple de chacun de ces bateaux est de $3^{\text{m}}43$ carres, et la puissance 18 chevaux.

(3) Surface des maîtres-couples $3^{\text{m}}42$; puissance 16 chevaux.

et aurait parcouru la même distance en descendant avec une vitesse de 5^m14. (1)

Si de la vitesse que ces bateaux pourraient avoir dans l'eau morte, on cherche à déduire celle des courans, d'après l'hypothèse que la somme des deux vitesses, celle du courant et du bateau en remontant, égale la vitesse de ce dernier dans l'eau morte, on trouve que le courant moyen de la Saône, de Châlons à Lyon; est de 1,07 par seconde; celui de la Seine, de Montereau à Paris de 1^m61 et celui du Rhône, de Lyon à Vienne, de 2^m34, ce qui est aussi exagéré que ce qu'on a trouvé plus haut, pour le Rhin.

Sur nos fleuves, comme on le voit, la marche des bateaux à vapeur est moins rapide en proportion que celle qu'ils auraient dans l'eau morte ou sur un fleuve d'une grande largeur et d'une grande profondeur; en mer, au contraire, on estime que le vent accélère leur marche, terme moyen, d'environ 50 centimètres par seconde; ainsi un bateau à vapeur dont la marche serait de 3^m50 par seconde dans l'eau morte, dans un chenal large et profond, ne s'aidant pas du vent, aurait en mer une vitesse moyenne de 4^m, en profitant des vents favorables.

Le résultat de plusieurs observations a donné pour vitesse moyenne des bateaux anglais qui naviguent entre Londres et Margate, 3^m60 par sec. ou 13 ^{kil.} par heure.

Pour ceux qui naviguent entre Holy-Head et Dublin, observés pendant un an, (2) 4^m33 par sec. ou 15 ^{kil.}6 par heure

Enfin pour les bateaux *l'Harlequin*, *le Cinderella* et *l'Aladin*, observés pendant treize traversées de Liverpool à Dublin, 4^m07 par sec. ou 14 ^{kil.}7 par heure

Celle du bateau français *le Coureur*, dans une traversée du Havre à Cherbourg, par un temps excessivement calme, a été de 3^m61 par sec. ou 13 ^{kil.} par heure.

(1) Surface du maître-couple 3^m03, puissance 30 chevaux.

(2) *Remarques sur la navigation par la vapeur*. Tredgold, Londres, 1825.

En mer, mais pour de petits trajets, la vitesse des bâtimens à vapeur est, terme moyen, le double de celle des bâtimens à voiles. Par exemple, ceux qui naviguent entre Holy-Head et Dublin n'ont mis, pendant un an, que 7 heures $\frac{1}{2}$, terme moyen à faire cette traversée (117 kilomètres), tandis que les paquebots à voiles ont mis 15 heures. (1)

Pour de très longs trajets, les bâtimens à vapeur perdent presque totalement leur supériorité sur ceux à voiles, attendu, d'une part, l'énorme quantité de combustible qu'ils doivent avoir à bord, lorsque les relâches sont éloignés, ce qui augmente leur déplacement, par conséquent les résistances; ensuite, parce que, cherchant constamment à économiser le combustible, on fait rarement usage de tout l'effet dynamique que les machines pourraient produire. À ce sujet nous citerons *l'Entreprise*, mue par deux machines formant ensemble 120 chevaux, qui, dans son voyage de Plymouth à Calcutta, n'a marché pendant le temps qu'on a fait usage de ses machines, qu'avec une vitesse due à la puissance d'eau plus 100 chevaux; ensuite dans la crainte de manquer de combustible, on n'a dû ne les employer que pendant la moitié du temps: aussi ce bâtiment qui devait faire ce voyage en 70 jours en a-t-il mis 113.

(1) *Remarques sur la navigation par la vapeur*. Tredgold, Londres, 1825.

TABLEAU contenant des données diverses sur la vitesse de

BATEAUX FRANÇAIS.

NOMS des BÂTIMENS.	SURFACE du mâitre- couple avec leur charge ordin. ^{re}	PUIS- SANCE des machin- nes motri- ces.	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils ont été observés.	LON- GUEUR des distan- ces parcou- rues.	TEMPS EMPLOYÉ, terme moyen, pour	VITESSE des bâtimens par seconde, en		QUAN- TITÉ de houille brûlée, par heure et par cheval.
						aller ou monter.	revenir ou descendre.	
	m. carrés.	chevaux.		kilomètres.	h. m.	h. m.	mètres.	mètres.
<i>Africain</i>	10,80	32	de En mer.	0	0	0	2,37	0
<i>Caroline</i>	8,50	50	Embranchure de la Seine	0	0	0	3,18	0
<i>Courrier</i>	14,70	80	Havre à Cherbourg.	116,94	9,00	0	3,61	0
<i>Duc d'Angoulême</i>	12,50	50	Havre à Rouen.	125,00	11,00	12,00	3,16	2,89
			Havre à Rouen.	125,00	11,00	12,00	3,16	2,89
<i>Seine (en fer)</i>	9,32	50	Havre à Paris.	365,00	52,00	31,00	1,95	3,27 (1)
			Rouen à Paris.	240,00	41,00	19,00	1,56	3,51
<i>Génie du Commerce</i>	6,00	30	Rouen à Paris.	240,00	41,00	19,00	1,56	3,51
<i>Parisien</i>	0	12	Saint-Cloud à Paris.	9,72	2,00	1,00	1,35	2,70
<i>Yonne</i>	3,42	16	Paris à Montereau.	94,00	14,00	7,00	1,89	3,78
<i>Louis Guibert</i>	0	12	St.-Nazaire à Nantes.	49,11	5,00	4,00	2,75	3,41
<i>Français</i>	0	12	Paimboeuf à Nantes.	37,78	4,30	3,30	2,33	2,99
<i>Loire</i>	0	10	Nantes à Angers.	85,75	10,00	6,00	2,38	3,96
<i>Nantais</i>	0	12	Angers à Chinon.	84,33	9,00	5,00	2,60	4,35
<i>Bordelais</i>	0	40	Royan à Bordeaux.	105,24	9,00	8,00	3,24	3,65
<i>Marie-Thérèse</i>	0	32	Pouillac à Bordeaux.	46,77	4,00	3,30	3,24	3,71
<i>Télégraphe</i>	0	12	<i>Idem.</i>	46,77	4,00	3,30	3,24	3,71
<i>Estafette</i>	0	16	Bordeaux à la Réole.	62,36	5,30	4,00	3,14	4,33
<i>Confiance</i>	0	20	<i>Idem.</i>	62,36	5,30	4,00	3,14	4,33
<i>Réolais</i>	4,72	20	Bordeaux à Marmande.	85,75	8,00	5,15	2,97	4,53
<i>Lyonnaise</i>	3,43	18	Lyon à Châlons.	131,55	15,00	9,00	2,43	4,06
<i>Ville de Lyon</i>	6,25	30	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	22,00	10,30	1,66	3,46
<i>Mercure</i>	6,33	30	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	24,00	11,00	1,52	3,32
<i>Voltigeur</i>	3,03	30	Vienne à Lyon.	29,23	7,00	1,35	1,16	3,14
								4,33

(1) Il est à remarquer que ce bateau et le *Génie du Commerce*, ainsi que tous ceux employés au même service, sont ordinairement beaucoup moins chargés en descendant qu'en montant.

quelques Bateaux à vapeur, français, anglais et néerlandais.

BATEAUX ANGLAIS.

NOMS des BÂTIMENS.	SURFACE du maître- couple avec leur charge ordin ^{re} .	PUIS- SANCE des machî- nes motri- ces.	DÉSIGNATION DES LIEUX où ils ont été observés.	LON- GUEUR des distan- ces parcou- rues.	TEMPS EMPLOYÉ, terme moyen, pour		VITESSE des bâtimens par seconde, en		QUAN- TITÉ de houille brûlée, par heure et par cheval.
					aller ou monter.	revenir ou descendre.	allant ou montant.	revenant ou descendant	
	mèt. carrés (environ).	chevaux.	de	kilomètres.	h. m.	h. m.	mètres.	mètres.	kilogrammes
<i>Swiftsure</i>	6,58	30	Londres à Gravesend.						
<i>Favorite</i>	7,80	40	<i>Id.</i> Margate.	116,65	9,00	"	3,60	"	"
<i>Eclipse</i>	9,05	60	<i>Id.</i> <i>Id.</i>	"	9,00	"	3,60	"	"
<i>Vénus</i>	9,94	60	<i>Id.</i> <i>Id.</i>	"	8,15	"	3,92	"	"
<i>Ivanhoe</i>	11,80	60	Holy-Head à Howth.	100,00	7,57	6,53	3,55	4,05	"
<i>Meteor</i>	"	60	<i>Id.</i> <i>Id.</i>	"	8,13	7,4	3,38	3,91	4,66
<i>Tartar</i>	"	60	<i>Id.</i> <i>Id.</i>	"	15,27	9,48	1,79	2,83	"
<i>Sovereign Georges IV</i>	17,05	80	<i>Id.</i> <i>Id.</i>	"	7,36	6,50	3,65	4,08	5,60
<i>Harlequin</i>	"	"	" "	"	20,58	20,30	4,06	4,14	4,65
<i>Cinderella</i>	14,80	80	Liverpool à Dublin.	305,71	22,00	20,12	3,86	4,21	6,25
<i>Aladin</i>	"	"	" "	"	22,10	20,28	3,83	4,15	8,00
<i>Lord Liverpool</i>	15,60	80	Londres à Ostende.	230,53	17,00	"	3,76	"	"
<i>City d'Edinburgh</i>	"	80	<i>Id.</i> Leith.	897,13	84,00	"	2,96	"	"
<i>Entreprise</i>	22,88	120	Falmouth aux grandes Canaries.	2414,00	264,00	"	2,66	"	3,60

BATEAUX NÉERLANDAIS.

<i>Zéelandais</i>	5,652	50	Rotterdam à Nimègue	106,65	11,00	7,30	2,60	3,95	9,00
			Rotterdam à Anvers.	113,32	9,00	"	3,49	"	"
			Rotterdam à Nimègue	106,65	11,00	"	2,60	"	"
			Nimègue à Cologne.	185,54	26,30	"	1,95	"	"
<i>Rhin</i>	"	60	Cologne à Coblenz.	84,43	14,10	"	1,65	"	"
			Coblenz à Mayence.	93,32	13,53	"	1,85	"	"
			Mayence à Manheim.	71,10	11,21	"	1,75	"	"
			Manheim à Schroeck.	62,21	11,24	"	1,52	"	"
			Schroeck à Fort-Louis	44,44	12,23	"	1,00	"	"
			Fort-Louis à Kehl.	40,03	11,4	"	1,01	"	"

Les vents, les courans et la différence de charge, rendent les résistances qu'éprouvent les bateaux à vapeur très inégales, surtout lorsqu'on les appliquait à la remorque. La théorie indique, comme nous l'avons vu, et l'expérience confirme qu'il en résulte des effets qui ont l'inconvénient de diminuer ceux de la puissance motrice, dans les momens où souvent il serait nécessaire au contraire de pouvoir les augmenter. Pour parer en partie à ces difficultés, on fait actuellement presque toutes les machines et les appareils à vapeur pour bateaux assez solides et d'assez grandes dimensions pour en obtenir, au besoin, une différence de puissance d'un tiers à un quart en sus dans un moment que dans l'autre : ci-contre est un tableau qui indique la différence d'effets de plusieurs de ces machines.

Cette amélioration, apportée à ce qu'il paraît, à la navigation, par Maudslay dès 1818, est de la plus grande importance, surtout pour les bateaux à vapeur qui ne doivent que momentanément servir à la remorque.

La puissance d'une machine à vapeur étant le produit de la pression et de la vitesse, on conçoit que, lorsqu'on emploie un bateau à vapeur pour remorquer un bâtiment d'un fort tonnage, que la vitesse de la machine est diminuée en proportion de la résistance qu'occurrence le bâtiment remorqué; si cette vitesse est d'un quart ou d'un cinquième moindre que celle qu'il avait quand le bateau à vapeur naviguait seul ; sa puissance se trouve dans ce cas réduite d'un quart ou d'un cinquième, si la pression de la vapeur n'a point augmenté. Ainsi, c'est dans les momens où il convient d'avoir une plus grande puissance à sa disposition qu'elle se trouve réduite. On voit d'après cela combien il est essentiel qu'un bâtiment à vapeur, quand il doit servir momentanément pour la remorque, soit disposé de manière à pouvoir augmenter à volonté les effets de ses machines motrices, ce qu'on peut facilement obtenir en renforçant le mécanisme et en faisant les appareils à vapeur de plus grandes dimensions et plus solides, afin d'y pouvoir éléver la tension de la vapeur plus haut que dans les appareils ordinaires.

TABLEAU indiquant la différence d'effets de plusieurs machines de bateaux à vapeur, selon la tension de la vapeur et la vitesse de ces machines.

NOMS des CONSTRUCTEURS DE MACHINES.	NOMS des BATEAUX.	PUISSSANCE DES MACHINES, marchant		RAP- PORT des effets.	ÉPOQUE de leur con- struc- tion.
		sous une pression et avec une vitesse ordinaire.	à pleine pression et la plus grande vitesse.		
		chevaux.	chevaux.		années.
	<i>London Engineer</i>	70	88	1,25	1818
	<i>Ivanhoe</i>	60	76	1,26	1820
	<i>Halquin</i>	80	104	1,30	1824
MAUDSLEY père, fils, et FIELD, à Londres.	<i>Lightning</i>	100	137	1,37	1824
	<i>Entreprise</i>	120	160	1,35	1825
	<i>Beurs d'Amsterdam</i>	120	160	1,35	1826
	<i>Commerce</i>	140	197	1,40	1826
	<i>Dée</i>	200	272	1,36	1827
	<i>Crusades</i>	50	68	1,36	1827
	<i>City d'Edinburgh</i>	80	104	1,30	1821
WATT et BOULTON, à Soho.	<i>James Watt</i>	100	122	1,22	1821
	<i>Soho</i>	120	151	1,25	1820
	<i>Cinderella</i>	80	104	1,30	1827
FAWCETT et LITTLEDALE, à Liverpool.	<i>Cambria</i>	50	67	1,34	1822
	<i>Albia</i>	60	73	1,21	1822
	<i>Saint-Patrick</i>	100	142	1,42	1822
MANBY-WILSON et Cie, à Charenton.	<i>Nageur</i>	160	200	1,25	1827
GINGEMBER, à Paris.	<i>Pélican</i>	160	200	1,25	1827
AITKEN, STEEL et Cie, à Paris.	<i>Souffleur</i>	160	200	1,25	1827

Effets utiles des bateaux à vapeur ordinaires ou avec roues à aubes, employés au transport des marchandises sur la Basse-Seine.

Quoique les effets mécaniques de tous les bateaux à vapeur bien construits soient à-peu-près identiques dans toutes les circonstances semblables, les produits qu'on en tire diffèrent essentiellement selon les lieux et les besoins. En Angleterre, par exemple, où le combustible est généralement moins cher, où la population est considérable et répartie sur une moins grande surface qu'en France, les paquebots à vapeur rendent de grands services et procurent des bénéfices assez considérables, tandis qu'une grande quantité de bateaux employés au même usage, dans d'autres parties d'Europe, ne donnent très souvent que peu ou pas de bénéfices.

Aussi, quoique nous ayons admis en principe que la navigation par la vapeur convienne sur les points où le halage n'est pas praticable, ou quand il devient nécessaire de marcher beaucoup plus vite que les chevaux de halage, il est important néanmoins, avant de l'appliquer sur un point quelconque, si l'on tient, comme ce doit être, à ne pas faire une opération aventureuse, de se rendre compte principalement du prix du combustible et des procédés avec lesquels on aura à entrer en concurrence, ainsi que des perfectionnemens dont ils sont susceptibles; on devra surtout ne pas s'expliquer les besoins commerciaux des lieux qu'on voudra exploiter, ainsi qu'on l'a fait dans beaucoup d'endroits, et particulièrement en France.

La tâche que nous remplissons ne pouvant donner lieu à penser que nous cherchons à ralentir la propagation des bateaux à vapeur en France, nous nous permettrons de faire observer que les réflexions critiques qu'ont faites divers écrivains, sur le petit nombre de bateaux à vapeur qui existe en France, ne sont point fondées, non sous le rapport de la force militaire, mais sur celui des besoins commerciaux. Sous ce dernier rapport, peut-être avons-nous en proportion plus de bateaux à vapeur que l'Angleterre; peut-être aussi dans ces deux pays en existe-t-il au-delà des besoins.

Le but de notre travail étant de faire ressortir les avantages et les difficultés de la navigation par la vapeur, particulièrement en France, pour le transport des marchandises, nous allons entrer dans quelques détails sur les bateaux avec roues à aubes, qu'on a employés jusqu'à présent, sur la Seine, à faire ce service.

Les premiers bateaux à vapeur qui ont été appliqués chez nous au transport des marchandises, sont *le Génie du Commerce, la Ville de Rouen* et *le Duc de Bordeaux* (1): ces bateaux qui n'ont navigué que de 1822 à 1825, ont leurs roues à aubes entièrement à l'arrière, et portent des machines de la force de 30 chevaux; lorsqu'ils faisaient le service de Rouen à Paris, ils transportaient au plus 90 tonneaux nets de marchandises, en 44 heures de marche, ou 3000 kilo., par force de cheval, avec une vitesse moyenne de 5450 mètres par heure, quoiqu'en les faisant aider par des chevaux, pour franchir plusieurs ponts et courans.

La Ville du Havre, le Colbert (2) et *le Duc d'Angoulême*, qui, peu de temps après vinrent naviguer sur la Basse - Seine, sont mis par des machines de 50 chevaux: ils transportent au plus 150 tonneaux nets en 12 heures de marche, terme moyen, du Havre à Rouen; ou 3000 kilo. par force de cheval, avec une vitesse moyenne de 10416 mètres à l'heure.

Les bateaux en fer, *le Commerce de Paris, la Seine, le Charles X* et *l'Hirondelle*, qui vinrent aussi faire le service du Havre à Rouen, même du Havre à Paris, sont également mis par des machines de 50 chevaux; moins grands que les précédents, ces bateaux ne portent que 110 à 120 tonneaux au plus; ils mettent 12 heures de marche, terme moyen, pour se rendre du Havre à Rouen; ainsi ils transportent par force de cheval 2400 kilo. avec une vitesse moyenne de 11,563 mètres à l'heure. Ceux de ces bateaux qui naviguent du Havre à Paris directement remontent au plus 110 tonneaux en 54 heures de marche, terme moyen, et parcourent habituellement la distance de Rouen à Paris en 42 heures.

(1) Nous ne parlons point des bateaux qui ont appartenu à la compagnie Pajol, parce qu'ils n'ont jamais pu être utilisés.

(2) *Le Colbert* s'est perdu sur les jetées du Havre en 1826.

Pour ce trajet, ainsi que les bateaux avec roues à l'arrière, ils se servent de chevaux pour franchir divers courans.

Chaque cheval de halage sur la Basse-Seine remonte de 30 à 35 tonneaux, avec une vitesse moyenne de 2500 mètres à l'heure. Si, dans les premiers temps, les bateaux à vapeur qui entraient en concurrence avec le halage, paraissaient marcher beaucoup plus vite, c'est que les bateaux à vapeur ayant peu de capacité, comparativement aux bateaux *normands*, ils perdaient beaucoup moins de temps lors de leur chargement et de leur déchargement. Malgré cet avantage et toute l'activité qu'on ait pu mettre dans les chargemens, il n'a pas été possible de faire faire aux meilleurs bateaux à vapeur, qui naviguent sur la Basse-Seine, même dans les moments les plus favorables, plus de *deux* voyages *en un mois* de Rouen à Paris; *trois* voyages *en deux mois* du Havre à Rouen, et *quatre* voyages *en un mois* du Havre à Rouen.

Aussi, en raison des hauts fonds qui obstruent l'embouchure de la Seine jusqu'à Caudebec, et sur lesquels il n'y a souvent, lors des petites marées, que 4 à 5 pieds d'eau, et attendu les retards occasionés, soit par les gros temps, le manque de marchandises, le temps employé pour les chargemens, déchargemens, réparations des bateaux, des machines, etc., en raison, disons-nous, de toutes ces difficultés, les bateaux *la Ville du Havre* et *le Duc d'Angoulême* ne font tout au plus que 20 voyages par an, du Havre à Rouen, chargés, terme moyen, en allant de 30 tonneaux, et en revenant de 35. Les *effets utiles* pour chacun se réduisent donc, par an, au transport du Havre à Rouen de . . . 2600 tonneaux, et de Rouen au Havre, à 700

Effet total, par an. 3300.

Prenant moins d'eau que ceux-ci, les bateaux en fer, *le Commerce de Paris*, *la Seine*, *le Charles X* et *l'Hirondelle* peuvent faire de 36 à 40 voyages par an, du Havre à Rouen, chargés, terme moyen, de 100 tonneaux en allant, et de 25 en revenant. Les *effets utiles*, par an, se composent donc, pour chacun d'eux, du transport du Havre à Rouen, de 4000 tonneaux, et de Rouen au Havre, de 1000

Effet total, par an. 5000.

Pour les bateaux en fer qui viennent jusqu'à Paris, quand les eaux sont favorables, et qui continuent de naviguer entre le Havre et Rouen, lors des eaux basses, on compte qu'ils peuvent faire annuellement 10 voyages du Havre à Paris, chargés, terme moyen, de 100 tonneaux en montant et de 25 en descendant, et 17 voyages du Havre à Rouen, chargés, terme moyen, de 100 tonneaux en allant et de 25 en revenant; leurs *effets utiles* se composeraient d'après cela, par an, de la remonte du Havre à Paris de 1000 tonneaux, de la descente de Paris au Havre, de 250

1250

Du Havre à Rouen, de 1,700 » } 2125

Et de Rouen au Havre, de 425 » } 2125

Effet total, par an 3375

Quant aux bateaux *le Génie du Commerce*, *la Ville de Rouen* et *le Duc d'Angoulême*, qui naviguaient de Rouen à Paris, ils ne faisaient l'un dans l'autre que 18 voyages par an, chargés, terme moyen, de 70 tonneaux en montant et de 35 en descendant. Ainsi, leurs *effets utiles* se composaient pour chacun par an de la remonte de 1260 tonneaux, Et de la descente de 630

Effet total, par an 1890.

Pour remédier au temps que perdaient forcément les bateaux à vapeur dans lesquels on chargeait les marchandises, on a tenté sur la Seine, de Rouen à Paris, de faire usage de bateaux de deux pièces; *l'Etna*, *l'Atalante*, *l'Aigle* et *la Foudre* ont été établis d'après ce principe: ils se composaient chacun d'un bateau moteur (avec roues à aubes à l'arrière, mûs par une machine de 40 chevaux), à la proue duquel on fixait fortement un bateau chargé, de même largeur et disposé à cet effet. Par ce moyen le bateau moteur, aussitôt arrivé à sa destination, était séparé de son bateau chargé, et devenait disponible pour monter ou descendre de suite un nouveau bateau chargé.

Les entrepreneurs qui avaient fait construire ces bateaux ayant été troublés pour avoir fait placer les roues à aubes entièrement à la poupe de leurs bâtimens, tandis que le chef d'une autre entreprise, formée précédemment, croyait avoir seul ce droit en vertu d'un brevet; il s'ensuivit une désorganisation telle qu'on ne s'est jamais rendu un compte exact des effets utiles de ces bateaux; seulement plusieurs accidens démontrent qu'il était impossible de les bien gouverner, surtout à la descente; on reconnut aussi qu'ils prenaient trop d'eau et marchaient moins vite qu'on ne l'avait espéré. Pour remédier au premier inconvénient qui est des plus graves, on placa les roues à aubes des bateaux *l'Aigle* et *la Foudre*, dans des rentrées disposées à cet effet, sur chaque côté et tout-à-fait à l'arrière du bâtiment, par ce moyen on obtint la faculté de beaucoup mieux gouverner.

Quoiqu'il soit certain que de tels bateaux eussent pu, s'ils eussent été aussi parfaits qu'on les pouvait faire alors, produire plus d'*effets utiles* que les bateaux *la Ville de Rouen*, *le Génie du Commerce* et *le Duc d'Argouleme*, avec lesquels ils devaient entrer en rivalité, et dans lesquels on transporte la marchandise, on reconnut, surtout en raison de plusieurs améliorations apportées depuis un an au halage sur la Seine, qu'ils ne pouvaient en produire d'assez grands encore pour donner des bénéfices; conséquemment, la compagnie à qui ils appartiennent, quoique venant de gagner son procès, se dispose à en faire démonter les machines pour les placer sur des *remorqueurs*, qu'on destine à faire le service du Havre à Rouen.

Ce genre de bateaux présentant des avantages séduisans, lorsqu'on ne l'envisage que superficiellement, nous l'avons examiné avec soin, et pour qu'on soit à même de le comparer avec d'autres, nous avons supposé (chapitre ix) un service de Rouen à Paris avec des bateaux de ce genre, et afin de laisser le moins possible à désirer, nous avons admis des machines à vapeur ainsi que des bateaux plus parfaits que ne le sont ceux de *l'Aigle* et *la Foudre*.

Les divers avantages qu'ils procurent, permettant de leur faire faire 30 voyages par an, de Rouen à Paris, chargés terme moyen de 125 ton-

neaux, les *effets utiles* pour chacun des bateaux moteurs consisteraient donc dans la remonte annuelle de 3700 tonneaux,
et dans la descente, de 1850

Effet total par an. 5550

Les dernières améliorations apportées à la navigation par la vapeur, sur la Basse-Seine, consistent à faire usage de bateaux de charge de 150 à 200 tonneaux, pontés, dits *chalans*, légèrement gréés, qu'on remorque, avec un bateau à vapeur à aubes, de la puissance de 80 chevaux, du Havre jusqu'à Caudebec, et qu'on hale de là jusqu'à Paris au moyen de chevaux disposés en relais; par la réunion de ces deux moyens qui sont plus économiques que tous les bateaux à vapeur à aubes, dont nous venons de parler (quoiqu'ils ne réalisent encore qu'une partie des améliorations que nous avons proposées il y a déjà quelques années), on peut naviguer pour ainsi dire à toute hauteur d'eau; on peut rendre les marchandises à Paris en 10 ou 12 jours, et à des prix moindres que ceux que sont forcés de prendre les meilleurs bateaux à vapeur à aubes, qui naviguent entre le Havre et Paris; l'on évite enfin, chose essentielle, un transbordement à Rouen, ce que ne pouvaient empêcher les bateaux avec roues à aubes entièrement à l'arrière, puisqu'ils ne pouvaient dépasser Rouen ni les bateaux en fer, puisqu'ils ne peuvent pas constamment remonter chargés jusqu'à Paris.

Un *remorqueur* de 80 chevaux pouvant facilement remorquer en une marée un bateau chargé, terme moyen, de 175 tonneaux, du Havre à Rouen, on peut admettre comme très probable qu'il pourra faire 80 voyages par an, si toutefois il n'attend pas trop après le chargement, et si les bateaux chargés et le remorqueur lui-même sont de dimensions suffisantes pour passer lors des plus faibles marées, sur les hauts fonds qu'on rencontre au-dessous de Caudebec.

Les *effets utiles* par remorqueur, année commune, se composeraient d'après cela de la remorque du Havre à Rouen de 80 bateaux ou de 14000 tonneaux,
et de Rouen au Havre, de 3000
Effet total par an. 17000

Coup-d'œil sur les machines motrices des bateaux à vapeur d'Europe.

Les machines à vapeur adoptées généralement en Europe pour la navigation, sont presque toutes d'après le système ordinaire de Watt (1), quelques-unes seulement, d'après celui de Woolf et d'Olivier Evans.

Les machines ordinaires de Watt sont celles où l'on fait usage de vapeur d'une tension, de 4 à 5 livres par pouce, plus forte que la pression de l'atmosphère, où l'on introduit la vapeur sous le piston pendant toute sa course, et où l'on condense celle-ci à sa sortie du cylindre.

Malgré la bonté de ces machines, il est malheureusement trop constant que leur extrême pesanteur et leur grande consommation de combustible, présentent de graves inconvénients pour la navigation: aussi ces deux défauts limitent-ils, beaucoup plus qu'on ne le croit généralement, l'usage des bateaux à vapeur.

Les machines du système de Woolf sont celles où la pression est élevée à 3 ou 4 atmosphères, et où l'on se sert de plusieurs cylindres pour y dilater la vapeur, afin d'en obtenir plus d'effet, et par là économiser le combustible; malgré cet avantage, ces machines étant très compliquées et présentant beaucoup de sujétions, nous les croyons encore moins propres à la navigation que celle de Watt.

Les machines à haute pression, comme celles d'Olivier Evans, sont celles que l'on fait marcher sous une pression de 8 à 10 atmosphères, et où l'on n'introduit la vapeur que pendant une partie de la course; selon le degré de tension et d'expansion de la vapeur, ces machines peuvent se passer de condenseur.

Ce système convient essentiellement pour naviguer sur plusieurs de nos fleuves, à cause de sa légèreté comparativement à celui de Watt; nous ne doutons point non plus qu'il ne convienne presque également pour les voyages de long cours, toutes les fois qu'on portera dans la

(1) Quoique ce système de machines ne soit point celui qu'on devrait préférer en France pour la navigation, sous plusieurs rapports particulièrement à cause de sa grande pesanteur; il est cependant à remarquer que plus des trois quarts de celles qui y sont appliquées sont d'après ce système et de plus nous viennent en grande partie d'Angleterre.

confection des machines, et particulièrement des appareils à vapeur, tout le soin convenable.

S'il était permis d'avoir confiance dans les rapports pompeux qu'on a faits des machines de Perkins, *à très haute pression*, celles-ci seraient de beaucoup supérieures, pour la navigation, à toutes les machines à vapeur connues, tant par leur légèreté, que par l'économie du combustible; selon Perkins, elles peseraient trois fois moins, procureraient une économie de $\frac{5}{9}$ sur le combustible, et tiendraient un espace infiniment moindre que les meilleures machines à vapeur dont on a fait usage jusqu'à présent.

Malheureusement, jusqu'à ce jour; tous ces grands avantages sont plus qu'hypothétiques, et les plus ardents prôneurs de Perkins ne peuvent citer après cinq ans d'essais, et des dépenses énormes (1), une seule de ses machines, qui produise autant d'effets utiles, avec une égale quantité de combustible, qu'une bonne machine de Watt à expansion.

Comme les premières machines à vapeur appliquées à la navigation étaient d'une faible puissance, on les plaçait sur un côté et vers le milieu de la longueur du bâtiment, dont elles occupaient environ la moitié de la largeur; la chaudière placée à côté, et parallèlement à la machine, occupait l'autre moitié. Ayant reconnu depuis la nécessité de faire usage de machines beaucoup plus puissantes, ainsi que l'avantage d'en employer deux au lieu d'une, on en place une à tribord et l'autre à bas-bord, et les chaudières à une petite distance de celles-ci vers l'arrière; les figures 2, 3 et 4, planche 1^{re}, indiquent les dispositions actuelles de la plus grande partie des machines placées à bord des bateaux, qui presque toutes transmettent le mouvement aux roues à aubes au moyen de balanciers.

Afin de supprimer les balanciers, le marquis de Jouffroy eut, à ce qu'il paraît, le premier l'idée de faire usage d'une machine avec cylindre horizontal; les Anglais, après lui, ont adopté cette disposition pour les bateaux *l'Orwel* et *le Tartar*: en France, *le Voltigeur* et *le Remorqueur* sont mûs chacun, par trois cylindres horizontaux. Quoique cette disposition simplifie le mécanisme et permette de supprimer les balanciers, elle est générale-

(1) À notre connaissance M. Rawson a lui seul fourni à M. Perkins, 1,500,000 fr. qui ont été absorbés en expériences.

ment rejetée, en ce qu'on regarde comme très difficile d'empêcher que les pistons ne frottent inégalement sur les cylindres, et ne finissent par les déformer; ensuite pour communiquer directement le mouvement des cylindres à l'arbre des roues à aubes, il faut nécessairement les éléver sur des châssis, qui pour être parfaitement solides devraient être d'une grande pesanteur.

M. Brunel, en Angleterre, a imaginé une disposition mixte, qui ne pare qu'en partie aux inconvénients de la position horizontale des cylindres: dans les machines de cet habile ingénieur, deux cylindres sont placés en regard l'un de l'autre, sur un plan incliné, et formant entre eux un angle droit dont le sommet répond à la hauteur de l'axe des roues à aubes; cette machine est représentée, pl. 4, fig. 1 et 2: sous plusieurs rapports elle nous paraît préférable à celles avec cylindres horizontaux.

MM. Aitken et Steel, de Paris, viennent de terminer, dans leur établissement de la Gare, pour le gouvernement, une machine de 160 chevaux, qui pourra produire au besoin la force de 200 chevaux. Dans cette machine, dont plusieurs dispositions sont entièrement neuves, les cylindres sont verticaux, et placés vis-à-vis l'un de l'autre au milieu de la largeur du bateau; le mouvement des pistons est transmis aux roues à aubes par de fortes équerres qui remplacent les balanciers. Pour qu'on puisse juger de tout son mérite, nous en avons donné le dessin pl. 3, fig. 1 et 2.

MM. Cavé de Paris viennent de remplacer les machines du bateau de fer *la Seine*, qui étaient d'après le système ordinaire de Watt, par 2 machines à expansion sans condenseur, avec cylindre oscillant (1); la tige du piston de ces cylindres (placés sur des châssis inclinés) transmet immédiatement son mouvement à la manivelle. Si cette disposition, qui a de l'analogie avec la machine de M. Brunel, permet de supprimer entièrement les balanciers, elle offre aussi comme elle, le grave inconvénient que le poids du piston tente continuellement à déformer le cylindre; en outre,

(1) MM. Manby et Wilson ont pris en France brevet d'importation pour ce genre de machines à vapeur, qui est abandonné depuis long-temps en Angleterre.

les cylindres oscillans ne nous présentent pas autant de stabilité que les cylindres fixes.

Dans toutes les machines à vapeur dont nous venons de faire mention, l'action est produite par le mouvement d'un piston dans un cylindre, qui donne toujours un mouvement de va et vient. Dans les machines de ce genre, une partie très considérable de puissance est employée à arrêter le mouvement des différentes parties agissantes, pour les mettre en action dans un sens contraire. Cette perte de force a beaucoup fixé l'attention des mécaniciens, et ils ont fait de nombreux essais pour construire une machine dans laquelle l'action de la vapeur opérât d'une manière continue, sans que les parties fussent amenées à un état de repos.

Pour atteindre ce but, le plus célèbre mécanicien du temps, *Watt*, et presque tous ceux qui, avant ou après lui, se sont occupés de machines à vapeur, comme Héron d'Alexandrie, Branca, Amontous, Kempel, Sadler, Humblower, Bramah, Curtwinght, Verzy, Masterman, etc., ont indiqué ou essayé des mécanismes à mouvement direct de rotation; mais cette disposition ayant présenté de trop grandes difficultés ou sujétions dans la pratique, on n'en a pu faire aucun usage.

Dans le même but on a fait depuis, en Amérique, une machine à rotation qui a été placée à bord du bâtiment à vapeur *la Surprise*; aucune observation exacte n'ayant été faite sur la marche de ce bâtiment, on ne peut assurer s'il marche, comparativement, mieux ou moins bien qu'un autre, avec machines ordinaires. Ce qui peut cependant servir à prouver que les effets de cette machine n'ont pas été satisfaisans, c'est que, depuis que *la Surprise* existe, un grand nombre de bâtimens à vapeur ont été construits en Amérique, sans que nous sachions qu'il ait été adopté pour aucun d'eux une machine à vapeur à mouvement rotatif.

En France, vers 1823, MM. Dietz et Stolz ont construit et fait marcher pendant quelque temps dans leurs ateliers, à Paris, une machine à vapeur à mouvement circulaire; après bien des essais, ils finirent par abandonner cette disposition, et s'en tinrent aux machines à mouvement *circulaire alternatif*.

Trois ans plus tard, M. Pecqueur, horloger, soit qu'il ignorât les essais tentés avant lui, soit qu'il se crût en état de surmonter du premier coup

les obstacles qui avaient arrêté Watt, et qui avaient mis en défaut la sagacité de nombreux et habiles constructeurs, se mit à construire, sans aucun essai préliminaire, une machine rotative, dite de 30 chevaux, qui fut placée, en 1826, à bord du toueur *la Dauphine*. Ce bateau, destiné à naviguer sur la Seine, de Passy à Bercy, a été éprouvé au mois d'août 1826 pour la première fois; quoique depuis on ait fait de nombreux changemens à son mécanisme, *même des perfectionnemens*, on ne peut espérer aujourd'hui qu'il soit jamais propre à faire le service auquel on le destinait.

D'après ces tentatives, nous devons regarder les avantages des machines rotatives comme trop hypothétiques, jusqu'à présent, pour les mettre en parallèle avec celles à mouvement rectiligne alternatif.

Pour la navigation, les machines ordinaires de Watt et de Woolf présentent de grands inconvénients en raison de leur excessive pesanteur et de leur extrême complication, particulièrement ces dernières.

Les bonnes machines de Watt pèsent de 14 à 1500 kilogrammes par force de cheval, tout compris, c'est-à-dire la machine motrice, avec son appareil à vapeur, et l'eau qu'il doit contenir, ainsi que les roues à aubes. Les appareils à vapeur, y compris l'eau et tout ce qui en dépend, forment environ la moitié de ce poids. Cette pesanteur, quoique excessive, s'augmente considérablement encore par la provision de combustible, quand il s'agit de s'en munir pour quelques semaines seulement.

Aussi, d'après l'énorme pesanteur des machines à vapeur, regarde-t-on comme « très douteuse la possibilité de construire un bâtiment qui puisse porter une machine capable de le faire mouvoir avec une vitesse de *douze* milles à l'heure (5^m36 par seconde) *sans l'aide du vent et de la marée.*» (1)

Dans des renseignemens pris pour l'amirauté en Angleterre, on évalue le poids des machines des bateaux à vapeur du gouvernement (qui devaient être alors de 80 chevaux au plus) à 111 tonneaux, ce qui fait par cheval 1388 kilo.

Le mécanisme complet du bateau en fer *la Seine*, de la force de

(1) Extrait d'un rapport fait au parlement d'Angleterre.

50 chevaux, y compris l'eau dans les chaudières, pèse 70 tonneaux, ou par cheval 1400 kilo.

Celui des bateaux *l'Yonne* et *la Seine*, de 16 chevaux chaque, compris l'eau dans les chaudières, pèse 18 tonneaux ou par cheval. 1125

Enfin, la machine à vapeur et tout le mécanisme du navire *le Noyeur*, de la force de 160 chevaux, qu'on vient de terminer dans les ateliers de Charenton, compris 58 tonnes d'eau dans les chaudières, pèse 268 tonneaux, ou par cheval. 1600

Quoique nous n'ayons pu nous procurer le poids exact des machines de Woolf, placées sur des bateaux, on peut facilement juger qu'elles ne peuvent être que de peu de chose plus légères, si cela est, que les machines *ordinaires* de Watt, en ce que d'une part, on ne peut diminuer que l'appareil à vapeur d'environ un tiers, ou de 200 kilo. par cheval, en le supposant fait de tôle ; que de l'autre, les cylindres à vapeur, surtout si on leur met des enveloppes, sont beaucoup plus lourds que dans les premières machines.

Les machines motrices des bateaux *l'Yonne* et *la Seine* que nous venons de citer, ayant été faites avec un soin particulier, nous ne croyons pas qu'on en puisse construire de plus légères sur ce système ; cependant, si on leur substituait des chaudières cylindriques, afin d'en faire des machines à dilatation, il serait encore possible de les alléger d'environ trois tonneaux et demi chacun, ce qui réduirait alors le poids du mécanisme à 850 kilo. par cheval, compris l'eau ; aucune autre partie de ces machines ne pouvant être diminuée sans compromettre les solidités, ce dernier poids doit être regardé comme le plus haut degré de légèreté que l'on puisse atteindre, avec des machines de ce système.

Il est un autre système de machine qui conviendrait mieux sans doute pour la navigation intérieure, c'est celui adopté par Oliver Evans, ou à haute pression et à expansion.

En France nous n'avons que les bateaux *la Ville de Lyon* sur la Saône et *le Voltigeur* et *le Remorqueur* sur le Rhône, qui soient sur ce principe. La machine du premier, quoique sans condenseur, ne consomme que

100 kilo. de houille par heure, ou 3 kilo. 33 par cheval ; elle pèse environ 15.000 kilo. de moins qu'une de même force (de 30 chevaux) du système de Watt, placée sur le bateau *la Ville de Châlons*, construit dans le même temps, et qui a été fait exprès d'égales dimensions que *la Ville de Lyon*, afin de pouvoir comparer leur effet et leur pesanteur.

Les machines du *Voltigeur* et du *Remorqueur* sont à condensation et de la puissance de 30 chevaux chacune ; la première consomme 130 kilo. (1) de houille par heure, et la seconde 90 kilo. Cela provient probablement de ce qu'ayant besoin d'un excès de puissance pour la première, on y laissait prendre très peu ou pas d'expansion à la vapeur. Si les renseignemens que nous nous sommes procurés sur ces machines sont exacts, leur légèreté serait extraordinaire ; elles ne peseraient qu'environ 750 kilo. par cheval.

Dans tous cas nous admettons sans peine la possibilité de faire des machines plus légères que celles dont on a fait usage généralement en Europe pour la navigation. Cependant, ne pouvant diminuer sensiblement que la pesanteur des appareils à vapeur, nous jugeons, même en faisant usage de machines à *expansion*, qu'on ne peut guère espérer les faire peser moins de 850 kilo. par cheval, sans compromettre leur solidité.

Convaincu par l'expérience que ce genre de machines ne présente pas d'aussi grandes sujétions qu'on le croit généralement, et qu'en outre elles sont plus légères et permettent d'obtenir une économie notable de combustible sur les machines ordinaires de Watt, nous pensons que les faibles imperfections des machines de ce genre appliquées à la navigation en France, ne doit pas les faire condamner ni abandonner, et qu'en les faisant confectionner par des mécaniciens expérimentés, on surmontera facilement les sujétions qu'elles présentent ; les plus grandes seront vaincues, dès qu'on aura fait des appareils à vapeur capables de bien contenir la vapeur, et assez solides pour ne point donner lieu à craindre les accidens. Cela nous semble peu difficile, attendu qu'il n'est point néces-

(1) Selon le rapport de M. Richard - Livoud, commissaire de la compagnie Seguin, etc., cette machine aurait consommé 150 hectolitres, de houille, première qualité, par voyage complet de Lyon à Châlons, c'est à dire pendant 30 heures de combustion au plus.

saire, pour obtenir une économie sensible de combustible, d'opérer avec une vapeur d'une tension plus forte que 3 à 4 atmosphères, quand on la condensera à sa sortie du cylindre, ou de 7 à 8 atmosphères, lorsqu'on ne fera point usage de la condensation.

À cette pression les explosions n'y seront guère plus à craindre que dans les machines d'une moindre pression, toutes les fois bien entendu qu'on ne négligera pas les précautions d'usage, et qu'on ne se servira que d'appareils cylindriques, de tôle ou de cuivre, confectionnés avec soin.

MM. Girard et Ch. Dupin attribuent généralement les causes des explosions des appareils à vapeur, *à ce qu'on a surchargé leurs soupapes de sûreté* (1), *à la grossière fabrication des chaudières et au mauvais assemblage de leurs diverses parties*, et elles ont tenu souvent, selon nous, à l'emploi inconsidéré de vases en fonte de fer, auxquels il paraît qu'on a aujourd'hui totalement renoncé en Angleterre, même dans les ateliers de Woolf.

Les machines à vapeur employées pour la navigation en Europe, étant, comme nous l'avons dit, presque toutes à basse pression, leurs chaudières sont de forme carrée, d'un très grand volume; on voit représentées, planche première, des chaudières de cette forme; elles ont des conduits intérieurs par où circulent la flamme et la fumée; leurs dimensions varient en raison de la puissance des machines qu'elles doivent alimenter.

Les deux chaudières du bateau en fer *la Seine*, qu'on vient de démonter, qui étaient des plus petites de ce genre, proportionnément à la force de leurs machines, avaient deux foyers chacune; elles portaient 9^m 40 de longueur sur 2^m 70 de largeur et 2^m de hauteur; y compris les barres des foyers et l'eau nécessaire, elles pesaient environ 30 tonneaux ou 600 kilogrammes par cheval. (2)

(1) Ainsi qu'il est certain que cela a eu lieu à Lyon, le 4 mars 1827, lors de l'explosion du bateau à vapeur qui devait naviguer sur le Rhône.

(2) Dans le but d'obtenir de la légèreté et de l'économie sur le combustible, on vient de démonter les machines motrices de ce bateau et qui étaient très bonnes d'après le système ordinaire de Watt, pour leur substituer des machines à expansion sans condenseur, *avec cylindre oscillant*. On eût atteint ce but aussi sûrement et avec plus d'économie, sans doute, en conservant les machines du système de

Malgré la grande pesanteur des appareils carrés, due en partie à la force des tôles dont ils sont faits, et les soins avec lesquels ils sont confectionnés et consolidés au moyen de tirants en fer, presque tous se déforment par un léger excédant de pression, ou après très peu de temps de travail, ce qui occasionne des fuites, dont quelques-unes ne peuvent pas être arrêtées, par l'impossibilité où l'on est souvent de pouvoir les atteindre, ce qui finit par être la source de graves inconvénients, dont les moindres sont une consommation inutile de combustible, et une diminution de vitesse dans la marche du bâtiment.

La nécessité d'avoir de grandes surfaces de liquide chauffées, ainsi que d'occuper le moins de place possible dans le bâtiment, a probablement fait choisir cette forme ; mais aujourd'hui qu'on paraît avoir senti, surtout en France, le besoin d'employer des machines à expansion, autant pour en diminuer la pesanteur que pour arriver à diminuer la consommation du combustible, cette forme ne peut plus convenir, et il faut de rigueur en venir aux vases cylindriques. Dans cette circonstance, l'embarras était de faire des appareils qui ne tiennent pas plus de place que les chaudières carrées, dont la solidité fut parfaite sans donner trop de poids, et qui fussent en même temps en rapport dans toutes leurs parties avec les machines qu'ils doivent alimenter. Quelques-unes de ces conditions nous paraissent assez bien remplies dans les appareils cylindriques qui viennent d'être faits pour les navires du gouvernement, *le Souffleur*, *le Pélican* et *le Nageur*, toutes cependant sont loin de l'être ; par exemple, celui du *Nageur*, y compris 58 tonneaux d'eau, pèse 120 tonneaux ou 750 kil. par cheval, et celui du *Pélican* à-peu-près autant ; d'un autre côté, si celui du *Souffleur* est un peu plus léger, c'est que quelques-unes de ses proportions laissent à désirer, telles que les capacités pour la vapeur qui nous paraissent trop petites. Excepté celui du *Souffleur*, le volume des deux autres est extrême ; l'appareil du *Nageur* se compose de huit chaudières et de deux réservoirs à vapeur, tous cy-

retourné à la marine, sans doute à la suite de l'explosion de l'appareil du *Souffleur* en 1850. Watt, en faisant faire seulement des chaudières cylindriques, en opérant un léger changement dans le jeu des soupapes, qui permit de dilater la vapeur dans les cylindres, et enfin en employant la vapeur à trois ou quatre atmosphères au plus.

lindriques de 1^m 50 de diamètre sur 7^m 50 de longueur, celui du *Pélican* de huit chaudières et de quatre réservoirs à vapeur, à peu de chose près de mêmes dimensions que ceux du *Nageur*; enfin celui du *Souffleur* de quatre chaudières de 6^m 80 de longueur, sur 1^m 95 de diamètre, portant chacune à leur extrémité supérieure un réservoir pour la vapeur d'un mètre de diamètre sur un mètre de hauteur.

Pl. 4, fig. 4 et 5 est le dessin d'un appareil à vapeur, que nous avons composé et que nous supposons devoir servir pour une machine à expansion.

Les qualités distinctives de cet appareil sont une solidité parfaite, un volume et une pesanteur beaucoup moins que les trois ci-dessus et à volume égal à ceux du *Nageur* et du *Pélican*, des foyers d'un tiers plus grands et un tiers de plus de surface chauffée. En y comprenant environ 25 tonneaux d'eau, un appareil à vapeur comme le nôtre, pour 160 chevaux, composé de quatre chaudières, peserait environ 64 tonneaux ou 400 kilo. par cheval, les surfaces des foyers seraient de 10^m 80 carrés et les surfaces de liquides chauffées de 220 mètres carrés; trois de nos chaudières pouvant suffire pour une machine de 160 chevaux à *expansion*, leur poids pourrait donc être réduit en définitif à 300 kilo. par cheval.

Pour les machines ordinaires de Watt, les meilleurs mécaniciens anglais estiment qu'il faut un mètre carré de surface chauffée par cheval, et la surface du foyer d'un dixième de mètre, aussi par cheval. D'après M. Clément Desormes, cette dernière quantité pourrait n'être que de $\frac{1}{10}$ de mètre carré, ou de $\frac{1}{100}$ pour chaque kilogramme de houille qu'on devra consommer. Quant à la quantité d'eau, elle est indéterminée: dans les appareils de bateaux à vapeur, on n'en met ordinairement que juste ce qu'il faut pour couvrir les surfaces qui se trouvent en contact avec la flamme et la fumée.

Les bonnes machines ordinaires du système de Watt, placées à terre, consomment 5 kilo. de houille par heure, par cheval; celles placées sur des bateaux en consomment une plus grande quantité.

Les meilleures machines ordinaires de ce système, placées à bord de divers bateaux qui naviguent sur la Seine, consomment de 5 kilo. 60 à 6 kilo. 66 par heure, par cheval.

Dans les bateaux *la Ville du Havre* et *le Duc d'Angoulême*, qui naviguent du Havre à Rouen, et qui sont mis par des machines de ce système, de la force de 50 chevaux, on brûle par voyage complet, ou en 26 heures de combustion, 7200 kil. de houille, ou

Les quatre bateaux *en fer* employés à la remonte des marchandises du Havre à Paris, mis par les mêmes machines que ci-dessus et d'égale force, consomment par voyage complet, ou en 90 à 95 heures de combustion, 29,000 kil. de houille, ou

Les bateaux *l'Yonne* et *la Seine*, qui servent au transport des passagers de Paris à Montereau, mis aussi par de très bonnes machines ordinaires de Watt, consomment par voyage complet, ou en 24 heures de combustion, 2,400 kil. de houille, ou

Lors des expériences du bâtiment à vapeur *la Caroline*, portant une machine de 50 chevaux, on a consommé en 11 heures 172, 41 hect. de houille, ou

Le Courieur, enfin, mis par une machine de 80 chevaux, aurait aussi consommé dans une de ses expériences, en 12 heures, 56 hect. de houille de *New-Castel*, ou

PAR HEURE, PAR CHEVAL.

kilogrammes.

5,60

6,80

6,56

5,71

4,66

La différence de consommation que présente ce dernier tableau n'est pas décisive, attendu qu'en diminuant de très peu la vitesse d'un bâtiment, on peut obtenir une économie sensible de combustible, tandis que, par beaucoup d'autres causes aussi, on se trouve obligé d'en consommer une plus grande quantité. Deux principales, dans ce dernier cas, consistent en ce que souvent il se déclare des fuites à l'appareil à vapeur, qui ne peuvent pas toujours être parfaitement bouchées, et quelquefois même ne peuvent pas l'être du tout; ensuite en ce qu'on cherche très souvent aussi à faire marcher le bâtiment le plus vite possible, et qu'on active pour cela la combustion, en ne lui laissant pas le temps de s'opérer complètement; en outre de ce que les appareils à vapeur, dans un navire, ne peuvent que très difficilement avoir les proportions requises pour effectuer une parfaite combustion et une parfaite application du calorique.

D'après plusieurs auteurs, la consommation dans les bateaux à vapeur anglais, mis par des machines de Watt, différerait d'une manière extrême.

L'Hero, avec machine de 90 chevaux, consommerait par heure 1000 kil. de houille, ou

Le Superbe, avec machine de 70 chevaux, consommerait 750 kil. de houille par heure, ou

Le Majestic, avec machine de 100 chevaux, consommerait 1000 kil. de houille par heure, ou

Le Lord Liverpool, avec machine de 80 chevaux, que nous avons observé dans une traversée de Londres à Ostende, consomme 640 kil. de houille par heure, ou

Le Talbot, avec machine de 60 chevaux, consommerait 360 kil. de houille par heure, ou

Le London Engineer, avec machine de 70 chevaux, consommerait 333 kil. de houille par heure, ou

Le Royal Sovereign, avec machine de 80 chevaux, consommerait 448 kil. de houille par heure, ou

Le Meteor, avec machine de 60 chevaux, consommerait 280 kil. de houille par heure, ou

L'Entreprise, avec machine de 120 chevaux, aurait consommé 408 kil. de houille par heure, ou

PAR HEURE, PAR CHEVAL.

kilogrammes.

11,11

10,71

10,00

8,00

6,00

4,74

5,60

4,66

3,60

Ce que nous avons observé pour le bâtiment français *le Coureur*, s'applique également aux bâtimens anglais *le London Engineer*, *le Meteor* et à *l'Entreprise* surtout, c'est-à-dire que ces bâtimens ne marchaient pas sans doute avec toute la vitesse relative à leur puissance motrice, lorsqu'on a constaté leur consommation de combustible.

Afin de s'éclaircir sur ce point important, la chambre des Communes en Angleterre fit faire, en 1824, une série d'expériences avec trois bâtimens à vapeur, exactement de la même grandeur et de la même construction, mun chacun par une machine de 80 chevaux, fournis par différens établissements ; ces bâtimens étaient *l'Harlequin*, *le Cinderella* et *l'Aladin*. Les machines provenaient, celle du premier, des ateliers de Maudsley, celle du second, de Watt, et celle du troisième, de Fawcett. Ces bâtimens ont été observés pendant 13 traversées de Liverpool à Dublin de 190 milles chacune ; soit 2,470 milles (de 1609^m 34) parcourus en un mois, du 15 avril au 15 mai 1824.

16.

TABLEAU indiquant le temps que les Bateaux ont mis pour faire ces treize voyages, et la quantité de houille qu'ils ont consommée chacun.

NOMS des BATEAUX.	DURÉE DES TREIZE VOYAGES.				VITESSE		QUANTITÉ de HOUILLE BRULÉE	
	aller.	retours.	TOTAL.	moyenne par voyage.	PAR	PAR	pendant les expériences	par heure et par cheval.
					heure.	seconde.		
<i>Harlequin</i>	122,54	146,43	269,40	20,42	9,15	4,09	100500	4,65
<i>Cinderella</i>	132,00	141,19	273,19	21,1 $\frac{1}{2}$	9,03	4,05	136500	6,25
<i>Aladin</i>	132,55	143,10	276,5	21,15	8,95	4,01	177500	8,00

Nous n'entrerons dans aucun détail sur la consommation des machines du système de Woolf à deux ou trois cylindres, quoique à terre elles procurent parfois une économie sensible de combustible sur celles ordinaires de Watt, attendu que sur un navire, ces machines sont trop compliquées pour pouvoir être maintenues en un état assez parfait, pour produire constamment le meilleur effet possible, et en ce qu'elles finiraient alors par être de beaucoup inférieures aux machines de Watt à expansion, ainsi que cela a déjà eu lieu dans plusieurs occasions.

Nous n'entrerons point non plus dans aucun détail sur la consommation de combustible des machines dites à haute pression, où l'on ne fait point usage de l'expansion de la vapeur, puisqu'il est incontestable actuellement qu'elles ne procurent point d'économie de combustible sur les machines ordinaires de Watt, tandis qu'au contraire nous observerons qu'avec des machines à moyenne ou à haute pression, où l'on fera usage de l'expansion de la vapeur, on obtiendra une économie de combustible plus ou moins considérable sur les machines ordinaires de Watt, selon

qu'on en élèvera plus ou moins la pression de vapeur, et qu'on étendra le degré d'expansion.

Les machines de ce genre du *Remorqueur* sur le Rhône, ainsi que de *la Ville de Lyon* sur la Saône, en sont une preuve : celles du premier consomment, par heure et par cheval, 4,33 kilo. et celle du second, 3,33 au lieu de 5 à 8 kilo. comme nous venons de le voir.

Données et dimensions du mécanisme

NOMS des BÂTIMENS.	NOMBRE et puissance des machines motrices.	DIMENSION et course DES PISTONS.		SYSTÈME ou DÉSIGNATION	NOMS DES MÉCANICIENS ou des lieux où les machines ont été confectionnées.	DIA- MÈTRE des roues à aubes.	NOMBRE de tours des roues à aubes, par minute.	DIMENSION de chacune DES AUBES.	
		diamètre.	course.					longueur.	largeur.
<i>Courrier</i>	10	0,664	"	système de Watt.	Liverpool.	2,91	50	0,97	0,45
<i>Loire</i>	10	0,664	"	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	2,91	50	0,97	0,45
<i>Louis Guibert</i>	12	0,696	"	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	3,24	40	1,08	0,45
<i>Lyonnaise</i>	2 de 9	0,55	0,75	<i>Idem.</i>	SPILLER à Londres.	3,10	32	1,62	0,37
<i>Ville de Lyon</i>	30	0,37	1,08	haute pression à expansion sans condenseur.	CREPU à Lyon.	3,66	17 à 19	1,65	0,54
<i>Mercure</i>	30	0,43	0,97	haute pression sans condenseur.	GALARDON à Lyon.	3,40	18	1,02	0,48
<i>Océan</i>	2 de 15	0,29	0,97	haute pression sans condensation.	BOURDON à Mâcon.	2,60	34	1,16	0,35
<i>Voltigeur</i>	3 de 10	0,30	0,91	haute pression à expansion et condensation.	TAYLOR à Londres.	4,10	18 à 23	1,72	0,48
<i>Génie du Commerce</i> ...	30	0,81	0,91	Watt.	MANBY à Birmingam.	3,56	15 à 17	2,20	0,54
<i>Henri IV</i>	30	0,76	0,82	<i>Idem.</i>	Angleterre.	3,20	29	1,30	0,45
<i>Caroline</i>	2 de 25	0,74	0,91	<i>Idem.</i>	MANBY-WILSON et Cie	4,10	26	1,90	0,32
<i>Duc d'Angoulême</i>	50	1,03	"	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	3,89	24	2,00	0,59
<i>Souffleur</i>	2 de 80	1,28	1,36	Watt à expansion.	AITKEN, STEEL et Cie	5,75	23	3,20	0,70

de plusieurs Bateaux à vapeur.

ANGLAIS.

NOMS DES BATIMENS.	NOMBRE et puissance des machines motrices.	DIMENSION et course DES PISTONS.		SYSTÈME OU DÉSIGNATION des machines motrices.	NOMS DES MÉCANICIENS ou des lieux où les machines ont été confectionnées.	DIA- METRE des roues à aubes.	NOMBRE de tours des roues à aubes, par minute.	DIMENSION de chacune DES AUBES.	
		diamètre.	course.					longueur.	largeur.
<i>Duke of Argile</i>	14	"	"	système de	"	"	"	"	"
<i>Lord Liverpool</i>	2 de 40	"	"	Watt.	"	3,65	25	2,60	0,46
<i>Sovereign Georges IV</i> ..	2 de 40	"	"	Watt à dilatation.	BUTTON et WATT.	4,86	"	2,43	"
<i>City d'Edimburg</i>	2 de 40	0,91	1,06	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	5,45	27 $\frac{1}{2}$	2,43	0,61
<i>James Watt</i>	2 de 50	0,98	1,06	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	5,45	27 $\frac{1}{4}$	2,73	0,61
<i>Soho</i>	2 de 60	1,06	1,21	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	4,76	26	2,43	0,61
<i>Hero</i>	2 de 45	"	"	Watt.	FENTON à Leeds.	4,25	30	2,43	0,45
<i>Crusader</i>	2 de 25	0,74	0,91	Watt à dilatation.	MAUDESLAY et Cie.	3,60	32	1,67	"
<i>Ivanhoë</i>	2 de 30	0,81	0,94	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	3,80	30	1,80	"
<i>London Engineer</i>	2 de 35	0,91	1,00	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	3,62	28	1,97	"
<i>Harlequin</i>	2 de 40	"	1,06	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	3,95	28	2,12	"
<i>Lightning</i>	2 de 50	1,04	1,21	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	4,50	25	2,73	"
<i>Entreprise</i>	2 de 60	1,10	1,21	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	4,56	24	2,12	"
<i>Beurs d'Amsterdam</i> ..	2 de 60	1,10	1,21	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	4,86	25	2,43	"
<i>Commerce</i>	2 de 70	1,17	1,36	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	5,45	22	2,12	"
<i>Dée</i>	2 de 100	1,94	1,52	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	6,08	20	3,04	"

NÉERLANDAIS.

<i>L'Atlas</i>	3 de 100	"	"	Watt.	COCKERILL à Liège.	8,00	"	"	"
<i>Zéélandais</i>	2 de 25	"	"	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	3,64	30	"	"
<i>Curacao</i>	2 de 50	1m 01	1m 22	<i>Idem.</i>	MAUDESLAY et Cie.	5,33	19 à 23	2,13	0,46

Presque tous les bateaux à vapeur français sont à fond plat, avec les angles des couples légèrement arrondies et les varangues des extrémités relevées, comme on le voit représenté pl. 1^{re}, fig. 1^{re}; quelques-uns, particulièrement ceux qui sont destinés à tenir la mer, sont à fonds arrondis comme ceux représentés pl. 1^{re}, fig. 3.

Les bateaux anglais et autres sont de même forme. « On n'est point d'accord en Angleterre, dit M. Marestier (1), sur la forme de la carène des bateaux à vapeur : certains constructeurs veulent des bâtimens fins, d'autres des bâtimens à fond plat. L'établissement des machines est plus aisé dans ceux-ci que dans ceux-là, et l'on voit les uns et les autres réussir à-peu-près également, sans qu'il soit bien décidé de quel côté est l'avantage.

« L'opinion générale est que ces bateaux doivent être construits plus solidement que les autres bâtimens : cependant quelques mécaniciens, et notamment M. Brunel, pensent que les mâts et les voiles fatiguent plus les bâtimens que ne le fait une machine à vapeur établie sur une charpente disposée convenablement. Cette dernière opinion est confirmée par l'expérience des Américains, dont les bateaux à vapeur sont ordinairement assez légers. »

De jour en jour on augmente la grandeur des bâtimens à vapeur, les plus grands étaient d'abord du port de 400 tonneaux, et avaient environ 40^m de longueur. Aujourd'hui, on en voit un à Rotterdam, *l'Atlas*, de 1,200 tonneaux, qui a 71^m 75 de longueur, sur 9^m 12 de largeur, et environ 8^m de creux, et qui doit porter 3 machines de chacune 100 chevaux. *Le United-Kingdom*, de 1,000 tonneaux, portant une machine de 200 chevaux est jusqu'à présent le plus fort bâtiment anglais. En France, les plus grands bâtimens de ce genre sont, *le Nageur*, *le Pélican*, et *le Souffleur* de 45^m de longueur, sur 9^m de largeur, mis par des machines de 160 chevaux chacun.

Selon leurs formes, les bateaux tirent plus ou moins d'eau. Les coques des bateaux français *l'Yonne* et *la Seine*, à fond plat, tiraient vides 38^{cent}, avec leurs machines ; ils tirent actuellement 62^{cent}. Excepté les bateaux *la*

(1) *Mémoires sur les bateaux à vapeur d'Amérique*, page 184.

Ville de Sens sur la Seine, *le Louis Guibert* sur la Loire, *le Mercure*, *le Triton*, *le Dauphin* et *le Neptune* sur la Saône, dont le premier ne tire que 36 cent. avec sa machine, et les autres 54; le moindre tirant d'eau du plus grand nombre est de 60 à 65 cent.; encore est-il essentiel d'observer que pour atteindre ce faible de tirant d'eau, on n'a point toujours fait les coques assez solides.

Pour arriver à avoir des bâtimens suffisamment solides, et quittrent moins d'eau que ceux en bois, il conviendrait peut-être de faire les coques en tôle comme ceux qui naviguent sur la Seine du Havre à Paris.

La durée des bateaux en fer étant évaluée 3 à 4 fois plus grande que celle des bateaux en bois, on trouve que, malgré leur prix élevé, ils présentaient encore plusieurs avantages notables sur ceux-ci; par exemple, avec un égal déplacement d'eau, ils ont une plus grande capacité, et contiennent par conséquent un plus grand volume de marchandises; les frais d'entretien et les pertes pour déperissement sont en proportion moins grands, cette construction permet en outre d'obtenir un moindre tirant d'eau. Comme bâtiment de guerre, M. de Montgéry, capitaine de vaisseau français, a démontré, dans un de ces Mémoires, que ce genre de construction serait supérieur sous plusieurs rapports aux bâtimens en bois, surtout si l'on tenait à ce qu'ils fussent à l'épreuve du canon. (1)

La largeur des bâtimens à vapeur est pour l'ordinaire proportionnée à leur longueur; en France et en Angleterre, elle est communément de 5 à 6 fois leur longueur; dans les Pays-Bas, on en a fait de beaucoup plus étroits comme on le va voir par le tableau suivant.

(1) *Mémoire sur les navires en fer*, par M. de Montgéry. Paris, 1823.

TABLEAU indiquant le rapport de la largeur à la longueur, de divers bâtimens à vapeur, français, anglais et néerlandais.

NATIONS à qui ILS APPARTIENNENT.	NOMS DES BÂTIMENS.	LONGUEUR mètres.	LARGEUR. mètres.	RAPPORT de la longueur à la largeur.	ÉPOQUE de leur con- struction. années.
Française.	<i>Marie-Thérèse</i>	37,00	8,00	0,216	»
	<i>Estafette</i>	27,50	5,25	0,191	»
	<i>Lot-et-Garonne</i>	29,00	5,80	0,200	»
	<i>Bordelais</i>	40,00	8,25	0,206	»
	<i>Courrier</i>	24,30	4,53	0,186	»
	<i>Maine</i>	25,50	4,53	0,177	»
	<i>Louis Guibert</i>	24,50	4,87	0,199	»
	<i>Nantais</i>	24,00	4,00	0,166	»
	<i>Ville du Havre</i>	36,00	7,50	0,208	»
	<i>Yonne</i>	29,20	4,53	0,155	»
Anglaise.	<i>Caroline</i>	37,00	7,00	0,189	»
	<i>Nageur</i>	45,00	9,00	0,200	»
	<i>Comet</i>	13, 3	3,50	0,263	1812
	<i>Duke of Argyle</i>	24,00	4,85	0,285	1813
	<i>Richemont</i>	18,84	3,57	0,184	1814
	<i>Argyle</i>	29,00	4,60	0,169	1815
	<i>Neptune</i>	23,75	4,70	0,198	1816
	<i>Favorite</i>	28,60	5,50	0,192	1818
	<i>Britannia</i>	25,60	4,90	0,191	1820
	<i>Edimburg Castel</i>	27,40	5,75	0,209	1821
Néerlandaise.	<i>Lord Merville</i>	36,60	6,40	0,174	1822
	<i>Soho</i>	49,55	8,20	0,165	1823
	<i>Lightning</i>	38,30	6,78	0,177	1824
	<i>Entreprise</i>	45,60	7,92	0,171	1825
	<i>Schannon</i>	53,20	8,51	0,159	1826
	<i>Dée</i>	50,63	9,12	0,180	1827
	<i>Atlas</i>	71,75	9,12	0,124	1827
	<i>Zeelandais</i>	35,00	4,25	0,121	1823

D'après le tableau ci-contre, la plus grande largeur des bâtimens à vapeur français serait dans le rapport de à 4,64, avec leur longueur.

Et leur moindre largeur dans le rapport de à 6,44.

La plus grande largeur de ceux anglais dans celui de à 3,50.

Et la moindre dans celui de à 6,42.

Enfin, la plus petite largeur des bâtimens à vapeur néerlandais serait sous le rapport de à 8,25, avec leur longueur.

On voit que deux bateaux anglais seulement, construits en 1812 et 1813, et qui probablement n'avaient pas été destinés à être mis par la vapeur, s'écartent des proportions que nous avons indiquées ; que les derniers construits sont un peu plus étroits, tandis que les bâtimens néerlandais sont d'une longueur extrême ; ce qui est certainement désavantageux sous plusieurs rapports, principalement sous ceux de la stabilité et du tirant d'eau.

Le tirant d'eau d'un bâtiment à vapeur étant donné, ainsi qu'il arrive toutes les fois qu'il faut naviguer dans l'intérieur, même à l'embouchure de plusieurs fleuves d'Europe, il vaut mieux faire des bâtimens dont la largeur soit du $\frac{1}{5}$ ou du $\frac{1}{6}$ au plus de leur longueur, et en augmenter la capacité en raison de la plus forte charge qu'on devra porter, et du moindre tirant d'eau qu'on voudra atteindre. Mais si, comme c'est le cas du Havre à Paris, une trop grande largeur devenait un obstacle pour le passage des ponts ou pertuis, il conviendrait alors de placer les roues à aubes dans des rentrées sur l'arrière du bâtiment, ainsi qu'on le voit figuré pl. 5, fig. 1 et 2.

Les bateaux à vapeur pouvant faire leurs traversées avec plus de célérité que les bateaux à voiles, et naviguer avec moins de dangers dans les parages les plus dangereux, dont ils peuvent toujours sortir à l'aide de leurs machines, sans craindre d'être surpris par des calmes ou des vents contraires, il en résulte qu'ils présentent en général de grands avantages, particulièrement pour de courtes traversées et la navigation des côtes.

Cependant, dans certains cas, ces bâtimens présentent plus de dangers

que ceux à voiles; les principaux sont les incendies et les explosions des appareils à vapeur. Quoiqu'on puisse parer sans trop de difficultés à ces deux graves inconvénients, on est loin d'avoir pris jusqu'à présent toutes les précautions nécessaires pour les éviter. Aussi avons-nous été grandement surpris, dans diverses traversées que nous avons faites sur des bâtimens à vapeur anglais, du peu de moyens de salut qu'ils présentaient en cas d'accidens qui auraient pu entraîner leur perte totale. Cette remarque a été également faite par un ingénieur anglais (Trélgold), et lui a suggéré quelques réflexions qu'il a fait imprimer à Londres en 1825 (1). Fréquemment les bâtimens à vapeur portent, y compris leur équipage, 60 à 80 passagers, et n'ont qu'une ou deux chaloupes en état de contenir 20 ou 30 personnes: ne conviendrait-il pas que tous les bâtimens à vapeur servant au transport des passagers et naviguant en mer, eussent au moins deux embarcations de grandeur suffisante pour contenir tout leur équipage et les passagers. Si le bâtiment *la Vénus*, qui s'est perdu en avril 1828, dans la traversée de Waterford à Dublin, avait été muni d'embarcations suffisantes, il eût été possible d'éviter la perte d'un grand nombre de personnes, puisque le capitaine et plusieurs hommes d'équipage ont pu gagner la côte avec la chaloupe du bâtiment. Cette précaution, quoique insuffisante pour les voyages de long cours, n'en devrait pas moins être observée; en outre, pour éviter les incendies, il faudrait isoler autant que possible les chaudières du bâtiment, et ne jamais mettre le charbon en contact avec elles.

Quant aux explosions, comme elles peuvent entraîner spontanément la perte du bâtiment, on ne saurait trop prendre de précautions; aussi, outre toutes celles d'usage et la parfaite confection des appareils, pour rendre cet accident rare et en atténuer autant que possible les funestes effets, si par hasard il arrivait: il conviendrait d'abord de faire tous les vases à vapeur de forme cylindrique, quel que soit le système de machines à vapeur dont on ferait usage; ensuite il faudrait consolider fortement le bâtiment dans l'endroit où se trouve la machine, au moyen de fortes char-

(1) *Remarques sur la navigation par vapeur et sur les règlements propres à en augmenter la sûreté et les progrès*, ou lettre adressée à l'honorable William Huskisson, président du conseil de commerce.

penates et de tirans en fer, de sorte que sa partie supérieure ou le pont fût infiniment plus faible que le fond et les murailles du bâtiment; enfin, il conviendrait de pratiquer sur le pont, au-dessus des appareils à vapeur, de grandes écoutilles à charnières qu'on disposerait de manière à ce qu'elles pussent s'ouvrir presque d'elles-mêmes du dedans au-dehors.

En mer, l'eau qui sert à alimenter les chaudières à vapeur produisant un dépôt de selin assez abondant, on a été forcé, pendant quelque temps dans les voyages de long cours, d'éteindre le feu au plus tard après 60 heures de marche, ce qui occasionait une grande perte de temps et de combustible, puisqu'il fallait chauffer de nouveau une grande masse d'eau froide.

Il est un autre inconvénient très grave, c'est que la saumure ou l'eau saturée de sel de mer selon son degré de concentration corrode la chaudière et la détériore d'une manière dangereuse.

MM. Maudesly et Field, mécaniciens anglais, pour parer à cette difficulté, ont imaginé de remplacer dans la proportion de 20 à 30 pour 100, par de l'eau fraîche, une même quantité de saumure qu'on extrait de la chaudière au moyen de pompes mues par la machine.

Ces pompes peuvent n'être mises en action que lorsque la saumure a déjà acquis une certaine concentration, par exemple, lorsqu'elle contient 5 fois plus de sel que l'eau de la mer.

M. Faraday, qui a analysé l'eau de la mer dans la vue de connaître son action sur les chaudières, a trouvé que celle qui bouillait à environ 101° centismaux, et dont la pesanteur spécifique était égale à 1,0272, contenait 32^k 298 de sel par mètre cube, savoir:

1^k,014 de sulfate de chaux qui commence à se précipiter à la température de 102°, quand la quantité d'eau est réduite à 299 litres.

25^k,785 de muriate de soude, qui commence à se cristalliser à 109°, quand l'eau est réduite à 102 litres.

2^k,214 de sulfate de magnésie.

3^k,285 de muriate de magnésie.

Ce dernier sel est celui qui agit le plus sur les chaudières: il commence à se décomposer à la température de 132° lorsque la liqueur est réduite à 35,5 litres. Les 3^k,285 contenus dans le mètre cube d'eau de la mer

sont composés de $1^k,145$ de magnésie, et de $1^k,14$ d'acide. Si tout l'acide pouvait être séparé, il dissoudrait $1^k,6$ de fer, ou $3^k,7$ de cuivre, ce qui occasionnerait bientôt la destruction des chaudières.

L'acide peut être absorbé par l'addition de $1^k,64$ de chaux vive ou de $2^k,78$ de potasse ou par $4^k,1$ de carbonate de potasse. Le dépôt de magnésie pèse $1^k,145$, et celui de carbonate de magnésie $2^k,43$.

Il résulte de ces expériences qu'un appareil, qui consommerait $1^k,5$ d'eau par secondes, ou 5,400 lit. par heure, laisserait déposer dans le même temps environ $5^k,5$ de sulfate de chaux, 139^k de sel ordinaire, et 30^k de sulfate et de muriate de magnésie. Mais le sulfate de chaux ne commencerait à se précipiter que lorsque l'eau de la chaudière aurait été renouvelée 2 fois et un tiers; le muriate de soude, lorsque l'eau aurait été renouvelée 9 fois; et le muriate de chaux ne se décomposerait qu'après que l'eau aurait été renouvelée 27 fois.

Ainsi, une chaudière contenant 20 tonneaux d'eau, pourrait servir environ 33 heures sans qu'il se déposât de sel commun; mais au bout de 8 à 9 heures, le sulfate de chaux commencerait à troubler la liqueur, et il s'en trouverait environ 135^k , lorsque le sel ordinaire commencerait à se cristalliser.

Les roues à aubes *ordinaires* sont jusqu'à présent la meilleure sorte de rames qu'on ait trouvée pour les bateaux à vapeur. De nombreuses tentatives ont été faites en France, en Angleterre, ainsi qu'en Amérique, pour éviter les résistances qu'éprouvent les aubes en entrant et en sortant de l'eau; on y est arrivé par plusieurs moyens, mais comme il fallait alors composer les roues ou rames de pièces mobiles qui produisaient des frottemens considérables, et manquaient toujours de solidité, indépendamment de plusieurs autres défauts, on s'est vu contraint de revenir, après plus ou moins de temps, aux roues à aubes *ordinaires*.

CHAPITRE VI.

Exposé de diverses expériences de TOUAGE.

Machine à touer du maréchal de Saxe .(1)

Cette machine, qui est représentée pl. 4, fig. 3, est mue par des chevaux ; le mécanisme pour opérer la remonte se compose de trois grandes paires de poulies, de diamètres différens, et montées sur un même axe. Toutes ces poulies peuvent au besoin tourner librement sur l'arbre en bois qui leur sert d'axe. Lorsqu'on veut effectuer une remonte, on arrête celle avec laquelle on doit opérer, de manière à ce qu'elle soit dépendante de son axe et soit forcée de tourner dans le même sens ; la poulie correspondante est au contraire rendue libre sur son axe. Le rapport des diamètres des plus grandes poulies aux plus petites est de 1 à 5.

Les dispositions adoptées par le maréchal de Saxe ne pouvant parer à l'inconvénient du choquage, son toueur ne marchait, à ce qu'il paraît, que par reprises successives et par petites longueurs égales à la quantité de corde que pouvait contenir la gorge de la poulie en action ; les plus grandes de ces poulies n'ayant que 5^m de diamètre et 25 cent. de hauteur de gorge, en admettant qu'il se servît de cordages de 4 cent. de diamètre, elle ne pouvait donc contenir que 6 tours de corde ou environ 100^m ; les autres poulies n'ayant que 2^m 45 et 1^m de dia-

(1) Machines et inventions approuvées par l'Académie des Sciences, tome iv, page 37, année 1732.

mètre, on n'y pouvait envelopper par conséquent que 50^m; et pour les plus petites 18^m. Ainsi, chaque fois qu'on avait parcouru une de ces distances ou enveloppé entièrement de câble l'une des poulies, on était obligé de s'arrêter pour rendre celle-ci libre sur son axe et y fixer ensuite une autre poulie; cette dernière une fois arrêtée à l'axe, on se mettait de nouveau à remonter; la première poulie, alors devenue libre et pouvant tourner dans le sens opposé de l'axe, laissait dans le même temps développer sa corde qui était transportée en avant du toueur au moyen d'un petit bateau mu par des chevaux, pour servir de nouveau point d'appui; ces chevaux, comme on voit, pouvaient au besoin prendre une vitesse plus grande que le toueur, puisque le développement de la corde qu'ils devaient transporter était indépendant de la marche de celui-ci.

Cette manière d'opérer est très ingénieuse, et il est malheureux qu'elle présente de grandes difficultés à la pratique, et soit en définitif beaucoup plus dispendieuse que l'usage de câbles à demeure et de longueur égale à la distance à parcourir.

La machine du maréchal de Saxe, quoique laissant beaucoup à désirer, montre cependant quelle était sa sagacité et quelles dépenses il a dû faire de temps et d'argent avant d'être arrivé à composer une machine aussi ingénieuse et aussi bien combinée sous plusieurs rapports.

Description détaillée d'expériences de touage faites sur le Rhône et la Saône.

Les premières applications, en grand, du touage ont été faites, en 1820, à Lyon, sur la Saône⁽¹⁾, pour effectuer la remonte des bateaux chargés, venant du Rhône, du port d'Ainay au port Serin.

Entre ces deux ports se trouve le pont du *Change*, dit pont de *Pierre*, construit sur des rochers qui obstruent presque entièrement le lit de la

(1) Cette application et beaucoup d'expériences analogues ont été faites sur la Saône et le Rhône, de 1819 à 1822, par M. Tourasse, l'un des auteurs de cet essai et inventeur de ce mode perfectionné de navigation, conjointement avec M. Courteaut, élève du Conservatoire des arts de Paris.

Saône, et obligent une partie de ses eaux à se précipiter par l'arche marnière, avec une rapidité d'autant plus grande que les eaux sont plus élevées. Lors des hautes eaux la vitesse du courant, sous cette arche, est extrême, et l'on ne craint pas d'exagérer en assurant qu'elle est souvent de 4 mètres par seconde. On se fera sans doute une idée de la rapidité de ce courant, si l'on a égard au nombre de chevaux dont on se servait pour le surmonter, avant qu'un service de touage fût établi sur la Saône. Pour pouvoir faire franchir à-la-fois ce pont, à un équipage chargé d'environ 350 tonneaux métriques, répartis dans six bateaux, on employait fréquemment 40 à 50 chevaux.

La vitesse du courant sous ce pont ne dépend pas uniquement, comme on pourrait le croire, de la grande hauteur des eaux de la Saône, mais bien aussi de la hauteur des eaux du Rhône, dans lesquelles la Saône se jette à une petite distance de Lyon ; lorsque le Rhône est bas et la Saône élevée, la vitesse du courant au pont du *Change* est à son maximum.

Nonobstant les difficultés que présente la grande rapidité du courant au pont de *Pierre* la navigation de la Saône à Lyon, se trouve de plus entravée par six ponts, dont plusieurs sont très rapprochés l'un de l'autre, ce qui, joint aux sinuosités très prononcées que cette rivière décrit à son passage dans Lyon, et au défaut de chemin de halage, rend cette navigation une des plus difficiles de France, tant pour la remonte que pour la descente. (1)

Pour mieux faire connaître les motifs qui ont amené les inventeurs de ce mode de navigation à choisir tels moyens mécaniques de préférence à d'autres, et pour éviter le retour d'erreurs pareilles à celles qui ont com-

(1) Si l'on entre dans tous ces détails et dans ceux qui vont suivre, c'est pour mettre le lecteur, ainsi que les intéressés dans l'*entreprise des remorqueurs sur la Seine*, à même de juger de la supériorité des procédés imaginés par MM. Courteau et Tourasse, sur les procédés que M. *Edouard de Rigny*, gérant de cette entreprise, a infructueusement tenté de leur substituer depuis deux ans, et aussi pour venir à l'appui de ce qui a été dit dans l'avant-propos, éviter autant que possible, qu'on porte un jugement défavorable sur ce mode de navigation, dans le cas trop probable où M. *Edouard de Rigny* forcerait à abandonner cette entreprise, sans avoir appliqué sur la Seine les procédés de touage et de remorque inventés par MM. *Tourasse et Courteau*, quoiqu'il y fût obligé par l'article premier de son acte de société.

promis le succès de l'*Entreprise des remorqueurs de la Seine*, on va rendre compte d'une partie des expériences qui ont été faites sur le Rhône et la Saône avec un toueur construit en 1821 et tenu en activité à Lyon, depuis lors.

Ce toueur, construit dans le but d'établir pour la traversée de Lyon un service semblable à celui que la société *des remorqueurs de la Seine* veut établir pour la traversée de Paris, a été fait avec économie; il se compose conséquemment d'un bateau de forme ordinaire, à fond plat de 5^m20 de largeur sur 23^m de longueur; sur lequel est placé une plate-forme en charpente de 8^m sur 9, disposée pour recevoir un manège de 6 chevaux. Ceux-ci font mouvoir un système de treuils doubles à gorges, placés dessous le manège, au moyen d'engrenages de divers diamètres, qui permettent de leur imprimer un mouvement plus ou moins rapide, quoique les chevaux ne marchent qu'au pas.

D'après le rapport des divers engrenages entre eux, lorsque les chevaux marchent avec une vitesse d'un mètre par seconde, on peut à volonté imprimer au toueur, selon la charge qu'il remonte (au moyen de câbles arrêtés à un point fixe et s'enroulant sur les treuils), les vitesses de 1° 1900 mètres à l'heure;

2° 1300

3° 776

4° 320

Ces vitesses n'ont pas été déterminées au hasard; et, avant de juger que plusieurs sont superflues, comme quelques personnes instruites se le sont imaginées faute d'attention, il conviendra sans doute d'avoir égard à l'exposé suivant des divers genres de difficultés qu'on a éprouvé lors des premières expériences, ainsi qu'aux principales conditions qu'on avait à remplir.

Afin de remonter *à-la-fois* un équipage complet (1) venant du Rhône, du port d'Ainay au port de Serin à Lyon, les inventeurs de ce mode perfectionné de navigation firent construire, en 1820, un toueur mu-

(1) Un équipage complet du Rhône se compose pour l'ordinaire de 5 à 6 bateaux chargés ensemble de 300 à 400 tonneaux métriques.

par six chevaux, pouvant marcher avec différentes vitesses, mais dont la plus petite était encore de 700 mètres à l'heure. Les premières épreuves de ce toueur ayant été faites lors des eaux basses, on a, sans trop de difficultés, fait franchir le pont de *Pierre* à trois bateaux chargés de 200 tonneaux métriques, avec cette petite vitesse. *Encouragé par ce demi-succès*, on voulut répéter cette expérience peu de temps après avec trois bateaux chargés d'environ 300 tonneaux métriques. Les eaux s'étant élevées depuis la première expérience, ce fut en vain qu'on essaya de franchir le pont de *Pierre* avec ces trois bateaux, et ce ne fut qu'avec une extrême difficulté qu'on parvint à les remonter un à un au-delà de ce pont, avec la petite vitesse ci-dessus. Convaincu par plusieurs autres tentatives infructueuses que la vitesse de 700 mètres, à l'heure, était encore trop grande, on disposa une poulie de manière à la diminuer de moitié ; aussitôt après avoir pris ces dispositions, on fit franchir le pont de *Pierre* à six bateaux chargés de 500 tonneaux métriques.

Ce résultat ne paraîtra pas extraordinaire à ceux qui connaissent un peu les lois de la mécanique : pour s'en convaincre, il suffira d'observer qu'en diminuant la vitesse de ce toueur de moitié, on a d'une part doublé l'effort de la puissance motrice, et de l'autre réduit notablement la résistance des bateaux, ce qui revient à tripler environ la force de traction dont on pouvait disposer avant l'emploi de la poulie. En outre, dans cette circonstance, la résistance n'était pas proportionnelle au nombre de bateaux qu'on remontait, vu qu'il ne s'en trouvait que deux au plus dans le fort du courant. Ceci prouve suffisamment sans doute que, quand on ne voudra pas être arrêté par de forts courants, et qu'on tiendra à ne jamais être forcé de diviser la charge à remonter, comme on voulait que cela fut à Lyon, il sera indispensable, en faisant usage de ce mode de navigation, de disposer le mécanisme du toueur de manière à faire marcher celui-ci à volonté, avec une très petite vitesse ; comme il faudra aussi qu'il puisse marcher avec de plus ou moins grandes vitesses, quand on aura un long trajet à parcourir, et qu'on tiendra à le parcourir avec toute la célérité que comporte la force motrice.

Si, par cet exposé, on a démontré la nécessité de disposer le mécanisme des toueurs de manière à les faire mouvoir à volonté avec plus ou

moins de vitesse (1), surtout quand il s'agira de naviguer sur une rivière dont les courans différeront beaucoup entre eux ; on va également faire voir que ce n'est point sans motifs qu'on a adopté les treuils doubles à gorges.

L'emploi du treuil ordinaire et du cabestan ne permettant pas d'obtenir une marche tant soit peu rapide et continue, à cause du choquage (2), on a essayé à diverses reprises de les remplacer par plusieurs moyens, ainsi qu'à éviter le choquage, avec des rouleaux et poulies diversement disposés ; après beaucoup de tentatives, on reconnut qu'on pouvait par plusieurs dispositions obvier assez bien au *choquage*, mais on reconnut aussi qu'on produisait alors des frottemens qui avaient l'inconvénient d'absorber continuellement une partie de la puissance motrice, *et qui détérioraient promptement les câbles* : enfin, une seule disposition parut remédier à toutes ces difficultés ; ce fut la réunion de plusieurs poulies superposées les unes aux autres, et disposées de manière à former deux tambours placés à une petite distance l'un de l'autre.

Partant de ce système, on a adapté aux toueurs construits pour la traversée de Lyon deux treuils à gorges qui remplacent parfaitement ces poulies : après une année de travail, on a remarqué avec satisfaction que cette disposition de treuils évitait entièrement le *choquage*, n'occasionait aucun frottement, par conséquent n'usait point les câbles, et permettait de plus d'obtenir toute la continuité de mouvement qu'on pouvait désirer.

Ces difficultés vaincues, il en restait une, pas aussi grande à la vérité, mais qui mérite cependant d'être citée : ce fut de combiner une parfaite solidité dans tout le mécanisme : on ne parvint à avoir une machine parfaite sous ce rapport, qu'en faisant un second toueur complet, et en donnant aux moyens mécaniques qui le composaient ou dont on devait faire usage, une

(1) Si l'on a insisté plusieurs fois sur le besoin de disposer le mécanisme des toueurs de manière à pouvoir les faire marcher au besoin avec différentes vitesses, c'est que, sans cette condition, il est certain qu'un toueur sera toujours imparfait, et même impropre au service dans la plupart des cas.

(2) On appelle *choquer* l'opération par laquelle on est obligé de reporter les cordes qui s'enroulent sur un cabestan, d'une extrémité à l'autre du cylindre, toutes les fois qu'elle est près d'atteindre le bout de ce cylindre, ce qui oblige de relâcher la corde et d'arrêter le mouvement du cabestan.

force suffisante pour résister aux efforts de près de 80 chevaux, *quoique le moteur ne fût que de 6 chevaux.*

L'extrême solidité qu'on a été obligé de donner à ce second toueur ne paraîtra pas étrange, si l'on fait attention que, par le rapport des engrenages entre eux, les leviers sur lesquels les six chevaux agissent, dans cette machine, peuvent être augmentés de manière à obtenir un effort égal à 60 chevaux et plus.

La solidité de ce dernier toueur ayant été mise à des épreuves très fortes, on reconnut enfin qu'elle excédait, comme cela devait être, les plus grands efforts que l'on pouvait produire avec 6 chevaux, et qu'elle était suffisante pour résister aux secousses que produisent par momens les bateaux toués, lorsqu'ils se trouvent dans certains courans : ce qui servit le plus à prouver cette solidité, c'est qu'on rompit plusieurs fois de forts cordages neufs faits en chanvre d'Italie de première qualité, de 52 millimètres de diamètre, sans rien casser ni déranger dans la machine.

Les effets obtenus sur la Saône, avec ces toueurs, ayant dépassé les espérances, on conçut l'idée d'appliquer, en grand, ce mode de navigation sur le Rhône, en substituant seulement des machines à vapeur aux chevaux. En conséquence, pour satisfaire aux desirs de quelques intéressés, on fit avec le dernier de ces toueurs, en mars et en juin 1822, deux voyages d'expériences de Givors à Lyon; le résultat de ces deux expériences fut parfaitement identique, c'est-à-dire qu'on a remonté à chaque voyage 170 tonneaux métriques en 18 heures de marche effective. La distance de Givors à la Mulatière, par le Rhône, étant d'environ 18,000^m, on trouve qu'elle a été parcourue, lors des deux expériences ci-dessus, avec une vitesse moyenne de 1,000^m à l'heure.

Depuis 1821 jusqu'en 1824 où ces toueurs ont été vendus à la compagnie dite des *Modères* à Lyon, les effets qu'on en a obtenus, pendant tout ce temps, ont été constamment les mêmes, et ont servi à démontrer les avantages qu'on en pouvait tirer pour la remonte des marchandises, particulièrement sur le Rhône (1). Pendant tout ce temps on a aussi acquis

(1) Nous croyons de notre devoir de faire connaître que sans M. *Lezay-Marnésia*, alors préfet du Rhône, qui a protégé les inventeurs de ce mode de navigation, contre les tracasseries de l'autorité

la preuve, que quelles que fussent les sinuosités d'une rivière, et le rétrécissement du chenal lors des basses eaux, les toueurs gouvernaient assez bien pour obvier à cette difficulté, que diverses personnes crurent long-temps un obstacle insurmontable. Enfin, les expériences que nous venons de citer servirent à démontrer aussi que la tension et le poids du câble en passant sur la proue du bateau étaient bien loin de faire plonger celle-ci autant que d'autres se l'étaient imaginées.

Les effets obtenus, tant sur le Rhône que sur la Saône, ont été tels, que ceux qui étaient le plus prévenus contre ce genre de navigation, lors des premières expériences, furent ceux qui excitèrent de plus par la suite à l'appliquer en grand sur le Rhône.

Dans l'intervalle du 15 novembre au 26 décembre 1821, qu'on a consacré à l'essai d'un de ces toueurs, on a remonté du port d'Ainay à celui de Serin, au moins 4,000 tonneaux nets de marchandises, réparties dans 68 bateaux (1), et l'on a procuré au commerce, pendant trois ans qu'a duré la concurrence avec la compagnie des *Modères*, une réduction annuelle de près de 50,000 fr., sur le prix de remonte fixé par l'autorité.

Toutes ces expériences ont été faites au moyen de 2,000^m de câbles de 54 et 60 millimètres de diamètre, confectionné en engrelin avec du chanvre d'Italie de première qualité.

Ces câbles répartis par portions égales dans deux petits bateaux (nommés *coursiers* en terme de rivière) étaient remontés, en avant du toueur, par des hommes lorsqu'on opérait dans Lyon, et par des chevaux lorsqu'on opérait sur le Rhône; les câbles étaient amarrés à des points fixes, établis exprès, et jetés ensuite dans le chenal; après avoir amarré le câble du premier coursier au premier point d'appui, ce bateau était redescendu vers le toueur, pour recevoir son câble, à mesure que les treuils le rejetaient

municipale de Lyon; le service de touage pour la traversée de cette ville n'aurait pu être établi, ce qui aurait alors fait perdre aux inventeurs de ce procédé le fruit de pénibles et onéreuses expériences, et aurait, sans doute, laissé ignorer pendant long-temps encore, les avantages positifs de ce mode perfectionné de navigation.

(1) Voir la note A.

et que le toueur se portait en avant. L'autre coursier, après avoir porté son câble 1,000^m plus haut, à un second point d'appui, le jetait également dans le chenal en descendant jusque vers le premier point d'appui, où il s'arrêtait pour qu'on réunit l'extrémité de son câble à l'extrémité de celui qu'on y avait déjà fixé; cette opération se faisait de manière que les câbles ainsi réunis pouvaient former, à volonté, une même longueur avec celui fixé au deuxième point d'appui.

Dès que les premiers 1,000^m de câbles avaient été recueillis et lovés dans son coursier, celui-ci était de nouveau conduit en avant du toueur, pour qu'on pût fixer son câble à un troisième point d'appui, et l'on opérait en le descendant de la manière que nous venons de décrire. En continuant d'agir ainsi avec chaque coursier, après qu'il avait recueilli sa corde, on pouvait donc avoir continuellement (quand la marche des coursiers ne se trouvait pas trop entravée), 1,000^m de câbles transportés en avant du toueur et 1,000 autres mètres en action, et servant de point d'appui pour la remonte.

Ces câbles étaient composés de six longueurs d'environ chacune 334^m, réunies les unes aux autres par des nœuds plats. Dans les premiers moments, ces nœuds ont présenté quelques difficultés au passage des treuils; mais plus tard, après de légers changemens dans les gorges des treuils, et la pose des rouleaux qui y dirigeaient les câbles, ainsi que par l'action d'un levier en bois, manœuvré par un homme, ces nœuds, malgré leur énorme grosseur, n'offrirent plus d'obstacle, et il devint possible d'obtenir, sans autre interruption que le temps nécessaire pour changer les vitesses des treuils (1), toute la continuité de mouvement qu'on pouvait désirer.

Tentatives infructueuses faites sur la Seine pour y appliquer le touage par la vapeur.

La même année que MM. Courteaut et Tourasse établirent un service de touage sur la Saône, M. Vinchon de Quémont essaya un toueur à va-

(1) Lors de nos expériences sur le Rhône, de Givors à Lyon, nous avons observé que chaque changement de vitesse faisait perdre 5 minutes; avec une machine convenablement disposée, on pourra

peur sur la Seine. Le mécanisme de ce toueur, construit d'après les procédés de MM. Montgolfier et Dayme, était composé d'une poulie ou treuil servant pour la remonte, de 1^m,25 de diamètre, dont la gorge avait 0^m 55 de largeur; cette poulie, montée sur un arbre vertical et en saillie au-dessus du pont du bateau, pouvait tourner à volonté à droite et à gauche, au moyen de roues d'*angles* qu'on engrenait et dégrenaient à cet effet; elle était mue par une machine à vapeur du système de Watt, de la puissance de 6 chevaux, qui, d'après M. Montgolfier, aurait produit des effets égaux à 10 chevaux de halage.

Pour le transport de leurs câbles, ces messieurs avaient eu l'intention d'imiter les manœuvres du maréchal de Saxe; mais, n'ayant pas saisi, à ce qu'il paraît, ce qu'elles avaient de bon, ils ne purent transporter leur câble qu'avec une vitesse égale à celle de leur toueur, ce qui était insuffisant: ils reconnaissent aussi après quelques expériences « qu'il y aurait de l'avantage à transporter les cordes lovées sur des bateaux, *au lieu de les étirer en avant comme ils l'avaient d'abord projeté.* » (1)

Quoique lors des expériences, ce toueur ait paru présenter quelques avantages sur le halage ordinaire, on n'a pu en tirer aucun parti, attendu principalement que les moyens mécaniques n'étaient point disposés pour varier *convenablement* sa vitesse, et qu'on n'avait obvié qu'imparfaitement au *choquage*; d'après cela, est-il resté inactif jusqu'en 1826, où il a été détruit.

Les bons effets des toueurs appliqués sur la Saône, pour la traversée de Lyon, ayant convaincu M. *Edouard de Rigny* que la non-réussite des tentatives faites sur la Seine, par MM. Montgolfier et Dayme, provenait des

faire ces changemens en moitié moins de temps; cette opération ne devant se répéter que six à huit fois dans le voyage de Givors à Lyon, cela ne ferait donc perdre dans ce voyage qu'environ 20 minutes qui seraient récupérées et bien au-delà par l'excès de vitesse que pourrait prendre le toueur dans les courans favorables.

(1) Malgré les inconvénients graves qui résultent de cette manière de transporter les câbles, MM. Seguin, Montgolfier et Dayme, viennent d'essayer de nouveau, de l'appliquer sur le Rhône, pour le compte d'une société; en substituant seulement un bateau à vapeur à rames, aux chevaux. Cet essai ayant totalement manqué, ils ont été obligés de revenir aux chevaux, pour pouvoir continuer les expériences qu'ils avaient à faire.

mauvaises dispositions du mécanisme de leur toueur, il résolut d'acheter, au nom d'une société, les procédés de touage et de remorque imaginés par MM. Courteaut et Tourasse, et appliqués, depuis 1821, avec succès sur la Saône, pour en faire usage de Rouen à Paris; en substituant seulement la vapeur aux chevaux, les chaînes aux cordes, et en faisant usage de celles-ci par bouts, *formant ensemble une longueur égale à la distance à parcourir*, ainsi que plusieurs autres perfectionnemens que ces deux mécaniciens avaient apportés depuis cette époque à leurs inventions primitives. A cet effet, il forma, en 1825, une société sous la dénomination d'*Entreprise des remorqueurs sur la Seine*, mais par une fatalité qu'on peut dire attachée à presque toutes les grandes entreprises, surtout en France, à peine avait-il créé cette société, qu'il se trouva circonvenu par des personnes qui lui suggérèrent de faire des changemens ou prétendus perfectionnemens, quoique, chose remarquable, aucune d'elles ne connût exactement les difficultés de ce genre de navigation, ni même les avantages des procédés qu'elles prétendaient améliorer. On poussa même l'inconséquence jusqu'à lui faire adopter un système de machine motrice reconnu défectueux, depuis long-temps, par les meilleurs constructeurs de machines à vapeur.

Le résultat de pareilles erreurs fut ce qu'il devait être; et, quoiqu'on ait fait dire avec emphase dans les journaux de Paris, en août 1824, « qu'un « problème de mécanique des plus importans, celui de la construction de « machines à vapeur, à *rotation continue* et immédiate, vient d'être « complètement résolu par M. Pecqueur; qu'une machine de ce système, « de la force de 30 chevaux, ait été placée à bord d'un bateau appartenant à la compagnie des remorqueurs de la Seine, sous la direction de « M. Edouard de Rigny; que l'expérience qui en a été faite le 25 de ce « mois, ne laisse plus de doute sur le succès de cette entreprise », cette compagnie n'a pas encore un remorqueur en état d'être utilisé: il résulte même d'expériences incontestables que le toueur *la Dauphine*, le seul qu'ait encore cette compagnie, n'a pu remonter une charge de 400 tonneaux contre le faible courant des Aiguillettes (1), tandis que 10 à 12

(1) La plus grande vitesse du courant aux Aiguillettes excède à peine 1 m^2 par seconde.

chevaux de halage suffisent pour effectuer une telle remonte dans les moments les plus défavorables, et qu'avec un toueur mu par 6 chevaux seulement, l'un des auteurs de cet ouvrage a remonté maintes fois à Lyon, au-delà du pont de *Pierre*, une charge de 500 tonneaux contre un courant de plus de 3^m5 par seconde.

Au surplus, en raison des effets obtenus avec le toueur à vapeur de M. Vinchon, on doit croire que la puissance motrice du toueur *la Dauphine* (impropriement nommé *remorqueur*) (1), est au plus de 15 chevaux; d'après cela ce fameux problème ne doit-il pas être regardé, dans cette circonstance, comme résolu négativement?

L'illusion de ceux qui ont présidé à la confection de ce toueur, destiné pour la traversée de Paris, a été telle, que, chargé de ses machines, d'après ses petites dimensions, son bateau tire plus d'eau (2) qu'il ne s'en trouve souvent sur la ligne où il doit naviguer.

Le toueur *la Dauphine* a deux autres défauts graves qui prouvent évidemment les préventions ainsi que le peu de connaissance qu'avaient des difficultés à surmonter ceux qui l'ont fait construire: premièrement c'est qu'on n'a point disposé son mécanisme de manière à pouvoir varier suffisamment sa vitesse, quoique dans la description jointe à l'un des brevets d'invention cédés à M. *Edouard de Rigny*, il soit dit: *c'est pour l'application de treuils doubles à gorges à la navigation intérieure, disposés de manière à pouvoir varier leur vitesse*, qu'on fonde le mérite du brevet: l'autre défaut est d'avoir placé les poulies qui servent à le mouvoir entièrement à la proue du bateau, ce qui rend impossible de le bien gouverner. Si l'on récapitule enfin toutes les défectuosités essentielles qu'a encore ce toueur, nonobstant les nombreux changemens et les prétendus

(1) L'action de remorquer diffère essentiellement de celle de touer; elle consiste à traîner après soi un bâtiment, au moyen d'un bâtiment à voile ou d'une ou de plusieurs embarcations mues par des rameurs, ou enfin d'un bateau à vapeur à rames, tandis que, comme nous l'avons déjà dit, l'action de touer consiste à mouvoir un ou plusieurs bâtiments, au moyen de treuil ou cabestan sur lequel on enroule, en le virant, un câble arrêté à un point fixe.

(2) Ceci provient entièrement du mécanicien, qui s'est trompé sur le poids de ses machines.

perfectionnemens que MM. Pecqueur et *Edouard de Rigny* y ont apportés depuis plus d'un an, on trouve :

1° Que sa machine motrice est des deux tiers ou des trois quarts moins puissante qu'elle n'est annoncée. (1)

2° Que son mécanisme n'étant pas disposé de manière à pouvoir varier suffisamment sa vitesse, il sera infailliblement arrêté par de forts courans, à moins qu'on ne divise de beaucoup la charge à remonter.

3° Qu'en plaçant les moyens mécaniques qui servent à le mouvoir entièrement sur l'avant du bateau, il devient impossible de le parfaitement gouverner.

4° Que les effets de la poulie à compartimens mobiles, sur laquelle s'engrène la chaîne, *sont encore plus qu'incertains* : dans tous les cas, cette poulie occasionerait des frottemens considérables qui détérioreraient promptement la chaîne, si ce toueur était susceptible de marcher souvent.

5° Qu'en se servant de chaînes d'une même grosseur (2) on subit plusieurs inconvénients, tels que d'augmenter considérablement les dépenses, surtout quand il s'agira d'opérer sur une distance comme de Rouen à Paris, ou de nécessiter d'avoir des chaînes trop fortes quand on naviguera contre de petits courans, ou trop faibles quand on remontera de forts courans, comme il faudra y arriver tôt ou tard, si l'on tient à l'utiliser.

6° Qu'une chaîne *soudée* sur toute sa longueur et *sans émerillons*, comme celle dont on a été forcé de se servir jusqu'alors, présentera de grandes sujétions, et aura l'inconvénient de se vriller souvent.

7° Enfin, que ce bateau tire plus d'eau qu'il ne s'en trouve fréquemment dans les endroits où l'on se propose de le faire naviguer.

Si, malgré tous les défauts que nous venons d'énumérer, le toueur *la*

(1) Nous ne sommes point les seuls qui ayons manifesté cette opinion, sur la machine rotative de M. Pecqueur; le 20^e n^o des *Tablettes des artistes* contient un article sur cette machine, dans lequel on démontre que ses effets sont *purement hypothétiques et qu'elle ne possède pas même la force de 10 chevaux*.

(2) Pour naviguer sur un fleuve dont le courant est généralement rapide, tel que le Rhône, il conviendra peut-être de faire usage de chaînes d'égales grosses, à peu de chose près, sur toute la longueur du fleuve.

Dauphine produit momentanément des effets qui paraissent extraordinaires à quelques personnes, comparativement aux effets obtenus au moyen de bateaux à vapeur à aubes, cela ne doit point être attribué à la bonté de son mécanisme, mais bien aux avantages inhérents au système du touage; au surplus, on en aurait obtenu des effets 7 à 8 fois plus grands encore que ceux qu'il a produits, si sa machine motrice avait eu réellement une puissance de 30 chevaux, et si son mécanisme eût été disposé de manière à pouvoir varier suffisamment sa vitesse.

Quand même la machine rotative de ce toueur serait réellement de la puissance de 30 chevaux, et que sa poulie à compartiment mobile s'engrenerait parfaitement avec la chaîne sur laquelle il remonte, toujours est-il vrai que, d'après les autres vices de son mécanisme et le mauvais emploi de la puissance, il ne pourrait remonter sa charge complète contre de forts courans, tels que ceux de la Morue, du pont Notre-Dame, et autres qui se trouvent sur la basse Seine.

Description du mécanisme du toueur la Dauphine.

Le mécanisme de ce toueur, placé sur un bateau à fond plat de 21^m de long sur 12^m 85 de large, se compose d'une machine à vapeur à rotation immédiate, censée de la puissance de 30 chevaux, faisant mouvoir un treuil ordinaire en fer de 0^m 37 de diamètre sur 0^m 65 de long (1), au

(1) Ce treuil qui a servi aux premières expériences, n'ayant pas répondu aux espérances de MM. Pecqueur et de Rigny, ils imaginèrent d'employer, pour agir sur la chaîne, une poulie dont la gorge était moulée en creux, de manière à s'adapter aux chainons de celle-ci. L'expérience montra encore qu'au bout de quelque temps, les chainons ne correspondaient plus avec les creux destinés à les recevoir; c'est à quoi on pouvait s'attendre, puisque la chaîne la mieux fabriquée n'a jamais la régularité mathématique qu'exigerait un tel système; et parvint-on, à force d'art et de soins, à la lui donner, elle ne tarderait pas à la perdre, par suite des grands efforts qu'elle est destinée à supporter. Puisqu'il était impossible d'approprier la chaîne aux creux de la poulie, on retourna la question, et on résolut d'approprier les creux de celle-ci aux relies de celle-là. Il fallut pour cela les rendre variables de grandeur et de position, ce qui compliqua de parties mobiles la construction de la poulie, la rendit plus fragile et plus sujette à se déranger. Toutefois avec cette modification, on est parvenu à marcher, mais fort lentement; car lorsqu'on veut aller avec une vitesse même médiocre,

moyen d'une roue d'engrenage de 1^m30 de diamètre montée sur l'axe de la machine rotative, engrenant avec une autre roue de 0^m75 de diamètre: sur l'axe de cette dernière est adapté un volant de 2^m92 de diamètre, ainsi que les roues à aubes de même dimension; ces roues servent pour activer la descente: sur l'axe du volant est fixée une poulie de 0^m54 de diamètre, dont la gorge est disposée de manière à s'engrener avec une chaîne qui transmet le mouvement du moteur à une poulie semblable, placée entièrement à la proue du bateau, servant enfin à mouvoir une autre poulie montée sur le même axe; celle-ci, qui a 0^m54 de diamètre, est à compartimens mobiles, et la gorge offre des arrêtes sur lesquelles s'accroche tant bien que mal la chaîne qui sert à remonter le toueur.

Le rapport des deux engrenages transmettant le mouvement aux poulies étant 1, 5 : 1, il en résulte que, lorsque la machine motrice fait dix révolutions par minute, le toueur marche avec la vitesse de 1015^m à l'heure, ou de 0^m28 par seconde.

La machine motrice ne peut faire que 10 à 12 révolutions par minute, vu la difficulté de mouvoir vivement les cloisons mobiles qui servent de point d'appui à la vapeur, ou de contre-partie à l'aile rotative faisant les fonctions de piston.

Par suite de l'emploi de la poulie à compartimens, adoptée par M. Pecqueur, la chaîne qui a servi jusqu'à présent aux expériences de ce toueur, a dû être nécessairement d'une même force dans toute sa longueur, sans emérillons ni mailles de jonction; elle est à entretoise et faite en fer de 16,5 millimètres de diamètre; sa longueur est d'environ 4000^m; elle est arrêtée à un point fixe en avant du pont des Arts et descend jusqu'au pont de Grenelle.

Des tentatives de touage par la vapeur sur la Saône et le Rhône.

Sur la Saône ces tentatives ont été faites par M. F. Bourdon, de Mâ-

les chainons arrondis glissent nécessairement hors de leurs creux, et la poulie ne peut plus engrenier avec la chaîne, ce qui a arrêté la marche et a produit plusieurs fois la rupture des pièces du mécanisme.

con, en 1826 et 1827, au moyen des toueurs *l'Océan* et *la Méditerranée*, portant des machines à vapeur de 30 chevaux, qui font mouvoir des roues à aubes et un long treuil horizontal de 1^m13 de diamètre, sur lequel s'enroulent environ 600 ^m de cordes.

Pour opérer la remonte, chacun de ces bateaux amarrait d'abord son câble au premier des bateaux chargés qu'ils devaient remonter; puis l'un d'eux se portait en avant au moyen de ses roues à aubes, en développant la corde de son treuil; arrivé à l'extrémité de cette corde, il se fixait dans le chenal, au moyen de deux longues gaffes suspendues sur les flancs du bateau, ou quelquefois au moyen d'une ancre; après avoir rendu les roues à aubes indépendantes de la machine, on appliquait celle-ci au treuil, et l'on effectuait la remonte *en tirant à soi la corde* et les bateaux chargés. Pendant cette manœuvre, l'autre toueur se portait en avant du premier et allait se fixer comme lui dans le chenal, après avoir développé sa corde: il opérait ensuite la remonte de la même manière que le précédent.

Si cette manœuvre eût pu s'effectuer sans trop de difficultés ni de dépense, cela eût rendu superflu l'emploi de grandes longueurs de câbles que nous jugeons indispensables: mais il n'en est point ainsi, attendu qu'on perdait beaucoup de temps à dérouler les câbles en remontant, même *en se faisant aider par des chevaux de halage*, et qu'ensuite ces câbles s'usaient d'une manière effrayante; en outre les gaffes ne fixaient les bateaux que très imparfairement et se rompaient souvent.

Pénétré de l'insuffisance de tels moyens, M. F. Bourdon vient de décider sa société à appliquer *l'Océan* et *la Méditerranée* sur le Rhône, de Givors à Lyon, en se servant d'une *chaîne* occupant toute la distance. On ne peut qu'applaudir à cette décision; cependant si ces toueurs ne sont point disposés de manière à pouvoir varier facilement la vitesse de leur treuil, et si l'on n'évite point le *choquage*, on doit s'attendre encore à des effets très imparfaits.

Les tentatives de touage, sur le Rhône, ont été faites de Givors à Lyon en décembre 1827, au moyen d'un bateau à vapeur nommé *le Remorqueur*, appartenant à MM. Séguin, Montgolfier, Dayme et compagnie.

Le mécanisme principal de ce toueur est composé de deux poulies

horizontales, dont l'une est à double gorge : le câble, après avoir passé sur tout leur contour, est saisi par deux petites poulies, dont les axes se rapprochent au moyen d'une vis, pour le roider dans les gorges des grandes poulies : tout ce système est mis avec une vitesse invariable par rapport à la machine motrice, dont le mouvement est transmis aux poulies par des roues *d'angle* adaptées sur l'axe des roues à aubes, de sorte que celles-ci tournent en même temps que les poulies, et occasionnent une résistance en pure perte, quand elles marchent plus vite que le courant ; ce qui a toujours lieu. La manœuvre des câbles dont MM. Séguin ont d'abord voulu faire usage consistait à faire porter par un hâteau à vapeur à *rames*, dit **VOLTIGEUR**, et à amarrer à un point fixe, disposé à cet effet, l'extrémité d'une grande longueur de câble sur laquelle on devait remonter ; ensuite à faire redescendre ce **VOLTIGEUR** vers le toueur, afin qu'il reçût une partie de ce câble au fur et à mesure que les poulies le rejetaient ; pour après, transporter ce nouveau câble en avant du toueur et l'aller amarrer à un point d'appui, et enfin redescendre vers le toueur pour y prendre une autre longueur de câble, et faire une manœuvre semblable à celle que nous venons de décrire.

D'après les allées et venues que ce **VOLTIGEUR** devait faire et le temps nécessaire pour amarrer les câbles aux points d'appui, il eût fallu qu'il pût remonter infiniment plus vite que le toueur, ce qui est évidemment impossible, en supposant même que le toueur ne dût marcher qu'avec une vitesse moyenne de 1000 mètres à l'heure.

Cette étrange manière de transporter les câbles, surtout sur le Rhône, ayant présenté des difficultés insurmontables, on a été obligé de l'abandonner dès les premiers momens, et l'on a été contraint, pour terminer les expériences, de faire remonter les cordes lovées dans de petits bateaux, à l'aide de 4 chevaux de halage.

Les difficultés qui ont empêché MM. Séguin de faire usage de leur **VOLTIGEUR** pour le transport des câbles, n'ont rien d'extraordinaire pour ceux qui connaissent la navigation, et l'on a peine à comprendre comment, avec des connaissances mathématiques et quelque peu d'expériences, on a pu croire qu'on remonterait le Rhône avec assez de vitesse au moyen

d'un bateau à vapeur à *rames*, pour faire une manœuvre qui serait même inexécutable sur un fleuve beaucoup moins rapide.

D'après des renseignemens récents et positifs, le premier **VOLTIGEUR**, nommé *la Ville d'Annonay*, que ces messieurs ont fait construire pour le transport de leurs câbles « a été jugé ne pouvoir remplir sa destination, en ce qu'il ne remontait pas assez vite, et dépensait trop de charbon.

« Dans l'espoir qu'un changement dans la forme et la disposition des chaudières, dans la coupe et la dimension du bateau, détruirait les inconvénients ; que même l'on obtiendrait une vitesse telle que l'on pourrait l'appliquer *avec grand avantage à un service de bateaux de poste*, l'on a construit le bateau *le Voltigeur* », dont nous avons parlé.

« Ce nouveau bateau n'a servi qu'à une nouvelle déception ; il n'a gagné ni assez de vitesse ni assez d'économie ; et après avoir rempli pendant un mois le service de paquebot entre Lyon et Châlons, quoique cette entreprise ait paru prospérer, qu'elle ait soutenu la concurrence pour la vitesse, et que ses recettes fussent de 4 à 500 fr., par voyage de trois jours, le résultat était de la perte, par le motif que, pour obtenir la vitesse *indispensable*, il fallait consommer plus de 150 hectolitres de charbon, première qualité, à 3 fr. l'hectolitre : il a donc fallu discontinuer ce service, et à plus forte raison ne point songer à un agent aussi coûteux, pour le transport des câbles de la remorque. » (1)

Le bateau *le Remorqueur* n'a encore fait, jusqu'à présent, que quelques voyages de Givors à Lyon en remontant 2 à 3 bateaux à-la-fois. D'après la force de sa machine, qui est de 30 chevaux, on espérait en monter 4 à 5 ; mais on n'a pu y parvenir, attendu que le câble glissait dans les poulies. Dans un voyage qu'il a fait du 14 au 15 décembre 1827, par des eaux ordinaires, il a remonté, en 17 heures de marche effective, trois bateaux chargés de 2,100 quintaux métriques, avec une vitesse moyenne de 1200 mètres à l'heure. Si l'on compare ces effets à ceux du halage or-

(1) *Rapport de M. Richard-Lioud, commissaire de l'entreprise. Séguin, etc. Paris, le 13 janvier 1828, in-4° de 2 feuillets.*

dinaire, on les trouve bien inférieurs à ceux-ci, puisque pour la distance de Givors à Lyon, chaque cheval de halage remonte environ 120 quintaux métriques avec une vitesse moyenne d'au moins 1200 mètres à l'heure. Ces effets sont aussi beaucoup au-dessous de ceux obtenus en mars et juin 1822 avec un toueur mu par des chevaux, puisque avec *six* chevaux on a remonté de Givors à la Mulatière, une charge *nette* de 1280 quintaux métriques, répartie dans *trois bateaux*, avec une vitesse moyenne de 1000 mètres à l'heure. Du peu d'effet qu'a produit *le Remorqueur*, on pourrait conclure que sa machine motrice n'est point de 30 chevaux, ou qu'on n'a point mis convenablement en rapport la vitesse de ce toueur avec la puissance et la résistance.

Le résultat des expériences faites avec *le Remorqueur* a suggéré, dit-on, à MM. Séguin l'idée (1) d'employer des poulies à *trois gorges*; de remplacer les cordes par des *chaînes*, et de faire usage de *chaînes de longueur égale à la distance d'Arles à Lyon*, c'est-à-dire de faire usage des moyens et procédés pour lesquels MM. Courteaut et Tourasse sont brevetés d'invention depuis plusieurs années, et sans lesquels nous avons reconnu, depuis long-temps, que le touage ne peut entrer en rivalité avec le halage.

Après avoir démontré les fausses dispositions des toueurs qu'on a tenté d'appliquer jusqu'à présent sur la Seine, le Rhône et la Saône, il nous reste à faire connaître exactement les dispositions qu'il convient d'adopter pour obtenir des toueurs aussi parfaits que possible. Au moyen de la théorie que nous avons donnée, ceci devient très facile, dès qu'on est fixé sur les principaux effets à remplir. Pour la Seine, par exemple, si l'on demande un toueur en état de remonter de Rouen à Paris une charge de 900 tonneaux, avec une vitesse moyenne de 0^m90 par seconde, la vitesse moyenne de ce fleuve, dans cette partie étant évaluée à 0^m70 par seconde, la différence des courans entre ces deux villes étant extrême et la charge à remonter considérable, on trouve qu'un toueur propre à naviguer sur cette partie de la Seine, devra être mu par une puissance de 24 chevaux, et pouvoir marcher à volonté quatre vitesses différentes, dont la

(1) *Rapport de M. Richard-Lioud, etc.*, pages 10, 11 et 12.

plus petite et la plus grande vitesse devront différer entre elles comme de 1 à 7, et qu'en outre il devra avoir des roues à aubes pour activer sa descente. Pour le Rhône, au contraire, dont le courant est assez constamment rapide, un toueur pourra ne marcher que deux ou trois vitesses différentes, et même se passer de roues à aubes. Nonobstant la nécessité de faire varier ainsi les vitesses à volonté, en raison des efforts considérables que les toueurs pourront produire lorsqu'ils seront disposés d'après notre système, ils devront de plus être très solidement établis dans toutes leurs parties : aussi, quoique ceux avec lesquels nous avons opéré à Lyon, eussent leurs treuils verticaux, nous avons en définitive préféré la pose horizontale, en ce que cette disposition permet de les mieux consolider; par cette raison encore, admettons-nous qu'aucun des mouvements des treuils ne doit être commandé par des roues d'angle. C'est d'après ces bases que nous avons composé le toueur dont nous allons donner la description.

Description d'un toueur à vapeur propre à naviguer sur la Basse-Seine et de quelques-unes des manœuvres principales.

Le toueur que nous allons décrire n'est peut-être pas aussi parfait qu'on pourra les faire par la suite; ce qui est certain et essentiel pour l'instant, c'est que les dispositions que nous avons adoptées permettent de consolider convenablement tout le mécanisme, de faire mouvoir à volonté les treuils avec différentes vitesses, et de gouverner parfaitement le toueur dans toutes les directions.

La pl. 6, fig. 1 et 2 représentent un toueur à vapeur, de la puissance de 24 chevaux, que nous supposons devoir servir sur la Seine de Rouen à Paris.

Le bateau de ce toueur comme la plupart des bateaux à vapeur ordinaires devra être à fond plat, et surtout d'une grande solidité; il aura des roues à aubes pour faciliter sa descente. Quand un bateau de ce genre devra passer par des écluses ou des passages très étroits, on le disposera de manière à ce que ses roues à aubes soient rentrées sur ses côtés, de toute leur épaisseur, ainsi qu'on l'a figuré pl. 5, fig. 1^{re}.

Le mécanisme pour effectuer le touage se compose principalement de deux cylindres à gorges ou treuils, R et R' en fonte de fer, sur lesquels s'enroule un câble arrêté à un point fixe. Ces treuils ont des gorges pour retenir le câble et éviter le grave inconvénient du choquage.

Le jeu de poulie b b' sert à diriger le câble hors du bateau, à mesure que les treuils le développent et que le toueur se porte en avant.

La chaîne, dite câble de fer, sur laquelle on remontera, devra être un peu plus longue que la distance à parcourir, quelle que soit cette distance; elle devra être composée de bouts d'égale longueur, qui différeront de grosseur en raison des obstacles à surmonter (1). Elle sera fixée d'abord par une de ses extrémités un peu au-delà du point où devra commencer le service. A des distances diverses, pour faciliter les manœuvres, soit aux passages des ponts ou des très forts courans, et principalement pour que l'effort se fasse en entier sur les forts bouts de chaînes dans les moments difficiles, elle sera arrêtée à de faux points d'appui, placés sur une des rives, c'est-à-dire à des points d'arrêt en fer, où une des mailles de la chaîne pourrait être arrêtée à volonté. Pour dégager la chaîne des faux points d'appui, on se servira d'un levier fourchu en fer, qui prendra la maille servant d'arrêt, par-dessous, et la fera sauter de l'entaille où elle sera retenue, en appuyant vivement et avec force le levier sur un point solide et disposé à cet effet. En adoptant une forte poulie en fer à chaque faux point d'appui, on pourra y ramener la chaîne, au moyen d'un bout de chaîne fixé par une de ses extrémités au toueur, et de l'autre à la chaîne qui devra être retenue aux faux points d'appui.

Dans le cas où le poids de la chaîne sur laquelle on remontera, ne serait pas suffisant pour faire tourner la poulie h', qui doit la diriger dehors du bateau, cette poulie pourra être commandée par une petite chaîne (comme on l'a supposé en h'), qui lui imprimera le mouvement nécessaire. La gorge de cette poulie, ainsi que celle de la poulie h, pourront de plus

(1) Cette chaîne devra être composée de bouts d'environ 100 mètres; afin de pouvoir l'allonger et la raccourcir à volonté: par ce moyen on parera facilement à l'inconvénient de remonter, à chaque fois, une longueur de chaîne égale à celle qui enveloppe les treuils.

être disposées de manière à former engrenage avec la chaîne sur laquelle on marchera.

Les poulies *ee*, servant de point d'appui pour gouverner le toueur, sont rentrées dans le bateau pour en faciliter la direction ; ces poulies devront être fortement assujéties pour résister aux efforts qu'elles éprouveront, lorsqu'on dirigera le toueur en travers de forts courans. Les poulies *ff* sont destinées à empêcher la chaîne de frotter sur le bord du bateau.

Les roues à aubes *C* serviront à activer la descente du toueur, quand il naviguera sur une rivière dont le courant sera peu rapide : elles serviraient de même à se rendre vers les navires à touer, si on employait ce système de bateau pour faciliter l'entrée d'un port : elles devront dans tous cas s'engrener et se dégrener à volonté.

Le développement des treuils ou la vitesse de leur circonférence qui est de 678 mètres par heure, pour la très petite vitesse ; de 2117 pour la petite ; de 3904 pour la moyenne ; et de 5093 pour la grande ; en supposant que la machine à vapeur donne 30 doubles pulsations par minute, pourrait être facilement augmentée ou diminuée, au besoin, sans changer les principales dispositions du mécanisme. Il suffirait pour cela de changer le rapport des roues *I* et *J* entre elles. Pour obtenir les vitesses ci-dessus, on trouve que les rapports des engrenages *MNOP* et ceux *M'N'OP* qui servent à mouvoir les treuils, doivent être entre eux

comme 22:8 pour la très petite vitesse ;

14:16 pour la petite ;

10:20 pour la moyenne ;

et 8:22 pour la grande.

Quand il faudra naviguer contre des courans parfaitement connus et de vitesses presque semblables, il deviendra possible de se passer d'une ou deux vitesses des treuils, et de supprimer les engrenages qui les procurent ; mais toutefois qu'on ne voudra pas ou qu'on ne pourra pas *diviser la charge à remonter* ; qu'on tiendra à marcher avec *une vitesse moyenne la plus grande possible*, et qu'on devra naviguer contre des courans qui présenteront des différences très grandes, il sera nécessaire de dis-

poser à volonté d'au moins quatre vitesses différentes, autrement on ne pourrait atteindre ce but. (1)

Les avantages inhérents au système de touage par la vapeur sont de plus en plus grands, selon le nombre de chevaux qu'il s'agit de remplacer et l'importance des remontes à effectuer. Sur le Rhône où les marchandises abondent et où l'on emploie communément 36 à 48 chevaux à-la-fois, ils sont d'une évidence incontestable; ils seront également grands sur un fleuve moins rapide, quand il faudra remonter à-la-fois de *fortes charges avec une vitesse plus grande que le halage*, comme cela est devenu nécessaire, depuis quelques années, sur la Seine et le Rhin, pour la remonte des marchandises du Havre à Paris, et de la Hollande à Mayence.

On devra se servir pour le touage, de chaînes, plates à entretoise, dites câbles en fer, employées avec succès depuis peu d'années pour la navigation maritime.

Pour un toueur à vapeur mu par une puissance de 24 chevaux, la principale longueur de chaîne pourra être faite avec du fer de 16 millimètres de diamètre (2) au plus, si la vitesse moyenne du toueur est d'un mètre environ par seconde. Pour les passages où les courans seront d'une grande rapidité, on fera usage de chaînes plus fortes, mais proportionnées à la plus grande résistance qu'on supposera devoir éprouver.

La force des chaînes plates à entretoises, « d'après des expériences réitérées, ont prouvé qu'elles sont deux fois de la force du fer dont elles sont faites, ce qui démontre qu'il n'est pas possible de trouver une forme plus avantageuse » (3). Le poids d'un mètre de chaîne en fer de 16 millimètres de diamètre est d'au plus 6 kilogrammes. Il coûte à Paris, en fer

(1) On pourra éviter, lorsqu'on voudra simplifier le mécanisme, de commander les deux treuils par des engrenages, comme on l'a fait pour cette machine. Dans plusieurs de nos expériences sur le Rhône, nous n'avons commandé qu'un seul treuil, et nous nous en sommes bien trouvés.

(2) Si l'on évalue la résistance du fer doux de cette dimension à 40 kilo. par millimètre carré, ainsi que l'admettent MM. Prony, Molard, etc., dans leur rapport à l'académie des Sciences, sur les ponts en fil de fer, on trouve qu'une chaîne en fer de 16 millimètres pourra supporter, sans se rompre, un effort de 8,000 kilo. ou résister à plus de 100 chevaux-vapeur.

(3) *Dictionnaire technologique*, au mot câbles en fer.

de *Fourchambault*, 1 fr. 50 c. le kilo : leur durée pour le tonnage sera très grande, si, comme nous l'avons fait observer, on a l'attention d'éviter tout frottement.

Pour naviguer sur des canaux, le touage présenterait moins d'inconvénients, à vitesse égale, que les bateaux à vapeur à rames, vu que pour ceux-ci, outre la dépression de l'eau, qu'occurrence le bateau, il faut de plus ajouter le mouvement imprimé au liquide par l'effet des aubes. Cependant, en raison de la dépense qu'occasionerait la chaîne, et surtout du peu de chevaux qu'il s'agirait de remplacer, il n'est guère de canaux, sans doute, où il conviendrait de l'appliquer.

L'emploi de chaînes en fer, et de longueur égale aux distances à parcourir, ainsi que nous l'avons prescrit, est loin d'être une chose indifférente : aussi, ne craignons-nous pas d'avancer que le touage par la vapeur ne peut, sans ce moyen, rivaliser dans aucun cas avec le halage par chevaux; attendu d'une part que des cordes qui reviendraient à la moitié du prix des chaînes s'useraient peut-être vingt fois plus vite que celles-ci, et d'autre part nécessiteraient des frais énormes si l'on tenait à n'en faire usage qu'par petites longueurs qu'on transporterait en avant du toueur, n'importe par quel moyen; il est à observer aussi que dans ce dernier cas, les cordes s'useraient avec une rapidité encore plus effrayante, puisqu'elles travailleraient beaucoup plus souvent que si on agissait sur une très grande longueur. L'usage de petites longueurs de chaînes transportées en avant des toueurs, quoique présentant de l'avantage sur les cordes, ne serait point non plus un procédé assez avantageux pour qu'il convînt de l'employer.

On peut varier de bien des manières le mécanisme d'un toueur; mais, en résumé, on sera conduit par la théorie et l'expérience à ne point s'écartier des conditions suivantes, que l'on doit regarder comme indispensables.

1^o Disposer les cylindres, treuils ou poulies sur lesquels s'envelopperont les câbles, de manière à obvier complètement au *choquage*; 2^o parfaitement consolider ces cylindres et empêcher leur rapprochement en interposant entre eux un rouleau en fer; 3^o éviter que le câble éprouve aucun frottement; 4^o disposer les treuils de manière à pouvoir coordonner à volonté leur vitesse avec celle des courans qu'on devra surmonter; 5^o ne point

faire usage de roues d'angles ou roues coniques pour transmettre le mouvement du moteur aux treuils; 6° et enfin, ne point faire usage de cordes, mais bien de *chaines à entre toises* dites câbles en fer, par petites longueurs, et disposées de manière qu'on puisse les allonger et raccourcir facilement, suivant le besoin.



CHAPITRE VII.

Précis topographique et statistique des principaux fleuves d'Europe où l'on peut appliquer, avec avantage, le TOUAGE par la vapeur.

Rhône.

Le *Rhône*, l'un des plus grands fleuves de la France, le plus rapide et le plus impétueux de l'Europe, prend sa source au Mont de la Fourche, élevé de 1900 mètres au-dessus du niveau de la mer, près celui Saint-Gothard en Suisse; traverse le lac de Genève (1), entre en France un peu au-dessous de cette ville, et passe à Arlod, au Parc, à Seyssel, Cordon, le Sault, Lagnieu, Miribel, Lyon, Givors, Vienne, Condrieux, Saint-Vallier, Tain et Tournon, Valence, la Voute, le Teil, Pont-Saint-Esprit, Rogeumaure, Villeneuve, Avignon, Beaucaire, Arles, et se jette dans la Méditerranée, par deux embouchures principales, l'une à la Tour-Saint-Louis, l'autre près les îles Saintes-Maries.

Les bouches de ce fleuve sont très multipliées, et les îles qui les séparent produisent des barres qui rendent le passage difficile. Un peu au-dessus d'Arles à Fourgen, le Rhône se divise en deux bras, dont le principal se jette dans la Méditerranée à la Tour-Saint-Louis, le second, appelé le *Petit-Rhône*, se dirige sur la droite, débouche dans la mer, près les îles Saintes-Maries, après avoir parcouru un espace de 68,000 mètres et formé l'île de la Camargue.

(1) D'après des expériences récentes faites par M. Roger, le lac de Genève est élevé de 374 mètres au-dessus de la mer.

La Camargue est un assemblage de petites îles très fertiles, séparées les unes des autres par des canaux, et remplies de bestiaux qui y paissent nuit et jour en liberté. Elles nourrissent annuellement 40,000 agneaux, 3,000 chevaux et autant de bœufs : le sel marin y abonde.

On a construit de chaque côté du Rhône des chaussées destinées à contenir ce fleuve, et à l'empêcher de porter le ravage dans les plaines qui l'environnent; ces chaussées, très éloignées l'une de l'autre, forment un lit considérable, dans lequel le Rhône promène ses eaux suivant ses caprices, donne naissance à des îles, étend celles qui existent ou les détruit.

Ce fleuve n'offre pas un bassin constant à la navigation: il s'y forme journellement des bancs de gravier, sur lesquels il n'y a quelquefois que 0,80 mètre d'eau; à moins de froids rigoureux et prolongés, il est rare de rencontrer moins que cette hauteur, lors des basses eaux, depuis Lyon jusqu'à la mer. Le fond du Rhône est généralement composé de cailloux dont un grand nombre pèsent plusieurs kilogrammes, ce qui n'empêche pas au courant de les déplacer comme le sable le plus fin.

Le Rhône, comme tous les autres fleuves et rivières, croît lors des grandes pluies et par la fonte des neiges, mais particulièrement en juin, juillet et août, par la fonte des glaces continues qui sont à sa source. Ses crues, quoique fortes par moment, arrêtent rarement la navigation descendante; mais parfois la navigation ascendante. Les crues ordinaires de la rivière d'Ain sont peu senties dans le Rhône; celles de la Saône, quoique fournissant beaucoup d'eau par instant, font rarement déborder le Rhône; l'Isère et particulièrement l'Ardèche produisent une si grande quantité d'eau dans les forts orages, que parfois ils font éléver le Rhône, en peu d'heures, de 3 et même de 4 mètres. Dans ces moments si les bateaux qui se trouvent au-dessous et près de l'embouchure de ces rivières, ne sont pas promptement garés et bien retenus, on risque de les trouver à sec, hors du chenal, après ces crues extraordinaires qui ne durent souvent que 10 ou 12 heures. Les crues ordinaires du Rhône s'élèvent jusqu'à 4, 2 mètres au-dessus des plus basses eaux. Les plus hautes inondations que l'on cite ont été jusqu'à 6^m, 5 (1). Celles occasionnées

(1) *Des canaux navigables*, par Huerne de Ponmeuse, page 334.

par les pluies diminuent presque aussitôt que celles-ci ont cessé, de sorte qu'au bout de trois ou quatre jours, le Rhône se trouve être à la même hauteur qu'avant les pluies.

La pente du Rhône, du lac de Genève à la mer, est de 373 mètres; à Lyon elle est de 0^m, 80 par 1,000 mètres: en raison de sa pente, ce fleuve roule ses eaux avec une grande rapidité jusqu'à Beaucaire; sa vitesse moyenne, selon la force des eaux, varie entre 1^m, 5 et 2^m, 5 par seconde; par place elle est souvent de 3 à 4 mètres; cette vitesse diminue à mesure qu'on approche de Beaucaire et plus encore de cette ville jusqu'à Arles et devient enfin très peu sensible, sur une grande distance, avant d'arriver à la mer.

Le flottage commence à Arlod un peu au-dessus de la perte, et la navigation au Parc, un peu au-dessus de Seyssel, département de l'Ain.

La longueur de la partie flottable est de 10,000 mètres.

Le flottage se fait avec difficulté à cause des rochers au milieu desquels roule le Rhône; il a pour objet le transport des bois de marine et autres.

La navigation commence au Parc; au-dessus du Parc, le Rhône est tellement inaccessible, que non-seulement on n'y a jamais navigué, mais encore le fleuve ne peut être en quelques points aperçu: les profondeurs où il est ensoncé, et d'énormes rochers suspendus sur son cours, le dérobent à la vue. Enfin, il se perd sous le roc, près de Bellegarde; en cet endroit seulement, sa perte est totale (1); on pourrait donner également le nom de perte à la plus grande partie du trajet qui s'étend depuis le fort l'Écluse jusqu'à Genissiat. Si ce trajet impraticable et presque invisible sur 15,000 mètres environ pouvait être approprié à la navigation, elle ne serait pas interrompue de la mer au lac de Genève. Le fleuve n'y oppose ailleurs aucune difficulté.

La longueur de la partie navigable du Rhône est de 508,000 mètres.

On descend le Rhône la proie devant, en se laissant aller au courant; c'est-à-dire que, pour le passage des ponts et dans tous autres cas, on ne file pas les bateaux, comme cela se pratique sur plusieurs rivières; on

(1) Une compagnie s'est occupée de détruire cet obstacle: peut-être actuellement ce trajet est-il navigable.

s'y gouverne souvent ou moyen d'une *empinte* ou espèce de forte rame en sapin de 60 à 80 pieds de long, selon les dimensions du bateau, placée à la poupe du bateau, et au moyen d'une rame plus petite, nommée *picon*, placé à la proue: afin de pouvoir éviter plus sûrement les écueils, on active la descente par instant, avec deux autres grandes rames placées sur les côtés du bateau, mues chacune par 2 ou 3 hommes, quelquefois par 4, quand le Rhône est fort.

La promptitude avec laquelle on descend ce fleuve procure de grands avantages, sur le roulage, pour le transport des marchandises venant du nord, et destinées pour Valence, Beaucaire, Avignon, Marseille et autres principales villes de cette partie de la France. Selon la hauteur des eaux, on se rend de Lyon à Beaucaire en 25 heures de marche, ce qui en fait souvent un voyage d'agrément. Cette descente n'est pas toujours sans danger, à cause de l'impétuosité des courans, des bas-fonds et des rochers, qui, lors des basses eaux, limitent le chenal, de manière que par places, il n'a que deux fois environ la largeur d'un bateau. Les vents du midi et du nord gênent souvent la descente: le premier augmente de force à mesure qu'on approche de Lyon; le second au contraire, augmente de vitesse, progressivement, comme on descend le Rhône.

La quantité de marchandises qui descend annuellement le Rhône est considérable. Du Parc à Lyon, ces marchandises consistent en bateaux qui se construisent à Seyssel et à Culles, en bois de construction, pierres de tailles blanches; il descend aussi de l'asphalte, du charbon de bois, des fagots, des fruits et particulièrement des pommes du Bugey et des pierres de taille de Villebois, embarquées au Sault du Rhône, dont il se fait une grande consommation à Lyon et dans plusieurs autres villes voisines du Rhône.

De Lyon à Givors, il descend particulièrement du fer et de la farine pour Saint-Chamont et Saint-Étienne, de la fonte de fer pour les usines de Saint-Jullien et de Saint-Étienne, du son et de l'avoine pour les exploitations de charbon de Rèves-de-Gier, et une grande quantité de sable, provenant des îles formées par le Rhône, pour les verreries de cette dernière ville; le tout forme environ 800 bateaux chargés, l'un dans l'autre, de 600 quintaux métriques.

De Lyon à Avignon, Beaucaire et Arles, il descend une grande quantité de blé, farine, céréale, fer, merrain, etc., venant de Gray et lieux voisins de la Saône, destinés pour la Provence et le Languedoc; à moins de besoins urgents, la plus forte quantité de ces marchandises est descendue lors des crues ou *eaux rondes*. Les marchandises destinées pour la foire de Beaucaire, tant françaises qu'étrangères, sont en général embarquées à Lyon, et ne sont descendues, en grande partie, qu'un mois ou deux avant l'ouverture de cette foire. Ces marchandises forment ensemble environ 1227 bateaux chargés l'un dans l'autre de 550 quintaux métriques.

De Givors pour divers ports, il descend du charbon de terre, des bouteilles, du verre à vitre, de la clouterie et quincaillerie, provenant de Rive-de-Gier, Saint-Chamont et Saint-Étienne, formant ensemble environ 1200 bateaux, chargés l'un dans l'autre de 650 quintaux métriques.

Il descend en outre un assez grand nombre de radeaux de bois de chêne, de sapin et des planches, venant du Haut-Rhône et de la Haute-Saône.

Enfin, les transports de Arles sur Marseille ou à la mer sont d'environ 514,000 quintaux métriques.

Le prix de la descente varie peu; il est communément, par quintal métrique, de 1 fr. 25 c. à 1 fr. 80 c., de Lyon à Avignon, Beaucaire et Arles: cette différence résulte de la nature des marchandises ainsi que de l'époque où elles descendent.

D'Arles à la mer ou pour Marseille, il est de 80 c.

Les frais ordinaires de la descente par barque, pennelle, cizelande, etc., chargée de 600 à 700 quintaux métriques, de Lyon à Avignon, Beaucaire ou Arles, sont d'environ 700 fr., savoir:

Salaire d'un patron et de 5 mariniers.	300 fr.
Droits de navigation jusqu'à Arles.	29 "
Loyer, avaries et perte sur le bateau et les agrès.	111 "
Remonte du bateau.	200 "
	700 fr.

Les frais de descente pour les bateaux partant de Givors, sont de 100 fr. de moins par bateau.

Les droits de navigation sur le Rhône, sont les mêmes pour la des-

cente que pour la remonte; une barque, pennelle, cizelande, etc., chargée, paie de Lyon à Arles 89 fr. Ces droits sont de *moitié en sus* pour les bateaux chargés en tout ou en partie de sel, eau-de-vie, vin, sucre ou épiceries, et de fers fondus ou forgés.

Les droits sur tout bateau y naviguant à vide, sont de *deux tiers moins que chargés*.

Ne sont assujettis à aucun droit les bateaux pêcheurs, ceux employés pour traverser le fleuve d'un bord à l'autre, les barquets, pillavoines et coursiers, servant à la manœuvre des équipages, non plus que les bateaux (dits bateaux de chevaux) servant au pontonage des chevaux ou des bœufs de montée ou de descente.

On remonte le Rhône à la voile depuis la mer jusqu'à Arles, et quelquefois jusqu'à Beaucaire. Les plus forts bâtimens qui arrivent à Arles sont du port de 180 tonneaux. Au-dessus de Beaucaire, il n'est plus possible de vaincre la rapidité du courant que par le secours du halage. La facilité que les barques de mer trouvent à remonter jusqu'à Beaucaire, a sans doute fait choisir cette ville pour être l'entrepôt général du commerce de France avec l'Espagne, les côtes d'Afrique et d'Asie, ainsi qu'avec tout le Levant et l'Italie: néanmoins, l'incertitude de cette navigation et les difficultés qu'offre la remonte du Rhône, depuis Arles jusqu'à Lyon, font que la plupart des expéditions de Marseille pour l'est et l'ouest de la France ont lieu par la voie du roulage et par mer, malgré les dangers et la longueur de la traversée par le détroit de Gibraltar. En effet, sur environ 550,000 quintaux métriques de marchandises qui sortent annuellement de Marseille à la destination de Beaucaire, d'Avignon ou de Lyon, il n'en remonte par le Rhône que 200,000 quintaux à-peu-près, tandis que le surplus vient par terre. (1)

Les bâtimens de mer qui vont de Marseille à Arles font ce trajet en trois ou cinq jours, et remontent en quelques heures d'Arles à Beaucaire; mais ils sont sujets à de grands retards si le vent est contraire. (2)

(1) *Dictionnaire hydrographique de la France*, par Théodore Ravinet, [Paris 1824].

(2) Des remorqueurs à vapeur de 80 chevaux pareraient facilement à ces difficultés et seraient très propres à faire ce service: par ce moyen on pourrait rendre les marchandises de Marseille à Arles

Il règne assez régulièrement en été, pendant une partie du jour, un fort vent du midi, occasioné par la différence de température de la mer à la terre; c'est peut-être cette circonstance qui a fait fixer l'époque de la foire de Beaucaire, au mois de juillet. Dans les autres saisons, ce vent souffle avec moins de force et de régularité, de sorte que les bâtimens de mer, destinés pour Beaucaire, sont forcés de s'arrêter à Arles ou de se faire remonter par des chevaux.

La remonte de Beaucaire à Lyon, sur une longueur de 265,000 mètres environ, présente des difficultés de toute nature, mais inhérentes à ce genre de navigation; celles qui lui sont particulières sont occasionées par la grande rapidité de son courant, augmentées extraordinairement par places, par des rochers et par le rétrécissement de son lit, par l'action quelquefois très violente des vents du nord et du sud et par les débordemens subits.

La navigation ascendante, à partir de Beaucaire, se fait au moyen de chevaux et de bœufs. Il y a annuellement (en temps de paix) 1,300 à 1,400 chevaux employés à la remonte sur le Rhône, formant environ 46 équipages, dont 26 de 9 à 11 couples (un couple est composé de 4 chevaux), et 20 petits de 3 à 7 couples (1). Les grands équipages remontent à-la-fois 5 à 6 bateaux chargés l'un dans l'autre, pour l'ordinaire, de 250 à 400 tonneaux métriques; les petits équipages selon leur force, remontent 2, 3 ou 4 bateaux chargés. La charge affectée à chaque cheval est de 8 tonneaux métriques; la vitesse de la marche d'un équipage varie selon les localités entre 1,000 à 1,500 mètres à l'heure; malgré cela, il est à observer qu'un équipage ne fait, terme moyen, que 10,000 mètres par jour, à cause, principalement, de la nécessité où il est de changer souvent de rive et du temps qu'il faut perdre pour chercher les gués et faire d'autres manœuvres. Une circonstance remarquable, c'est qu'un grand équipage remonte une plus forte charge en proportion qu'un petit équipage. Un gros équipage met

en un jour ou deux au plus, à des prix aussi modérés que par les bâtimens à voiles, employés ordinairement à ce transport. Ces remorqueurs rendraient en outre de très grands services au moment de la foire de Beaucaire, en remorquant les bâtimens à voiles de la mer à cette ville.

(1) Voir la note B.

souvent de 30 à 35 jours de *marche* pour remonter de Arles ou Beaucaire à Lyon, et ne fait que 8 à 9 voyages par an; il y a quelquefois sur le Rhône des équipages de 60 chevaux, mais cela est très rare; la force ordinaire de ceux employés à la remonte de Beaucaire à Lyon est de 40 chevaux.

Les bœufs servent exclusivement à la remonte de Beaucaire à Grenoble; leur intelligence et principalement leur lenteur les rend préférables aux chevaux pour la remonte sur l'Isère, qui est encore plus difficile que sur le Rhône; l'adresse avec laquelle ils gravissent les rochers qui forment ou obstruent le chemin de halage de cette rivière est extraordinaire; il n'est pas rare de les voir haler à 50 ou 60 pieds de hauteur, dans des situations où l'on a peine à comprendre qu'ils puissent gravir. Ces bœufs, ainsi que les chevaux, sont attelés deux à deux.

Le nombre d'hommes employés par équipage est en raison du nombre de bateaux qu'ils remontent. Il y a ordinairement par équipage deux mariniers pour chaque bateau chargé, un charretier pour quatre chevaux, deux ou trois aides (pour relever les cordes et empêcher qu'elles ne s'arrêtent aux rives, soit à des troncs ou autres obstacles), un maréchal et son aide, un chef patron et quelquefois un conducteur chef d'équipage.

Les bateaux dont on se sert le plus communément sur le Rhône sont des *barques*, des *cizelandes* et des *pennelles*, construites en bois de sapin; les premières ont pour l'ordinaire 26 mètres de longueur, sur 5^m 25 de largeur; en montant on les charge de 60 à 65 tonneaux, et en descendant de 70 à 80, selon la hauteur des eaux; les cizelandes ont 23 à 24 mètres de longueur sur 4^m 5 de largeur, en montant on les charge de 50 à 55 tonneaux, et en descendant de 70 et même de 80 tonneaux lorsqu'elles portent du charbon. Les pennelles varient beaucoup de grandeur: elles ont de 20 à 26 mètres de longueur, sur 5 à 6 mètres de largeur; on les charge en proportion de leurs dimensions.

Il y a eu sur le Rhône, pendant la guerre avec l'Angleterre du temps de l'empire, un service de transport de marchandises dit accéléré; il se faisait avec des chevaux qui remontaient d'Avignon et Beaucaire en 15 à 20 jours; comme on n'obtenait cette célérité qu'en transportant *beaucoup moins* de charge, à proportion, que par les moyens ordinaires, il fallait nécessairement prendre des prix de transport très élevés; l'état des choses

ayant changé, on a été forcé d'abandonner ce service il y a quelques années. Les bateaux nommés coches, employés à ce service, étaient à-peu-près de la forme des petites *barques* qui naviguent sur le Rhône, excepté qu'ils étaient couverts en entier: en descendant, ils portaient souvent des marchandises et des passagers.

La quantité de marchandises transportées annuellement par la navigation ascendante du Rhône, est de plus de 200,000 tonneaux métriques qui coûtent au commerce au-delà de 4 millions de francs, savoir:

23,500 tonneaux, de la mer ou de Marseille à Arles et Beaucaire, au moyen de bâtimens à voiles, à 9 fr. le tonneau	211,500 fr.
5,250 tonneaux, d'Arles, Beaucaire et Avignon à divers ports au-dessous de Lyon, au moyen du halage, savoir : 2,500 tonneaux sel, répartis dans 50 bateaux, à 30 fr.	75,000
2,750 tonn. marchandises diverses, réparties dans 50 bateaux, à 25 fr.	68,750
67,500 tonneaux, d'Arles, Beaucaire et Avignon à Lyon, savoir : 12,500 tonneaux sel, répartis dans 250 bateaux, à 50 fr.	625,000
38,500 tonneaux vins et autres liquides, répartis dans 700 bateaux, à 40 fr.	1,440,000
16,500 tonneaux marchandises, réparties dans 300 bateaux, à 40 fr.	660,000
8,250 tonneaux, de divers ports à divers ports au-dessous de Lyon, savoir : pour mineraux de fer et marchandises diverses réparties dans 140 bateaux, à 25 fr.	206,250
16,500 tonneaux, de divers ports au-dessous de Lyon à Lyon, savoir : pour vins, autres liquides et marchandises diverses, répartis dans 300 bateaux, à 25 fr.	412,500
70,000 tonneaux, de Givors à Lyon, savoir : charbon de terre, verres à vitres et bouteilles, répartis dans 1,100 bateaux, à 2 fr. 50 c.	175,000
5,350 tonneaux, d'Arles, Beaucaire et Avignon à divers ports au-dessus de Lyon, savoir : sels, vins et marchandises diverses, répartis dans 100 bateaux, à 65 fr.	340,000
9,375 tonneaux, de Givors à divers ports au-dessus de Lyon, pour charbon de terre réparti dans 150 bateaux, à 4 fr.	37,000
205,725 tonneaux.	4,251,500 fr.
A quoi il faut ajouter le produit de la remonte de 500 bateaux vides d'Arles, Beaucaire et Avignon à Givors et Lyon, à raison chacun de 200 fr.	100,000
TOTAL	4,351,500 fr.

Quand la quantité de marchandises à remonter est plus grande que de coutume, les maîtres d'équipages paient pour avoir des bateaux vides à remonter au lieu d'en être payés; cette circonstance ne leur est pas défavorable en ce qu'ils augmentent alors les prix de remonte. Ces prix sont assez variables; cela dépend des quantités de marchandises à remonter; ceux portés ci-dessus doivent être regardés comme leur minimum.

Les frais annuels, évalués au plus bas, d'un équipage de 32 chevaux employé à la remonte sur le Rhône, d'Arles, Beaucaire et Avignon à Lyon, sont de 91,263 fr.

Les frais pour de plus forts ou de plus petits équipages, sont en proportion les mêmes que pour le précédent, excepté pour les équipages employés exclusivement à la remonte de Givors à Lyon, qui sont moindres en ce qu'ils vont rarement à l'auberge.

Les équipages qui font le service de la Provence à Lyon remontent jusqu'au Parc ou Seyssel, quand leur chargement est pour cette destination, et quelquefois jusqu'à Châlons, mais rarement pour cette dernière ville.

La navigation ascendante sur le Rhône, au-dessus de Lyon, est fréquemment entravée par le peu de hauteur d'eau et par la difficulté de franchir le *Sault du Rhône*: ce nom a été donné à un banc de rochers, qui barre le Rhône et forme une cascade d'un mètre de hauteur, chacun dans une distance de 1,000 mètres. Le fleuve s'est tracé à travers ces rochers des sillons qui présentent différentes passes plus au moins favorables à la navigation, mais toutes très difficiles à franchir.

Il existe sur le Rhône 8 ponts, et restes de ponts, tant en pierres qu'en bois, savoir: trois à Lyon (1), un à Vienne, un à Tain-et-Tournon, un au Saint-Esprit, deux à Avignon et deux ponts de bateau à Beaucaire et Arles; aucun de ces ponts n'entrave essentiellement la navigation, même celui au Saint-Esprit, que la peur a rendu si redoutable.

(1) Le pont de la Guillotière à Lyon est un ouvrage du treizième siècle. Il se ressentait de la barbarie et de l'ignorance de cet âge. Il n'y avait avant, à cette place, qu'un pont de bois sur lequel Philippe-Auguste et Richard-Cœur-de-Lion d'Angleterre, partant pour la croisade, firent défiler leurs armées: lors de ce passage ce pont de bois s'écroula et cet accident coûta la vie à beaucoup de monde. Ce fut alors qu'on se décida à construire celui en pierre qu'on voit aujourd'hui.

Si l'on est entré dans d'aussi grands détails sur la navigation du Rhône, c'est qu'on regarde ce fleuve comme celui où il convient essentiellement d'appliquer le touage par la vapeur.

Application du touage par la vapeur, sur le Rhône.

Pour mettre à même d'apprécier exactement les grands avantages du touage sur le halage par chevaux, pour la remonte des marchandises sur le Rhône, on va comparer les deux moyens ensemble et supposer, pour simplifier les calculs, la quantité de marchandise qui est remontée annuellement sur ce fleuve comme provenant, en totalité, de Beaucaire et destinée pour Lyon.

On a dû voir que le halage sur le Rhône occupe annuellement environ 1340 chevaux, que chaque cheval ne remonte que huit tonneaux, et un équipage ne fait au plus que neuf voyages de Provence, année commune.

Si l'on suppose cette même quantité de chevaux employés exclusivement à la remonte de Beaucaire à Lyon, on trouve qu'ils devront transporter, par an, 96,480 tonneaux métriques, qui, au prix moyen de 42 fr., formeraient une recette annuelle en leur faveur de 4,052,160 f.

La dépense pour remonter ces 96,480 tonneaux, par le halage, se doit donc composer des frais annuels de

42 équipages de 32 chevaux à 912,63 fr. chaque (1)	3,833,5046
--------------------------------------------------------------	------------

Ce qui donne pour bénéfice net, par an, en faveur du halage	219,114 fr.
-----------------------------------------------------------------------	-------------

Ce modique bénéfice et celui que les maîtres d'équipages obtiennent de la descente, ne pouvant parer à toutes les chances de cette pénible navigation, il résulte que l'on en voit fréquemment se ruiner.

Chaque force de cheval par le touage à la vapeur pouvant remonter sur le Rhône onze tonneaux métriques, avec une vitesse moyenne de 2,160

(1) Voir chapitre ix pour connaître ces frais en détail.

mètres à l'heure (1), un toueur à vapeur de la force de 30 chevaux pourra donc remonter, à-la-fois, 330 tonneaux nets, répartis dans cinq bateaux et faire par an, seize voyages de Provence à Lyon.

18 équipages de touage par la vapeur de la force de 30 chevaux, à 49,435 fr. (2)	889,830 fr.
50 patrons conducteurs des barques à 1,500 fr.	75,000
50 mariniers à demeure sur les barques à 800 fr.	40,000
 Nourriture de ces 100 hommes à 1 fr. 50 c. chaque,	
par jour	54,700
Droit de navigation et de pilote.	230,000
Entretien et dépérissement des barques et petites em- barcations, 1/3 de leur valeur.	75,000
Entretien et dépérissement de la chaîne, 1/15 de sa valeur.	198,000
Intérêt du capital à 5 p. 9/0	300,000
Gestion, impôts et frais divers	137,470
 Bénéfice net, par an, en faveur du touage par la vapeur	2,052,160 fr.

D'après la modicité des bénéfices du halage, aux prix de transport que nous avons fixés, il n'y a pas de rivalité possible entre ce moyen et le touage par la vapeur, pour la remonte sur le Rhône; d'un autre côté, le commerce devant se trouver suffisamment avantageé par la célérité que peut procurer le touage, on peut regarder les prix que nous avons admis, comme le terme moyen de ceux qu'on pourra obtenir. En conséquence, une entreprise en grand de touage par la vapeur sur le Rhône est suscep-

(1) Nous avons admis la vitesse moyenne du Rhône de 2^m5 par seconde : si elle est moindre on pourra remonter une plus forte charge ou marcher plus vite, selon ce qu'on jugera le plus convenable.

(2) *Voir* chapitre ix pour connaître ces frais en détail.

tible de rapporter 35 à 40 pour cent, au lieu que sur la Seine une pareille entreprise dans toutes circonstances semblables ne rapporterait guère que 20 à 25 pour cent.

Cet exposé, établissant d'une manière évidente, la supériorité de ce mode de navigation sur le halage, pour la remonte des marchandises sur le Rhône, nous croyons superflu d'entrer dans de plus grands détails; seulement, nous ajouterons qu'un service de touage par la vapeur, bien établi sur ce fleuve, qui se lierait avec un service de remorque, de Marseille à Arles, au moyen de bateaux à vapeur à rames, permettrait de rendre les marchandises de Marseille à Lyon en 20 ou 25 jours, au lieu de six semaines à deux mois qu'on met ordinairement par cette voie.

Un service complet de touage par la vapeur, propre à effectuer par an la remonte de 96,480 tonneaux de Beaucaire à Lyon, coûterait au plus six millions, savoir :

20 toueurs de 30 chevaux et équipage complet (dont 2 de réserve), à	
100,000 fr. (1)	2,000,000 fr.
50 barques et petites embarcations à 4,500 fr.	225,000
270,000 mètres chaîne de 17 à 20 millimètres, à 11 fr.	2,970,000
Points d'appui et frais divers.	805,000
	<hr/>
TOTAL	6,000,000 fr.

au lieu de 10 millions, comme l'a demandé, en 1825, un agent d'affaires qui a été à la veille de former une association pour appliquer ces procédés sur le Rhône, et en dernier lieu, MM. Séguin et Montgolfier.

Basse-Seine.

Le cours de la Seine de Paris à la mer est de 365,000 mètres;

De Paris à Rouen.	240,000 mét.
De Rouen à la mer.	125,000
	<hr/>
	365,000 mét.

(1) Nous avons porté ces toueurs à 100,000 francs, comme ceux pour la Seine, quoiqu'ils soient de 6 chevaux plus forts, attendu qu'ils peuvent se passer de roues à aubes; si l'on tenait à ce qu'ils en eussent, on devrait les augmenter d'environ 10,000 fr. chaque.

Sa pente, à partir du 0 du pont de la Tournelle, à Paris, jusqu'à la mer, est de 24^m 5; et sa vitesse moyenne jusqu'à Rouen, selon la hauteur des eaux, de 0^m 50, à 0^m 70 par seconde. (1)

Les principales difficultés qui entravent la navigation de la Seine, à son embouchure, proviennent d'une part des bancs de sable changeans qui obstruent ce fleuve de la mer jusqu'à Caudebec, mais principalement de Quilleboeuf jusqu'à Villequier. Le premier haut fond qu'on rencontre en venant du Havre se trouve en amont de ce premier port; de là à Caudebec, la navigation est semée de tant d'écueils, que l'on ne comprend pas (2) comment des navires jaugeant 100 tonneaux s'exposent à les franchir.

« A Quilleboeuf, on rencontre le premier haut fond, un banc de sable qui s'élève en été à environ 3^m en contre-haut de la basse marée de vive eau, et que les navires ne peuvent traverser, avec le secours des vents favorables, qu'au moment de la haute marée. Ils entrent alors au milieu de sables très mouvans et presque fluides qui occupent le lit de Quilleboeuf à Villequier.

« Entre ces deux points, il existe quelques mouillages où les navires se réfugient pour y attendre l'étalement de la haute mer, seul instant où il est possible de franchir les autres bancs qui forment des barres aussi hautes que celle de Quilleboeuf.

« Après avoir éprouvé toutes les terreurs d'un péril qui se renouvelle à chaque marée de jour et de nuit, celui de violents courants qui tendent à précipiter les navires sur les bancs mobiles et contre lesquels ils luttent quelquefois pendant trois semaines, ils arrivent au bassin le plus tranquille, le plus commode que l'on puisse désirer, et qui conserve tous les avantages d'une navigation facile depuis Caudebec jusqu'à Rouen, quoi-

(1) La vitesse de la Seine, dans la plus grande partie de son lit, est de 0^m 48 par seconde; sous les ponts de Paris, 1^m 6 à 2^m; entre le Pont-Neuf et celui des Tuilleries 0^m 54; entre Suréne et Neuilly 0^m 78. Sa pente entre ces deux endroits est de 0^m 12 par 1000^m, et au-dessous de Paris, de 0^m 16. (M. Brayère, *Rapport sur les canaux de Paris*, du 30 avril 1802.)

(2) Frimot, *Mémoire sur l'établissement d'une navigation à grand tirant d'eau, entre Paris et la mer, par la voie fluviale*.

que, dans cet espace, la rivière soit réduite à une petite largeur de 150 à 200^m; les bâtimens y louvoient; ils profitent du flot et du halage pour monter, et leur descente est encore plus prompte. »

La navigation est également entravée de Rouen à Paris par des hauts fonds, mais ces bancs sont invariables: on sait quand on peut les franchir et l'on n'a plus que des retards à éprouver. Les principaux hauts fonds, ponts, pertuis et courans qui nuisent à la navigation entre ces deux villes sont le pertuis de Martot, le pertuis ou trou de Pose, le haut fond de Tournedos ou Pampouille, où lors des eaux basses il y a si peu de largeur qu'il n'y peut passer qu'un bateau à la fois; le haut fond du port Pinché, la rapidité du courant sous les murs d'Andely, et à la passe des grandes et petites Gourdennes, le pont de Vernon, le courant de la rivière neuve et du pertuis de la Morue entre Chatou et Bezons.

Il arrive annuellement, tant à Rouen qu'au Havre, plus de 7,000 navires du port moyen de 50 à 70 tonneaux, dont 1,000 entrent sur leur lest; il en sort à-peu-près autant, dont 3,000 sur leur lest: d'où il suit que la masse totale du tonnage des navires est de plus de 840,000 tonneaux: la masse des marchandises importées dans ces deux ports doit excéder 360,000 tonneaux; (1)

Et celle des marchandises exportées, 240,000 tonneaux.

En 1822, il n'est entré à Rouen qu'un seul bâtiment de 225 tonneaux; toute la masse des transports se fait avec des navires de 50 à 100 tonneaux.

La masse des marchandises apportées en 1824 dans le port de Rouen, par les 3,500 navires qui y sont entrés, a été de 210,543 tonneaux.

Il arrive chaque année du Havre à Rouen 5,000 voitures moyennement attelées de quatre chevaux, et portant 3,600^t, ce qui fait une masse totale de 18,000 tonneaux.

Le tiers des voitures a sa destination pour Rouen, et les deux autres tiers pour Paris.

(1) Nous avons puisé ces renseignemens, ainsi qu'une partie de ceux qui suivent, dans l'intéressant mémoire de M. Charles Berigny, *sur les moyens de faire remonter jusqu'à Paris tous bâtimens de mer qui peuvent entrer dans le port du Havre*. Paris, 1826.

Il part de Rouen pour Paris par le roulage, année moyenne, tant par la route haute que par la route basse.	40,000 tonneaux.
Il part de Rouen pour Paris, par la rivière, année commune,	160,000 tonneaux.
Il arrive de l'Oise, annuellement	60,000 "
Il arrive à Paris, aux ports Saint-Nicolas et d'Orsay, année moyenne,	160,000 tonneaux.
Par le bassin de la Villette.	35,000 "
Par Courbevoie et Puteau.	25,000 "
Par le roulage.	40,000 "
Total.	260,000 tonneaux.

Les allèges du Havre et d'Honfleur, en 1824, ont recueilli des bâtimens français et étrangers venant de divers ports, 44,602 tonneaux de marchandises et les ont apportés à Rouen.

Un allège de 60 à 80 tonneaux peut coûter à établir 15,000 fr.; l'équipage se compose: d'un capitaine à 100 fr. par mois; de deux ou trois matelots à 40 fr.; et d'un mousse de 12 à 15 fr.: la nourriture coûte en outre 1 f. 25 par homme, par jour; les frais de pilotage sont de 60 à 70 fr. par voyage, d'aller et de retour; l'assurance à l'année est de 6 à 7 pour cent; les droits de navigation, d'attache, d'octroi et de halage sont d'environ 30 fr. par voyage; chaque allège fait neuf à dix voyages par an: il y a environ 100 bâtimens de cette espèce.

Le tonnage des bâtimens avec un même tirant d'eau varie selon leurs formes et dimensions, et les navires les plus forts que puisse comporter un tirant d'eau de 9 à 10 pieds, comme celui que l'on trouve à vive eau à l'embouchure de la Seine, sont de 2 à 300 tonneaux; ces forts navires exigent un équipage de sept à huit hommes, et coûtent 50 à 60,000 fr.

Un grand bateau de rivière coûte 18,000 fr., et il faut en outre pour 6,000 d'agrès; ceux de moyenne grandeur ne coûtent que 14,000 fr., et les agrès ne reviennent qu'à 4,000 fr. Il suffit d'un tirant d'eau de 2^m pour naviguer à pleines charges.

L'équipage d'un grand bateau de rivière se compose maintenant d'un contre-maître, d'un pilote, de quatre mariniers, et d'un ou deux garçons.

Le contre-maître est payé moyennant 120 fr. par voyage d'aller et retour; le pilote 75 fr.; chaque marinier 60 fr.; les garçons sont payés 30 fr. par mois, parce qu'ils gardent et soignent le bateau.

En 1822, il n'y a pas eu dans la rivière entre Paris et Rouen un tirant d'eau d'un mètre pendant 95 jours; le tirant d'eau a été entre 1^m, 1^m50 et 2^m pendant 76 jours, et au-dessus de 2^m pendant 91 jours.

D'après le relevé fait au bureau du Pont-de-l'Arche, le nombre des bateaux qui ont navigué sur la Seine en 1822 a été de 233.

Ce nombre se divise ainsi qu'il suit:

14 au-dessous de 22 ^m de longueur, sont moyennement de 80 tonneaux chacun, et ensemble de	1,120 tonneaux
5 de 22 à 28 ^m , <i>idem</i> de 120 tonn. et ensemble de	600
19 de 28 à 30 ^m , <i>idem</i> 180 tonn. <i>idem</i>	3,420
24 de 30 à 36 ^m , <i>idem</i> 200 tonn. <i>idem</i>	4,800
87 de 36 à 42 ^m , <i>idem</i> 250 tonn. <i>idem</i>	21,750
82 de 42 à 48 ^m , <i>idem</i> 300 tonn. <i>idem</i>	24,600
2 de 48 ^m , <i>idem</i> 400 tonn. <i>idem</i>	800
233 bateaux formant ensemble un total de	57,090 tonneaux

Le gouvernail ajoute encore 7 à 8^m à la longueur des bateaux, dont la largeur varie entre 6 et 9,4 mètres.

Le relevé fait au même bureau du Pont-de-l'Arche, pour le nombre de bateaux qui y sont passés en 1822, donne { en montant 690 } 1375. { en descendant 635 }

Il suit de ce qui précède, que le terme moyen est de 250 tonneaux pour chaque bateau qui fait à-peu-près trois voyages par an, et que la masse des marchandises transportées en remontant est d'environ 171,270 tonneaux; nous avons porté plus haut 160,000 tonneaux.

Les droits de navigation perçus en 1822 au bureau du Pont-de-l'Arche ont été pour les bateaux { remontant 55,681^{fr.} 76^e } 87,767^{fr.} 76^e { descendant 32,086 00 }

Ainsi la masse de marchandises qui descend la Seine est d'environ la moitié de celle qui remonte.

Les bâtimens de mer de 200 tonneaux, qui sont hâlés par des chevaux entre Rouen et la Mailleraye, emploient ordinairement huit che-

vaux; ceux de 150 tonneaux en exigent six ou moyennement un cheval par 25 tonneaux, et le prix moyen est de 1 fr. 60 par lieue et par cheval; mais il est très variable en raison des circonstances et de la concurrence plus ou moins grande.

En montant au halage de Rouen à Paris, travail très pénible et souvent périlleux pour les chevaux, on emploie un cheval par 30 tonneaux, et le prix moyen est de 1 fr. 60 par cheval et par lieue.

Du Havre à Rouen en suivant la rivière, il y a 31 lieues, et le transport par la navigation maritime ordinaire coûte 12 fr. du tonneau; la durée moyenne du trajet est de six jours.

Il coûte par le halage ordinaire 500 fr. pour faire monter de Rouen à Paris un bateau portant moyennement 250 tonneaux, et 350 fr. pour le faire descendre de Paris à Rouen; il faut moyennement quinze jours pour faire le trajet de Rouen à Paris, qui est de 60 lieues, et neuf jours pour descendre de Paris à Rouen.

L'assurance du Havre à Rouen est de demi pour cent; celle de Rouen à Paris se ferait aisément à un quart pour cent, mais on assure rarement.

La valeur moyenne du tonneau de marchandises importées et exportées depuis neuf ans est de 750 fr.

Le prix d'embarquement et de débarquement est moyennement de 2 fr. par tonneau.

Les commissions de passage varient d'un quart à un demi pour cent, selon la valeur et l'importance des marchandises.

Les frais de brouettier pour réclamation et transport en magasin et arrivage, ou pour retirer du magasin et pour le transport à bord, sont de 3 fr. par tonneau; aussi beaucoup de marchandises restent exposées aux intempéries et au coulage sur les quais de Rouen, afin d'éviter les frais qu'il faudrait faire pour les emmagasiner.

TARIF des droits de navigation sur la Basse-Seine.

DÉSIGNATION DES DISTANCES.	DÉSIGNATION DES BATEAUX.	EN	
		remontant	descend.
Fr. e.	Fr. e.		
De la mer à Rouen	Les bâtimens étrangers venant de la mer, et les bâtimens français venant de l'étranger, des colonies ou de la pêche de Terre-Neuve, paient, par tonneau	0 15	0 15
et	Les bâtimens français venant de France, par tonneau	0 05	0 05
de Rouen à la mer.	Ceux pontés ou non pontés naviguant sur la Basse-Seine, venant des ports entre Rouen et l'embouchure de ce fleuve, au-dessus du port de 5 tonneaux, par tonneau	0 03	0 03
De Rouen à Pont-de-l'Arche	Chaque bateau foncé et autres de 30 mètres de longueur, chargé, paie, par mètre de longueur	2 *	0 50
et	Ceux de 32 à 48 mètres, par mètre	2 25	0 50
de Pont-de-l'Arche à Rouen.	Ceux de 50 à 64 mètres, par mètre	2 50	0 50
Les flettes, par mètre	0 50	0 50	
Chaque toue chargée de charbon de terre	" "	6 "	
Celle chargée de vin	" "	20 "	
Chaque bateau foncé et autres chargés de vin	" "	40 "	
Chaque train de bois de charpente et de bois à brûler	" "	6 "	
Chaque bateau foncé et autres de 30 mètres de longueur, paie, par mètre de longueur	2 *	1 "	
Ceux de 32 à 48 mètres, par mètre	2 25	1 "	
Ceux de 50 à 64 mètres, par mètre	2 50	1 "	
Les flettes, par mètre	0 50	1 "	
Chaque toue chargée de charbon de terre	" "	6 "	
Celle chargée de vin	" "	20 "	
Chaque bateau foncé et autres chargés de vin	" "	40 "	
Chaque train de bois de charpente et de bois à brûler	" "	6 "	
Chaque bateau foncé et autre de 30 mètres de longueur, paie, par mètre de longueur	2 *	" 50	
Ceux de 32 à 48 mètres, par mètre	2 25	" 50	
Ceux de 50 à 64 mètres, par mètre	2 50	" 50	
Les flettes, par mètre	" 50	" 50	
Chaque toue chargée de charbon de terre	" "	6 "	
Chaque toue chargée de vin	" "	20 "	
Chaque bateau foncé et autres chargés de vin	" "	40 "	
Chaque train de bois de charpente et de bois à brûler	" "	6 "	
Chaque bateau foncé de 50 à 64 mètres de longueur, chargé, paie	15 "	15 "	
Ceux de 36 à 40 mètres	13 "	13 "	
Ceux de 26 mètres et au-dessus	11 "	11 "	
Ceux de 20 à 25 mètres	4 50	4 50	
Ceux de 15 à 19 mètres	3 50	3 50	
Chaque toue et bascule à poissons	5 "	5 "	
Chaque train de 18 coupons de bois à brûler et de charpente	7 "	7 "	
Chaque bateau foncé de 50 à 64 mètres de longueur, chargé, paie	10 50	10 50	
Ceux de 36 à 40 mètres	9 "	9 "	
Ceux de 26 mètres et au-dessus	7 50	7 50	
Ceux de 20 à 25 mètres	3 "	3 "	
Ceux de 15 à 19 mètres	2 25	2 25	
Chaque toue et bascule à poissons	3 25	3 25	
Chaque train de 18 coupons de bois à brûler et de charpente	4 50	4 50	

Tous les bateaux non chargés ne paient que le tiers de ces prix.

Les droits de navigation pour les bateaux à vapeur, d'après une ordonnance royale du 11 décembre 1822, doivent être perçus, en raison de l'espace uniquement destiné pour les marchandises et les passagers.

TABLEAU des prix moyens des transports par tonneau en remontant.

<i>Du Havre à Rouen.</i>	<i>De Rouen à Paris.</i>
Par allèges. 12 fr.	Par bateaux ordinaires . . . 16 fr.
» bateaux à vapeur 18	» accélérés ou coches. 22
Roulage ordinaire 40	» à vapeur. 25 à 30
» accéléré. »	Roulage ordinaire. 40
	» accéléré 60

Le prix moyen du fret, en descendant de Paris à Rouen par les bateaux de la Seine, est de 8 francs par tonneau; de Rouen au Havre, le prix est à-peu-près le même que du Havre à Rouen.

Il a été fait plusieurs projets pour obvier aux difficultés que présente la navigation de la Basse-Seine de Rouen à Paris. Le plus simple et peut-être le meilleur, qui consistait à faire de petits canaux qui auraient eu le mérite de raccourcir d'un quart environ la distance entre ces deux villes, et qui auraient en outre procuré l'avantage d'éviter les plus forts courans et les principaux hauts fonds qui entravent cette navigation, paraît avoir été oublié depuis qu'on a cherché à faire prévaloir l'idée de faire de Paris un port de mer.

Sans prétendre préjuger du mérite d'aucun de ces derniers projets, nous pensons, vu l'importance actuelle de la navigation de la Basse-Seine, que, jusqu'à ce que l'un des projets de canal maritime de Paris à la mer soit mis à exécution, *et surtout jusqu'à ce qu'il soit terminé*, nous pensons, disons-nous, que si l'on exécutait les redressements de la Seine d'Argenteuil à Sartrouville et de Portjoie à l'embouchure de l'Eure, au moyen de deux petits canaux, comme l'a indiqué Forfait, et si l'on faisait quelques dragages sur d'autres parties du fleuve, on pourrait obtenir facilement de Paris à Rouen, 1^m 20 à 1^m 40 d'eau en Seine lors des plus basses eaux: ces travaux, qui coûteraient environ 3 à 4 millions,

seraient, nous en sommes persuadés, volontiers et promptement remboursés par le commerce, en raison des nombreux avantages qu'il en recueillerait, tandis que si l'on attend ces améliorations de l'un des canaux maritimes projetés, peut-être s'écoulera-t-il un long intervalle, si même cela a jamais lieu.

Application du touage par la vapeur sur la Basse-Seine.

Les causes qui ont fait échouer sur la Seine les tentatives de touage par la vapeur faites par MM. Vinchon et *Edouard de Rigny*, provenant, comme on l'a vu, de ce qu'on s'est écarté entièrement des principes du touage, ainsi que du défaut de puissance de la machine rotative, adaptée en dernier lieu par M. Pecqueur, au toueur *la Dauphine*, on va faire connaître les effets qu'on pourra obtenir sur ce fleuve, *avec un toueur à vapeur convenablement disposé et mis par une puissance de 24 chevaux*; et afin de faire ressortir la supériorité de ce mode de navigation sur le halage, on va entrer de nouveau dans quelques détails sur ce dernier genre de remonte.

On ne hale ordinairement sur la Basse-Seine que deux bateaux à-la-fois; le premier est presque toujours un bateau, dit *normand*, du port de 200 à 400 tonneaux; le second, plus petit, porte une charge beaucoup moindre: dix chevaux suffisent pour remonter une charge d'environ 300 tonneaux, avec une vitesse moyenne de 2500 mètres à l'heure. Nonobstant cette vitesse, ils ne parcourent qu'environ 18 à 20 kilomètres par jour, et mettent ordinairement douze à quinze jours *de marche* pour se rendre de Rouen à Paris. Pour le passage des pertuis et de plusieurs ponts, comme pour franchir les forts courans, on prend pour l'ordinaire des chevaux de renfort; le nombre de ces derniers est en raison de la charge et de la vitesse du courant à surmonter. A certaine hauteur d'eau on emploie jusqu'à 24 chevaux pour faire franchir à cette charge, tant le pertuis de la Marue, que les divers ponts et courans qui entravent la navigation de la Basse-Seine, et parfois même on fait usage d'une poulie. L'effort obtenu alors équivaut souvent de 30 à 36 chevaux.

Abstraction faite des chevaux de renfort pour le passage de certains ponts et des forts courans, chaque cheval de halage, de Rouen à Paris, remonte une charge d'environ 30 tonneaux avec une vitesse moyenne de 2500 mètres à l'heure. Si l'on compare ces effets, quoique considérables, avec ceux qu'on pourrait obtenir avec un bon toueur à vapeur, il en résulte une différence plus que double en faveur de ce dernier procédé, comme on le peut voir par ce qui suit.

Si l'on admet la vitesse moyenne de la Seine de Paris à Rouen de 2500 mètres à l'heure, ou de 0,70 mètre par seconde, on trouve, en prenant pour base les effets obtenus sur la Saône, qu'un toueur à vapeur mu par une puissance de *vingt-quatre chevaux* pourra remonter sur ce fleuve une charge de 900 tonneaux métriques, répartie dans quatre bateaux, avec une vitesse moyenne de 3996 mètres à l'heure, et pourra parcourir la distance de Rouen à Paris en 76 heures, savoir 72 heures de marche effectives, et 4 heures pour les manœuvres extraordinaires, aux passages des ponts et pertuis. Cette vitesse étant presque double de celle des chevaux de halage, sur la Seine, et la charge par cheval de vapeur devant être plus forte que la charge ordinaire d'un cheval de halage, il résulte, comme nous aurons lieu de le faire observer plusieurs fois, qu'on peut obtenir, par ce nouveau moyen, des effets utiles presque triples de ceux du halage ordinaire, et plus que sextuple des effets du halage dit accéléré.

Aussi, outre les avantages de la célérité, le touage par la vapeur permettrait-il de transporter les marchandises à des prix bien moins élevés que par le halage accéléré.

Une autre propriété inhérente à ce mode de navigation, c'est que les bateaux toueurs ne devant point porter de marchandises, ils ne tireront que peu d'eau, et ne pourront jamais, si on les fait assez grands, être arrêtés par les basses eaux, de sorte que le temps du chomage, qu'on évalue à trois et quatre mois par an, sur la Basse-Seine, pour les bateaux à vapeur ordinaires, pourra se trouver réduit à un mois ou deux pour les toueurs, tant qu'on aura l'attention de ne charger les bateaux portant les marchandises qu'en raison de la hauteur des eaux. Les toueurs ne devront être arrêtés que par les fortes gelées et les très grosses eaux, c'est-à-dire, dans ce second cas, lorsqu'ils ne pourront plus passer sous les ponts

Enfin le système de touage à vapeur, pour la remonte des marchandises de Rouen à Paris, est même supérieur, sous plusieurs rapports, aux divers canaux projetés, principalement en ce qu'il permet de prendre des prix de transport moins élevés, et que les gelées n'arrêteront pas aussitôt cette navigation que celle d'un canal.

Pour remonter au moyen du touage une charge de 900 tonneaux de Rouen à Paris, avec une vitesse moyenne de 3996 mètres à l'heure, il faudra un toueur disposé pour marcher, au besoin, à-peu-près les vitesses suivantes,

682	mètres à l'heure ,
2525	» »
3811	» »
5000	» »

et que le toueur soit mu par une puissance de 24 chevaux.

Afin de faire ressortir par une application numérique l'erreur qu'il y aurait à supposer qu'on peut varier suffisamment la vitesse primitive d'une machine à vapeur, de manière à n'avoir pas besoin de varier la vitesse des toueurs, soit pour refouler de grands courans, sans diviser la charge à remonter, soit pour marcher avec la plus grande vitesse possible contre de faibles courans, on a composé le tableau suivant, et supposé la distance de Rouen à Paris divisée en cinq parties inégales, représentant des courans de différences extrêmes, comme cela existe réellement.

On a compté la distance de Paris à Rouen par la Seine de 240 kilomètres.

TABLEAU indiquant les vitesses approximatives des courans de la Seine, de Paris à Rouen, à diverses hauteurs d'eau, et l'aperçu du temps que mettra un toueur à vapeur, mis par une puissance de 24 chevaux, pour parcourir cette distance, en touant une charge de 900 tonneaux répartie dans 4 bateaux.

FORCE des EAUX.	VITESSE des courans par heure.	LONGUEUR des courans.	VITESSE du toueur par heure.	TEMPS EMPLOYÉ PAR		VITESSE MOYENNE par seconde du	
				le courant pour parcourir chaque distance.	le toueur pour parcourir chaque distance.	courant.	toueur.
Grosses.		mètres.	mètres.	mètres.	heures.	mètres.	mètres.
	15,000	2,000	612	0,13	3,25		
	12,000	8,000	900	0,66	8,88	0,86	0,83
	4,500	100,000	2,808	24,44	35,61		
Moyennes.	2,500	130,000	3,996	52,00	32,53		
		TOTAUX . .	240,000	77 ^h ,24	80 ^h ,27		
	15,000	2,000	612	0,13	3,25		
Basses.	12,000	8,000	900	0,66	8,88		
	4,000	40,000	3,060	10,00	13,07	0,71	0,92
	2,500	115,000	3,996	46,00	28,78		
	2,000	75,000	4,104	37,50	18,27		
		TOTAUX . .	240,000	94 ^h ,29	72 ^h ,15		
	15,000	2,000	612	0,13	3,33		
	12,000	8,000	900	0,66	4,56		
	2,500	20,000	3,996	8,00	8,00	0,51	1,02
	1,800	130,000	4,248	72,22	30,60		
	1,600	80,000	4,320	50,00	18,52		
		TOTAUX . .	240,000	131 ^h ,02	65 ^h ,01		

Ce tableau démontre que, pour surmonter les plus forts courans *sans diviser la charge à remonter*, il faudra pouvoir faire marcher le toueur

environ sept fois moins vite que lorsqu'il s'agira de marcher contre de très faibles courants. Des chevaux et même une machine à vapeur ne peuvent varier leur vitesse dans cette proportion sans nuire à leur effet (1); aussi d'après cela sera-t-il indispensable, lorsqu'on voudra marcher plus ou moins vite à volonté, d'employer des moyens mécaniques qui permettent de varier suffisamment la vitesse ascendante du toueur en conservant toujours celle qui est reconnue la plus favorable au moteur. Par exemple, des chevaux de halage qui remontent sur la Seine environ 30 tonneaux chacun, avec une vitesse moyenne de 2500 mètres à l'heure, produiraient cinq à six fois moins d'effet utile si l'on voulait les faire marcher une vitesse double; ces effets seraient encore moindres en proportion si on les faisait marcher une vitesse triple; enfin la charge qu'ils remonteraient deviendrait presque nulle si l'on voulait obtenir une vitesse beaucoup plus grande: d'un autre côté, une certaine impulsion leur étant nécessaire pour qu'ils puissent développer convenablement leur force, on n'en obtiendrait pas un effet quadruple ni même triple, comme on le pourrait croire, en les faisant marcher moitié moins vite ou mille mètres à l'heure; enfin, si l'on suppose ces chevaux agissant contre une résistance toujours croissante, par suite de l'augmentation de vitesse du courant, il arrivera inévitablement un moment où, ne pouvant plus acquérir de force en diminuant la vitesse de leur marche, ils resteront d'abord fixes et ne produiront alors qu'un effet d'inertie, proportionnel à leur force musculaire, et finiront infailliblement par être entraînés, si la résistance vient encore à augmenter, comme cela s'est vu sur le Rhône.

Ce grave inconvénient ne peut avoir lieu par le touage; aussi des chevaux, ou tout autre moteur, adaptés à un toueur, pourraient faire remonter la charge avec une très grande ou une très petite vitesse, selon la rapidité des courans à surmonter, sans pour cela jamais marcher ni plus ni moins vite dans un moment que dans l'autre.

Malgré la célérité que nous avons vu pouvoir obtenir, sur la Seine, avec de bons toueurs à vapeur, les frais de remonte, de Rouen à Paris, ne reviendraient, par leur moyen, qu'à 8 francs environ le tonneau.

(1) La vitesse ordinaire des chevaux et des machines à vapeur est de un mètre par seconde.

En réunissant un service de *remorque* du Havre à Rouen à un service de *touage* de cette dernière ville jusqu'à Paris, on pourrait facilement y rendre les marchandises en sept ou huit jours en été, et en neuf ou dix jours en hiver, en admettant qu'on ne marcherait pas la nuit : alors les frais de transport du Havre à Paris pourraient ne revenir qu'à 17 ou 18 francs le tonneau ; on éviterait un transbordement à Rouen et l'on pourrait naviguer par les plus basses eaux ; tandis qu'au moyen des allèges et du halage ordinaire, les frais de transport du Havre à Paris reviennent à 22 f. le tonn. Par les allèges et le halage accéléré, à 26
Et par les meilleurs bateaux à vapeur à aubes, qui aient encore fait ce service, à 36

La quantité de marchandises transportées annuellement par eau , du Havre et de Rouen à Paris , et de cette dernière ville aux deux autres , est évaluée à 240,000 tonneaux métriques, dont les frais de transport , prix moyen, coûtent au commerce environ 4,180,000 francs qu'on peut répartir de la manière suivante :

REMONTE.

20,000	tonneaux du Havre à Paris, par les allèges et le halage ordinaire,	à 28 fr. le tonneau.	560,000 fr.
10,000	<i>id.</i>	<i>id.</i> par les allèges et le halage accéléré,	
		à 34 fr.	340,000
10,000	<i>id.</i>	<i>id.</i> par les bateaux à vapeur, à 40 fr. .	400,000
100,000	<i>id.</i> de Rouen à Paris, par le halage ordinaire , à 16 fr. .	1,600,000	
20,000	<i>id.</i>	<i>id.</i> par le halage accéléré, à 20 fr. .	400,000
160,000	tonneaux.		3,300,000 fr.

DESCENTE.

20,000 tonneaux de Paris au Havre, à 20 fr.	400,000 fr.	880,000
60,000 <i>id.</i> de Paris à Rouen, à 8 fr.	480,000	
240,000 tonneaux	4,180,000 fr.	

Il est essentiel de remarquer qu'aux prix portés ci-dessus, pour les transports accélérés, aucune des entreprises qui ont fait jusqu'à présent

ce genre de transport, n'ont pu se maintenir, tandis qu'à ces prix, au moyen du touage par la vapeur, ces transports présenteraient de très grands bénéfices.

La remonte et la descente de ces 240,000 tonneaux exigeraient au plus, par nos procédés, deux remorqueurs et douze toueurs, dont les frais annuels ne reviendraient qu'à 2,550,000 fr. compris l'intérêt des fonds. (1)

Les dépenses pour établir un service de touage et de remorque, convenable pour transporter par an, sur la Basse-Seine, 240,000 tonneaux, reviendrait à 650,000 francs, SAVOIR :

2 remorqueurs de 100 chevaux et équipage complet, à 250,000 fr.	500,000 fr.
25 bateaux de charge pontés et légèrement gréés, du port de 250 à 300 tonneaux, à 30,000 fr.	750,000
14 toueurs de 24 chevaux et équipage complet, compris 2 de réserve à 100,000 fr.	1,400,000
65 bateaux de charge, non pontés, du port de 300 à 350 tonneaux, à 20,000 fr.	1,300,000
245,000 mètres de chaîne de 15 à 18 millimètres, à 9 fr.	2,205,000
Points d'appui et frais divers	345,000
<hr/>	
	TOTAL
	6,500,000 fr.

Si, par suite de la célérité et de l'économie que présente le touage par la vapeur il survenait, comme on peut l'espérer, une plus grande quantité de marchandises à remonter, la dépense ci-dessus ne devrait pas être augmentée dans le même rapport, vu que la chaîne, qui entre ici pour un tiers de la dépense, suffira aussi bien pour remonter 300,000 tonneaux que 160,000.

Rhin.

Le *Rhin* prend sa source dans les Alpes près du mont Saint-Gothard; il est alimenté par les glaciers du Saint-Gothard, des Bernadino, du Splügen et du Septimer, au pays des Grisons; traverse le lac de Con-

(1) Consulter la note 9 pour connaître les détails de ces frais.

stance, sépare l'Allemagne de la Suisse et de la France. Au fort Shenk, il se divise en deux branches ; la gauche s'appelle *Wahal*; la droite, qui retient le nom de *Rhin*, se partage encore en deux branches à Arnheim : l'une nommée *Xssel*, va au nord se jeter dans le *Zuydersée* à *Cumpen*; l'autre bras, qui conserve le nom de *Rhin*, continue son cours à l'ouest, forme deux nouveaux bras à *Wick-the-Duerstede*, qui conservent le nom de *Rhin*, mais l'un d'eux ne le porte pas jusqu'à la mer. Depuis qu'en 860 le débordement de l'Océan ruina l'embouchure du fleuve, celui-ci se perd dans les dunes de Katwyk, au-dessous de Leyde, où, à ce qu'il paraît, se trouvait son embouchure dans des temps très reculés ; le bras le plus considérable reçoit le nom de *Lech*, s'unit à la Meuse et se jette dans la *Merwe*, à deux lieues nord-ouest de Dordrecht.

Le cours du Rhin, du lac de Constance à son embouchure près Leck, est d'environ 96 myriamètres, savoir :

Du lac de Constance à Bâle	142208	mètres.
De Bâle à Strasbourg	133320	
De Strasbourg à Mayence	217756	
De Mayence à Emmerick	364408	
D'Emmerick à l'embouchure du Leck	97768	
Total.	955460	mètres.

La pente du fleuve, qui a sa source aux glacières du Saint-Gothard, montagne élevée de 3,760 mètres au-dessus de la mer, est,

Du lac de Constance à Bâle, de	102 ^m	
De Bâle à Strasbourg, de	108,5	
De Strasbourg à la mer, de	151,5	
Total.	362	mètres.

Malgré sa pente dans la partie supérieure de son cours, la rapidité du Rhin n'est point très grande ; sa vitesse moyenne, lors des eaux moyennes, est d'environ 2 mètres par seconde, de Bâle à Strasbourg ; de 1^m75 de Strasbourg à Manheim ; de 1^m50 de Manheim à Co-

logne ; de Cologne à Emmerick de 0^m85 , et enfin d'Emmerick au Lech et à la Merwe , de 0^m25 ; la vitesse de ces courans varie , comme de raison , selon la hauteur des eaux.

Ses hautes eaux ont lieu en été lors de la fonte des glaces et des neiges que contiennent les glaciers de la Suisse , et au printemps , lors des débâcles ; à cette époque elles s'élèvent jusqu'à 4^m au-dessus des basses eaux.

Le fleuve est généralement large et profond et d'une navigation facile jusqu'à Strasbourg. Les obstacles qui entraînaient son cours à l'embouchure de la Nache , vis-à-vis de Bingen , ont été vaincus sous Charlemagne. Ce prince commença à faire sauter les rochers qui formaient en cet endroit une cataracte dangereuse ; les Français ont depuis élargi le passage pratiqué sous le nom de *Trou-de-Bingen* ; ils ont aussi construit le long des bords du Rhin une route pour remplacer le mauvais chemin de halage qui passait sans cesse d'une rive à l'autre.

De Mayence à Cologne , le Rhin est presque entièrement encaissé entre des montagnes d'un site très pittoresque , et roule ses eaux sur des rochers qui le traversent dans plusieurs endroits ; ces rochers ne sont qu'une continuité de ceux qui s'élèvent sur les deux rives ; l'un d'eux , nommé la barre de Bingen , forme une cataracte qui devient très remarquable dans les eaux basses , et qui a dû rendre long-temps ce passage impraticable. Les eaux s'ouvrirent enfin quelques issues à travers les obstacles. Aujourd'hui , malgré tous les travaux précédents , la tranchée existante dans la barre , qui offre le seul passage pratiqué , n'a que 19^m8 de longueur sur 6^m2 de largeur ; durant les eaux basses , il n'a qu'un mètre de profondeur , de manière que ce n'est qu'avec les plus sages précautions et une connaissance parfaite du local , que l'on franchit ce passage alors dangereux.

D'après de nouvelles tranchées faites dans le rocher , au Trou-de-Bingen , on le passe sans danger et sans inconvénient , lors des eaux moyennes.

La barre de Wittengefacher est un groupe de rochers isolés qui présentent des pointes menaçantes à la surface de l'eau : ce passage n'est difficile que durant les eaux basses ; et l'on ne pourrait qu'à très grands frais détruire les obstacles qui les rendent quelquefois dangereux.

Le banc de Saint-Goar est un dépôt de gravier au milieu du fleuve, qui le divise en deux bras ; son étendue est de 180^m de longueur sur 37 de largeur ; il n'est dangereux que dans les basses eaux.

L'écueil connu des bateliers sous le nom d'*Unkel* était une masse de basalte en colonnes, qui s'élevait au milieu du fleuve, vis-à-vis de la commune d'*Unkel* ; les hautes eaux en recouvriraient la cime, et souvent des bateaux et des *flottes* (1) entières venaient y échouer ; les Français ont enlevé cet écueil dangereux, et les plus grands trains y passent maintenant en sûreté.

La navigation descendante du Rhin commence à Couï, à 22 lieues de Constance ; les productions et les marchandises qui descendent le Rhin sont du bois, du vin, du tabac, du millet, des fruits secs, du genièvre, des chiffons, de la potasse, du fer, du cuivre, de la terre d'ambre, des pierres de tuf, de la terre de pipe, et autres matières minérales brutes ; mais le bois, le vin, le tabac et la trass sont les objets les plus importans.

Les trains de bois ou radeaux, destinés pour la Hollande, s'arrêtent à *Namedy* près d'*Andernach*, où on les réunit pour en former une *flotte*.

Qu'on s'imagine une île flottante, longue de 350 mètres sur 30 de large, sur laquelle se trouve un village assez grand pour contenir 500 rameurs occupés le jour à diriger et à mouvoir cette masse immense portant 12 à 14 maisons construites en bois, on aura l'idée de ces *flottes* que le Rhin porte sur ses ondes.

Les provisions consommées par l'équipage d'une *flotte*, pour se rendre de *Namedy* à *Dordrecht* consistent en 20 à 25,000 kilog. de pain ; 8 à 10,000 kilog. de viande ; 5 à 7,000 kilog. de fromage ; 5 à 700 kilog. de beurre ; 4 à 500 kilog. de viande séche ; 30 à 40 mesures de légumes secs ; 8 à 10 mesures de sel ; 5 à 600 tonneaux de bière ; 7 à 8 foudres de vin de différentes qualités et toutes les épices en proportion. Une *flotte* est dirigée par deux pilotes qui reçoivent chacun 500 florins pour la rendre à *Dusseldorf*, où ils la remettent à deux pilotes hollandais qui reçoivent autant pour la conduire à *Dordrecht*.

(1) On appelle flotte de très grands trains de bois qui descendent le Rhin.

Par la possibilité de diriger des masses semblables, il est facile de juger du peu de difficultés que présente la navigation du Rhin d'Andernach jusqu'à la Hollande.

Les marchandises qui remontent le Rhin sont les produits des deux Indes et de la mer, telles que café, thé, sucre, riz, épicerie de toutes espèces, harengs, stokfisch, toutes sortes de poissons de mer, des fromages, du tabac, des peaux du Brésil, de l'étain et du plomb d'Angleterre, des bois de teinture, de la cochenille et de l'indigo, du papier, des huiles, du coton, des toiles, etc. Ces marchandises sont transportées jusqu'à Cologne par des bâtimens hollandais à fond plat, pour l'ordinaire d'une extrême pesanteur, dont les plus grands portent 180 lasts, ou 360 tonneaux; leur tirant d'eau à charge excède rarement 2 mètres. Ces bâtimens, gréés pour naviguer en mer, remontent ordinairement jusqu'à Emmerick au moyen de leurs voiles, et parfois jusqu'à Dusseldorf, quand le vent est assez fort et souffle dans la direction convenable. Là, en raison de la rapidité du courant et de leur charge, on y attelle de quatre à huit chevaux, et l'on met ordinairement dix jours de marche pour les rendre d'Emmerick à Cologne. Les prix du transport par cette voie jusqu'à Cologne pour les marchandises venant de Rotterdam, est de 60 fr. par tonneau, et de 70 fr. pour celles venant d'Anvers.

Cologne est encore le principal entrepôt du commerce du Rhin, les marchandises y étant rechargées sur d'autres bateaux, dits bateaux de Cologne. Un bateau de la première grandeur (ceci s'entend des gros bateaux de transport qui vont de Cologne à Mayence), peut porter une charge de 100 et même 129 tonneaux; il a ordinairement à sa suite un autre petit bateau qui porte environ 50 tonneaux, ils mettent de dix à quinze jours pour se rendre de Cologne à Mayence; la navigation ascendante s'arrête à Bâle.

Des bâtimens à vapeur hollandais remontent le Rhin jusqu'à Cologne; ils font un service de poste entre cette dernière ville et Rotterdam: depuis 1825 on a beaucoup parlé de faire remonter des bateaux à vapeur jusqu'à Mayence et même jusqu'à Manheim; d'après la rapidité du courant dans cette partie, il n'est guère probable qu'une telle entreprise présente des avantages.

Le Rhin étant une des principales voies servant au transport des marchandises destinées pour l'intérieur de l'Allemagne, provenant, soit des ports de la Hollande, de l'Angleterre, ou de la mer, on ne peut mettre en doute que la quantité de marchandises qui remonte ce fleuve ne soit très considérable. D'après cela nous pensons qu'il y aurait avantage à y appliquer le touage par la vapeur, de Cologne à Mayence, peut-être même à commencer d'Emmerick.

Le Rhin étant constamment moins rapide au-dessous de Cologne que de cette ville à Mayence, pour ne pas employer des chaînes ni des machines trop fortes, un service de touage d'Emmerick à Mayence pourrait être divisé en deux parties distinctes ; la première comprendrait la distance entre Emmerick et Cologne, où l'on opérait la remonte au moyen de toueur de la force de 24 chevaux et de chaînes de 16 millimètres de grosseur ; pour le trajet de Cologne à Mayence les toueurs seraient de 35 chevaux et les chaînes de 19 millimètres ; ces deux longueurs coûteraient au plus 3,000,000 francs.

Si l'on y veut remonter à-la-fois une charge de 500 tonneaux répartis dans 4 bateaux non compris le toueur, on trouve, en évaluant la vitesse moyenne du courant à 1^m par seconde pour la première distance, et de 1^m50 pour la seconde ; que les toueurs de 24 chevaux remonteront avec une vitesse moyenne de 0^m83 par seconde, et qu'ils parcourront par conséquent la distance d'Emmerick à Cologne en 60 heures de marche, et que celui de 35 chevaux remontera la même charge avec une vitesse moyenne de 0^m83 par seconde, et se rendra de Cologne à Mayence en 61 heures, ou d'Emmerick à Mayence en 121 heures.

En faisant usage de bateaux de charge de dimensions convenables, il deviendrait facile par ce moyen de remonter en dix jours d'Emmerick à Mayence, et d'éviter un transbordement à Cologne. En admettant la remonte annuelle à 100,000 tonneaux et qu'on ne puisse marcher que pendant huit mois, année commune, chacun de ces toueurs pourrait donc faire, par an, trente-deux voyages complets, ou remonter annuellement 16,000 tonneaux.

Si l'on évalue les dépenses de ce service d'après les prix du combustible, de la nourriture, des gages des mariniers, etc., qui nous ont servi à établir les frais de transport sur le Rhône, on trouve que les frais d'Emmerick à Cologne seraient au plus de 9 francs le tonneau, et pour la distance de Cologne à Mayence de 11 francs.

Pour compléter ce service, il conviendrait sans doute de faire usage de *remorqueurs* à vapeur qui se tiendraient aux embouchures du Lech et de la Meuse, pour y prendre les bâtimens chargés venant de la Hollande et destinés pour Cologne, et les remorquer de là jusqu'à Emmerick. La puissance de ces *remorqueurs* devra être assez grande pour remonter un bâtimen de 200 tonneaux, en vingt-quatre à trente heures de l'embouchure du Lech ou de la Meuse à Emmerick.

Danube. (1)

« Le *Danube* prend sa source vers le 48^e degré 6 minutes de latitude, et le 5^e degré 50 minutes de longitude, sur les versans orientaux des montagnes de la forêt Noire. De là, grossi par le tribut de plus de cent rivières, la plupart navigables, il va par trois embouchures principales se jeter dans la mer Noire, vers le 45^e degré de latitude et entre les 27^e et 28^e degrés de longitude, aussi à l'orient de Paris. Il embrasse 22 degrés de l'ouest à l'est; il parcourt les 11 premiers, presque toujours sur le 48^e parallèle, et les 11 derniers à-peu-près sur le 45^e. Dans sa partie intermédiaire, d'environ 2 degrés et demi, il coule sensiblement du nord au sud. Il traverse les royaumes de Wurtemberg et de Bavière, l'archiduché d'Autriche, une partie de la Hongrie, sépare l'autre partie de l'Esclavonie et de la Syrmie, puis coule entre la Servre et la Bulgarie, d'un côté; le Bannat, la Valachie, la Moldavie et la Bessarabie, de l'autre. La longueur de son cours est d'environ 650 lieues de 25 au degré.

« Le bassin du *Danube* touche à celui du Rhin au sud-ouest, à l'ouest et au nord-ouest. La ligne qui les sépare s'appuie au mont Malvia, dont la cime est au-dessus des sources de l'Inn, fait partie de fait des Alpes

(1) *Extrait du Mémorial topographique et militaire*, tome VIII, année 1825.

Rhétiennes, et s'élève à plus de 3500 mètres au-dessus des niveaux des mers. De là, cette limite suit vers le nord la crête du Chaïnon qui jusqu'ici ne paraît pas avoir été distingué par aucun nom particulier. A plus de 25 lieues de la chaîne, il conserve encore 3000 mètres d'élévation; mais deux lieues plus bas, il n'en a plus que 1356. La ligne, tournant ensuite vers l'ouest, s'abaisse insensiblement sur les collines qui, entre le lac de Constance et le Danube, lient les Alpes Algaviennes aux montagnes de la Forêt-Noire : elle se relève, au nord, sur la crête de ces dernières, atteint, au sommet du Feldberg, 1536 mètres de hauteur, fléchit un instant en retournant à l'est; puis, passant par-dessus les Alpes de Souabe, elle reprend à la cime de Rosseberg 1233 mètres d'élévation : enfin, s'abais-
sant de nouveau en tournant au nord-est, la ligne de séparation des eaux vient aboutir à l'Ochsenkopf, l'un des sommets des montagnes de Fichtel, qui, semblable à une borne énorme, placée aux triples confins des bassins du Rhin, de l'Elbe et du Danube, culmine à 1640 mètres au-dessus de la mer.

« Au nord, le bassin du Danube confine à ceux de l'Elbe, de l'Oder, de la Vistule et du Niester. La ligne qui sépare son bassin de celui du premier de ces fleuves descend de la cime de l'Ochsenkopf, et remonte sur le faîte des montagnes du Boehmerwald. Celles-ci s'élèvent insensiblement depuis les environs d'Egra, où elles n'ont guère que 600 mètres de hauteur. L'Arbes près de Vietach en a une de 1280, et plus loin, le Heidelberg, vers les sources de l'Ilz, surpasse celle de 1400. La limite s'abaisse ensuite en suivant au nord-est la crête des montagnes de Moravie, et se termine à la cime de la Schneekuppe, qui fait partie de la chaîne des monts Sudètes, et qui, à la hauteur de 1430 mètres, marque les triples confins de la Bohême, de la Moravie et de la Silésie, ou si l'on veut, ceux des bassins de l'Elbe, du Danube et de l'Oder.

« De ce point, la limite entre les deux derniers bassins suit la crête des monts Sudètes jusqu'au mont Troiacka, où ils se lient aux Krapacks, et où confinent la Silésie, la Hongrie et la Galicie, c'est-à-dire où se séparent les eaux de l'Oder, du Danube et de la Vistule.

« Du mont Troiacka, le faîte des Krapacks, sous le nom de monts *Mahura*, puis sous celui du mont *Ratra*, ce dernier souvent élevé de 2600

à 2700 mètres, sépare jusqu'au mont Sloïczek les versans du Danube et ceux de la Vistule.

« Enfin, la limite du bassin du Danube et de celui du Niester est déterminée d'abord par la ligne de sommet des Krapacks jusqu'au mont Czorna, et de là, par la crête du contre-fort qui s'en détache pour venir, entre ce dernier fleuve et le Pruth, s'abaisser insensiblement et mourir non loin du littoral de la mer Noire.

« Revenant au sud et sur les frontières de l'Italie, on voit que le bassin du Danube est séparé d'abord de celui du Pô, depuis le Maloïa jusqu'à l'Orthlzès, par le faîte des Alpes Rhétiques, puis de celui de l'Adige par la fin de la même chaîne, et par le commencement des Alpes Noriques, c'est-à-dire par toutes les Alpes du Tyrol et par la partie de celles de Salzbourg qui s'étend jusqu'au Drey-Herru-Spitz, au centre de ces dernières : c'est dans cette partie que sont les montagnes les plus élevées de toutes celles qui forment le bassin du Danube. L'Orthlzès a 4800 mètres de hauteur. Plus loin, en tournant au sud, la limite avec le bassin de l'Adige est formée jusqu'au mont Croce (Krentzberg) par le commencement des Alpes Carniques. Dans ce trajet, la chaîne baisse considérablement. Elle n'a plus au Brennes que 2100 mètres de hauteur, et au mont Croce que 1700.

« Les bassins de la Brenta, de la Piave et de Tagliamento sont séparés de celui du Danube par la crête dorsale des Alpes Carniques, depuis le mont Croce jusqu'au mont Terglou, qui a de 3200 à 3400 mètres d'élévation où elles se terminent. Ceux de l'Isonzo et de la partie supérieure de la mer Adriatique le sont par le faîte des Alpes Julianes, qui commencent au mont Terglou et finissent au mont Kleck, à 2166 mètres de hauteur.

« La chaîne qui limite le bassin du Danube prend alors le nom d'Alpes Dinariques, et baissant considérablement, se divise en deux; l'une suit le bord de la mer, et l'autre passe au-dessus des sources des affluens de la Save, laissant entre deux un bassin intérieur, que différentes ramifications qui s'échappent des chaînes divisent ensuite en plusieurs compartiments, dans lesquels les cours d'eau se perdent, et vont ensuite, par des canaux souterrains et inconnus, reparaitre dans les vallées des affluens de la Save ou du golfe de Venise.

« Après leur réunion en une seul chaîne, les Alpes Dinariques continuent, jusqu'au mont Scardo ou Perserin, à limiter le bassin du Danube, et les séparent de ceux de la Narenta, de la Bojona et du Drin-Blanc. Du mont Scardo, où se forment les Alpes Helléniques, qui traversent la Grèce du nord au sud, jusqu'au mont Doubritza, la chaîne, sous les noms successifs d'Argentaro, d'Egrisoï-Dagh, de Veliki-Balkan, etc., sépare le même bassin de ceux du Vardar (l'*Axius*), du Strouma ou Carason (le *Strymon*), et de la Maritza (l'*Ebre*). Enfin, du mont Doubritza, la chaîne de l'ancien Hœmus, dont le mont Orbelos, qui a 3000 mètres de hauteur, est le point le plus élevé, vient, sous le nom de Veliki-Balkan ou d'Emineh-Dragh, et entre les affluens de l'*Ebre* et du Danube, aboutir à la mer Noire, au cap Eminck, en détachant, à gauche entre les affluens du Danube et de la mer Noire, un rameau qui vient mourir dans la plaine, sous le nom de montagne Silistrie.

« Telle est la circonscription du plus grand bassin fluvial de l'Europe. Sa longueur, depuis le point le plus occidental du faîte des montagnes Noires jusqu'à la mer, est de 400 lieues. Sa plus grande largeur, prise un peu à l'ouest du 20° méridien, à compter de celui de Paris, est de 185 lieues, et enfin, sa surface de 10,950 lieues carrées. Il est très remarquable qu'il y ait autant de distance en ligne droite des montagnes Noires au grand coude que fait le Danube, au-dessous de Gran, pour couler du nord au sud, que de celui qu'il fait à Vukovar, pour revenir à l'est jusqu'à son embouchure, et que les deux coude dont on vient de parler soient situés sur le même méridien, lequel divise en deux parties sensiblement égales la longueur totale du bassin. On remarquera en outre que, de la source du fleuve au confluent de l'Ille, la hauteur des montagnes est à peu-près la même sur chaque rive; qu'ensuite, à la rive droite, la grande chaîne des Alpes prend une supériorité très grande jusqu'à ce que, s'abaisse sensiblement en face des Krapacks, les deux chaînes reviennent à peu-près égales en hauteur.

« Comme les montagnes dans lesquelles le Danube prend sa source ne sont que d'un ordre inférieur, son cours à son origine est beaucoup moins impétueux que ceux du Rhin et du Rhône, et ses premiers affluens tiennent beaucoup moins que les leurs de la nature des torrens. Ils sont même

moins rapides que les ruisseaux, qui des mêmes hauteurs, s'écoulent dans le Rhin sur les versans opposés, parce qu'à égale distance des sommets, la vallée de ce dernier fleuve est plus profonde que celle du Rhin. »

TABLEAU SYNOPTIQUE indiquant les hauteurs, au-dessus du niveau de la mer, de différens points situés dans le premier bassin partiel, sur le Danube ou sur ses grands affluens, pour en déduire par approximation les chutes moyennes de chacun de ces cours d'eau, et les comparer entre elles, ainsi qu'avec celles des eaux du Rhin entre Bâle et Strasbourg.

des cours d'eau.	NOMS DES POINTS.	HAU- TEUR des points au- dessus de la mer.	DIFFÉRENCE de niveau		DISTANCE		CHUTE MOYENNE par lieue		OBSERVATIONS.
			d'un point à l'autre.	du pre- mier point à tous les autres.	d'un point à l'autre.	du pre- mier point à tous les autres.	du pre- mier point à l'autre.	du pre- mier point à tous les autres.	
RHIN.	Lac de Constance	362	»	»	»	»	»	»	La cote de 110 ^m du Rhin à Strasbourg est conclue de celle 222 ^m , du fleuve à Bâle, et de la chute 112 ^m entre ces deux villes, donnée par d'autres observations.
	Rhin à Bâle.....	222	141	141	32	30	4,40	4,40	
	id. à Strasbourg.....	110	112	253	30	62	3,73	4,08	
DANUBE.	Ulm	379	»	»	»	»	»	»	
	Donauwörth.....	351	28	28	16	16	1,75	1,75	
	Ingolstadt.....	333	18	46	11	27	1,64	1,70	
ILLER.	Ratisbonne	324	9	55	15	42	0,69	1,31	
	Passau	263	61	116	30	72	2,03	1,61	
	Sonthofen	748	»	»	»	»	»	»	
LECK.	Immenstadt	728	20	20	2	2	10	10	
	Kempten.....	688	40	60	5	7	8	8,59	
	Ulm	379	309	369	18	25	17,17	14,76	
ISER.	Fuessen	818	»	»	»	»	»	»	
	Ausburg.....	488	330	330	21	21	15,71	15,71	
	Confluent.....	348 (1)	140	470	10	31	14	15,16	
INN.	Munich.....	518	»	»	»	»	»	»	(2) Calculée d'après la chute entre Ratisbonne et Passau.
	Confluent.....	288 (2)	230	230	30	30	7,66	7,66	
	Zernetz.....	1420	»	»	»	»	»	»	
SALZA.	Innspruck	591	829	829	33	33	25,12	25,12	(3) Calculée d'après la chute de l'Inn entre Wasserburg et Passau.
	Wasserburg.....	414	177	1006	30	63	5,90	15,07	
	Passau	263	151	1157	32	95	4,72	12,18	
	Sanet-Johann.....	613	»	»	»	»	»	»	
	Werfen	511	102	102	5	5	20,40	20,40	
	Golling.....	486	25	127	5	10	5	12,70	
	Hallein.....	484	2	129	3	13	0,66	9,92	
	Salzburg.....	460	24	153	4	17	6	9	
	Confluent.....	348 (1)	230	230	30	30	7,66	7,66	

« Le Danube a peu de pente. Buffon, dans sa *théorie de la terre*, avait déjà fait voir qu'il devait en avoir beaucoup moins que le Pô, le Rhin et le Rhône, « puisque, dit-il, tirant ses sources des mêmes montagnes (1), le Danube a un cours beaucoup plus long qu'aucun de ces trois autres fleuves, et tombe dans la mer Noire, qui est plus élevée que la Méditerranée et peut-être que l'Océan ». Depuis, des observations faites le long du cours du fleuve sont venues à l'appui de ce raisonnement. Le tableau synoptique ci-contre, qui présente un relevé des cotes de hauteur obtenues au moyen de ces observations, fait voir que la chute du Rhin, entre Bâle et Strasbourg, est de 3 mètres 73 centimètres par lieue (2), tandis que celle du Danube entre Ratisbonne et Passau, qui sont éloignés de ses sources comme Bâle et Strasbourg le sont de celles du Rhin, n'est que d'environ 2 mètres 3 centimètres. »

Rapidité de son cours.

« Il résulterait de là que le Rhin devrait être plus rapide que le Danube; cependant, Buffon considère ce dernier comme un des fleuves qui ont le plus de rapidité. On ne sait pas qu'aucune expérience comparative ait été faite à cet égard; mais on conçoit que, malgré le peu d'inclinaison de son plan de pente générale, le cours des eaux du Danube soit considérablement accéléré, d'abord par l'impulsion, et ensuite par la pression de celles de l'Ille, du Lech, de l'Iser et de l'Inn, qui, comme on peut le voir au tableau déjà cité, lui arrivent avec des vitesses dues à des hauteurs respectives de 14^m74, de 15^m16, de 7^m46, de 12^m18, de chute moyenne par lieue.

« La vitesse moyenne du Danube, entre Passau et Vienne, est de 5 pieds

(1) Les montagnes dans lesquelles le Danube prend sa source ne sont pas les mêmes que celles où le Rhin, le Rhône et le Pô ont les leurs, car le point le plus élevé des premières, le Feldberg, n'est qu'à 1536 mètres au-dessus du niveau de la mer, tandis que le Gothard est à 3760 mètres. Cette circonstance donne encore plus de force au raisonnement de M. de Buffon.

(2) D'après des observations récentes, la hauteur de Strasbourg à la mer serait de 151^m5, et celle de Bâle de 260 mètres.

par seconde; elle est à Mathausen de 7 pieds, et de 15 à 16 au rocher de Saint-Nicolas, entre Mathausen et Ips. A Ebersdorf, au-dessus de Vienne, elle est de 4 pieds 6 pouces; à Bude, de 5 pieds 5 pouces, et à Orsova, de 4 à 6 pieds. Toutes ces données éprouvent, comme dans tous les cours d'eau, des modifications selon la plus ou moins grande hauteur des eaux dans les crues.

« Le Danube commence à Ulm à être navigable pour des bateaux du port de 4 à 500 quintaux; à Ratisbonne, ils en peuvent porter 1200 à 1800. Enfin, à mesure que ce fleuve prend de nouveaux accroissemens, il devient navigable pour des bateaux du port de 2 à 6,000 quintaux, et même pour des bâtimens de guerre de 40 pièces de canons, ainsi que cela a eu lieu dans toutes les guerres des Autrichiens contre les Turcs.

« Lorsque les eaux sont hautes, on peut remonter le Danube jusqu'à Güntzbourg et même jusqu'à Ulm, mais avec de très petits bateaux. Communément, cette navigation cesse à Donauwoerth. Il faut dix-sept jours pour remonter de Vienne à Passau, et trente jours de Passau à Ulm. En descendant, ce dernier trajet se fait en six jours, et le premier en quatre et demi.

« Outre la crue qui au printemps grossit le Danube comme tous les fleuves de notre zone, par l'effet du dégel et des pluies de cette saison, il en éprouve encore une autre en juillet et août, causée par la fonte des neiges et des glaces dans les hautes montagnes d'où les eaux lui sont amenées par ceux de ses affluens qui en découlent. La première crue est la plus considérable. La plupart des îles dont le lit du fleuve est semé sont alors sous les eaux. Elle arrive précipitamment. La seconde est plus lente et s'élève ordinairement beaucoup moins. Cependant, pendant l'été de 1809, le Danube monta de 12 à 15 pieds en 24 heures.

« Il arrive souvent qu'au moment des débâcles, les glaces emportent les ponts du Danube (1), d'autant que tous sont en bois, excepté celui de Ratisbonne. Aussi, dans quelques villes, est-on dans l'usage à l'approche du

(1) C'est ce qui arriva en 1805, au pont du Thabor, près de Vienne, et en 1809, à ceux de Kelheim et Deckendorf, et à celui sur l'Ilz à Passau.

dégel, de retirer le tablier de ces ponts et de n'en laisser subsister que les piles ou les palées. Ils sont, d'ailleurs, pour la plupart si légers, qu'on est souvent obligé de les charger de grosses pierres pour leur donner plus de stabilité.

« Les inondations du Danube, dans ses crues extraordinaires, couvrent une partie de sa vallée, produisent quelquefois de grands désastres. Les parties qui y sont le plus exposées sont au-dessus de Passau, entre Ressbourg et Comorn, et près de Colocsa, jusqu'aux environs de Panscova.

« La navigation du Danube est interrompue en hiver, quand le fleuve est en totalité ou en partie pris par les glaces ; elle l'est encore, au moment des débâcles, par l'amoncellement de ces mêmes glaces qu'amènent ses différens affluens, qui, les unes et les autres sont souvent arrêtées aux nombreux coudes ou dans les parties resserrées du cours du fleuve. Les brouillards empêchent aussi la navigation, surtout pendant les trois derniers mois de l'année. En général, tous les matins il s'élève au-dessus du fleuve beaucoup de vapeurs ; quand elles sont trop épaisses, les bateliers, qui pourraient ne pas apercevoir les bas-fonds, s'arrêtent jusqu'à ce que le ciel se soit éclairci. Quand ils descendent le fleuve, les grands vents et surtout ceux qui soufflent de l'est, les forcent également à s'arrêter. La grande hauteur des eaux est aussi contraire à la navigation : cependant, quelques bateliers qui connaissent bien le Danube saisissent quelquefois, pour le descendre, le commencement d'une crue. Ils vont alors d'une vitesse extrême.

« Malgré tous les obstacles qu'éprouve la navigation du Danube, obstacles qui la paralysent environ cinq mois de l'année, elle est assez considérable par elle-même, et celle de plusieurs des affluens de ce fleuve est assez étendue pour que le commerce en général, et les rivières en particulier, en retirent beaucoup d'avantages.

« On peut distinguer, parmi les bateaux qui descendent le Danube, ceux de poste ou les petits appelés *Plätten*, les moyens, nommés *Gamseln*, et les grands, dits *Kelheimer*, parce qu'il s'en construit beaucoup plus à Kelheim proportionnellement qu'à Ratisbonne, à Straubing, à Passau et dans les autres villes de son cours.

« Leurs dimensions sont :

Pour les petits, longueur 23^m, largeur 5^m, profondeur 1^m 16

Pour les moyens, » 33 » 6 » 1,50 » 1,50 »

Pour les grands, » 46 » 7 » 2,00 » 1,66 »

« Ils se construisent ordinairement en quinze ou vingt jours, et au besoin en huit ou dix. On en fait dans toutes les villes sur le Danube, mais surtout dans celles qu'on vient de nommer.

« Les bateaux de poste ne servent qu'au transport des voyageurs. Pour les recevoir, on construit en planches des barques où l'on pratique des chambres d'une forme incommode, mais consacrée par les siècles. Ils chargent tant bien que mal 25 à 30 personnes, avec leurs malles, effets et même des marchandises, quand elles ne sont que d'un petit volume. Au besoin, ils pourraient contenir près de 100 hommes. Ils marchent bien.

« Les grands bateaux et les moyens ne servent qu'au transport des marchandises et du blé. Leur charge est de 50 à 90 tonneaux. Quelques-uns de ces bateaux vont jusqu'en Hongrie et même au-delà; mais généralement ils se rendent à Vienne. Ils ne remontent jamais. Le prix des grands varie de 300 à 600 florins (de 800 à 1,600 fr.); la perte en les revendant est de 20 à 25 pour cent.

« Les trains de bois qui par le Lech, l'Iser et l'Inn, arrivent sur le Danube, fournissent aussi des moyens pour le transport des denrées, et en fourniraient, au besoin, pour celui du personnel et même du matériel d'un corps d'armée. Ils ont communément 42 mètres de long sur 8 de large. On peut faire faire rapidement un plancher sur les poutres qui le composent. Lorsqu'à la fin de 1797, le corps de Condé, se rendant en Russie, descendit le Danube de Rhin jusqu'à Krems, une partie de l'infanterie et tout le matériel de l'artillerie et des équipages furent embarqués sur des radeaux.

« Les bateaux destinés à remonter le Danube sont construits avec plus de soin et de solidité: ils sont de deux espèces, et généralement plus grands que ceux dont on vient de parler. Les plus forts se nomment *Hochnan*; les autres, qui s'attachent aux premiers et sont souvent 5 à 6 à la file les uns des autres, portent le nom de *Schwemmer*.

« Comme le bras navigable du Danube est souvent embarrassé de pointes et de massifs de rocher, ou qu'il est resserré entre des rives élevées ou escarpées, on ne peut y aller à la voile; car, dans les premiers cas, l'action du vent serait dangereuse pour des bateaux naviguant sur un fonds de roche, entre des rives plates et découvertes; et dans le second, cette action serait détruite par les montagnes et les sinuosités d'une vallée resserrée entre leurs escarpemens opposés. Les bateaux ne descendent donc le Danube qu'à la rame, ou dans les courans rapides, en s'abandonnant au fil de l'eau. Ils sont halés, en remontant, par des chevaux attelés à la file, souvent au nombre de 25 à 30. Leur nombre est calculé sur le pied de 100 quintaux métriques par cheval.

« Les rochers, les marais, les îles, les baies qui bordent le Danube, obligent souvent les chevaux de passer souvent d'une rive à l'autre. Il faut alors les embarquer, et c'est souvent une opération difficile que de leur faire ainsi traverser le fleuve, surtout quand il est rapide et resserré, parce que les mariniers (on ne parle ici que de ceux du Haut-Danube) ne savent se servir que de *gaffes*. D'un autre côté, dans les détours du fleuve, la force de 30 chevaux attelés les uns derrière les autres est difficile à appliquer à une file de 4 à 5 bateaux. Tous ces embarras rendent la navigation en amont lente et difficile. Aussi est-elle assez coûteuse. Ce transport par eau est cependant moins cher qu'il ne le serait par terre. »

En raison de la rapidité de son cours, le Danube est, après le Rhône, le fleuve où le touage par la vapeur pourrait être le mieux appliqué: il importe de résoudre seulement si les quantités de marchandises qui remontent ce fleuve sont assez considérables pour couvrir les frais des chaînes. Dans tous cas, il est très probable qu'un service de touage conviendrait très bien entre Presbourg et Vienne, et peut-être même jusqu'à Passau.

CHAPITRE VIII.

Du TOUAGE par la percussion du courant, ou des bateaux dits AQUA-MOTEURS.

Ce système de navigation consiste à utiliser l'action même du courant, pour obtenir une impulsion capable d'imprimer un mouvement aux bateaux. L'idée d'employer la force du courant elle-même pour remonter les bateaux est déjà ancienne. Vers le milieu du siècle dernier, Daniel Bernouilli, ayant étudié le phénomène de la pression que l'eau, en sortant d'un vase par une ouverture pratiquée à l'une des parois latérales exerce sur la paroi opposée, en conclut que le corps pourrait prendre un mouvement contraire à celui de l'eau. Il déduit de ce principe un moyen de mouvoir les bateaux contre le courant. La théorie des bateaux *aqua-moteurs*, qu'on a tenté à diverses reprises, et dès 1729, de mettre en activité, est fondée sur une considération toute différente.

Quand un bateau navigue contre un courant, il est reconnu que s'il portait sur son avant ou sur ses côtés des roues à aubes dont l'axe fut horizontal, l'action de l'eau imprimerait à ces roues un mouvement de rotation qu'on pourrait facilement transmettre à toutes sortes de machines. En transmettant ce mouvement à des treuils ou poulies, disposés de manière à pouvoir les faire tourner à volonté dans les deux sens, on conçoit qu'en entourant les treuils d'une chaîne ou corde, arrêtée par leurs extrémités à des points fixes, le bateau devra monter ou descendre selon le sens dans lequel les treuils tournent, ou bien s'il est *fixe*, il pourra, après avoir détaché la chaîne des points d'appui, et contourné une de ses extrémités sur les treuils et attaché l'autre bout à un autre bateau mobile et chargé, attirer celui-ci vers lui.

Telles sont les sortes de *touage* auxquels on a donné depuis peu le nom d'*aqua-moteur*, à cause du genre de force qui le met en mouvement. Il est à regretter que l'idée ingénieuse sur laquelle est fondée ce mode de navigation soit loin de présenter, à la pratique la supériorité qu'on lui suppose sur les moyens ordinaires de remonte.

Nous ne savons point au juste à quelle époque on a tenté de faire usage de ce système de navigation ; les plus anciennes expériences constatées remontent à 1729. Elles furent faites par ordre de l'Académie des sciences, pour déterminer le mérite des machines de MM. Boulogne et Caron qui demandaient en même temps le privilège de les établir sur la Seine.

La machine de M. Boulogne, qu'il a prouvé avoir imaginé dès 1702, consistait en quatre roues à aubes dont deux de 4^m 86 de diamètre sur 3^m 24 de largeur, placées vers l'arrière d'un bateau ; les deux autres placées vers l'avant ne portaient que 3^m 88 de diamètre sur 2^m 59 de largeur ; les tambours ou treuils sur lesquels s'enveloppaient les cordes étaient montés sur les axes des roues à aubes ; celui des roues de devant portait 2^m de diamètre et celui de l'arrière 1^m 6. Chacun de ces treuils était concentrique à un autre de moitié moindre en diamètre ; ces derniers étaient destinés à remonter de plus fortes charges et à diminuer la vitesse de la marche ; le bateau portant le mécanisme avait 30 mètres sur 5.

Cette machine dans le premier essai qu'on en fit, le 23 août 1729, vis-à-vis le quai de l'Evêque à Paris, transporta en se remontant quatre bateaux chargés, savoir : deux qu'elle envoyait devant elle et deux qu'elle tenait à la remorque, de sorte que cela faisait bien cinq bateaux. Tous ces bateaux remontèrent ensemble ; à la vérité ils ne furent pas loin, parce que le grand nombre de cordages qu'on était obligé de passer sur les tambours firent qu'ils s'embrouillèrent et qu'on ne put continuer l'expérience.

Le lendemain 24, elle tira, en voguant, ou en se remontant elle-même, deux bateaux chargés, l'un de bois et l'autre de pierre, lesquels, pris ensemble, égalaient bien le plus grand bateau qui puisse naviguer sur la Seine. Dans cet état elle parcourut 102^m en 7 minutes et demie et en 17 tours de roues, ce qui met la vitesse de la marche à 0^m 226 par seconde.

Ayant ensuite fixé cette machine, elle fit parcourir aux deux mêmes bateaux 248^m en 15 minutes, ou marcher une vitesse de 0^m275 par seconde.

La machine de M. Caron, éprouvée les mêmes jours et dans les mêmes lieux, remonta la première fois, en voguant, les deux bateaux qui avaient servi aux expériences de M. Boulogne, elle leur fit parcourir en 20 tours de roues 142^m en 9 minutes un tiers, ou marcher 0^m220 par seconde. Le 24 après avoir été fixée au point d'où elle partit le 23, elle a fait parcourir aux mêmes bateaux 248^m en 17 minutes, ou marcher une vitesse de 0^m245 par seconde. (1)

La machine de M. Caron différait peu de celle de M. Boulogne : ses roues avaient toutes 5 mètres de diamètre. Les aubes des roues de l'arrière avaient 3 mètres de longueur, celles de l'avant étaient de 1^m4 moins larges que celles de l'arrière, afin de permettre au courant de recouvrir sa vitesse, avant d'être arrivé à celles-ci. La hauteur de ces aubes était de 1 mètre. Cette machine était placée sur un bateau de 26 mètres sur 4.

Après les expériences qui précédent, les plus importantes de ce genre que nous connaissons sont celles qui ont été faites sur le Rhône de 1819 à 1820 par MM. Tourasse et Courteaut.

La première eut lieu en novembre 1819 de Givors à Grigny, par des eaux rondes ou d'environ 6 pieds de hauteur, au moyen d'une machine composée de deux roues à aubes de 4 mètres de diamètre sur 3 mètres de longueur chacune, plongeant d'un mètre au plus; ces roues faisaient mouvoir un système de treuils double, à gorges d'un mètre de diamètre : tout ce mécanisme était placé en saillie sur l'avant d'un vieux bateau dont on avait tronqué la proue, et était porté par une forte charpente arrondie par place et portant sur de très forts colets, afin de pouvoir à volonté plonger plus ou moins les roues à aubes lorsqu'on voulait activer ou ralentir la marche du bateau, où les retirer entièrement de l'eau, lorsqu'on voulait interrompre entièrement la marche. Les figures 1 et 2, planche VII, indiquent exactement toutes les dispositions de cette machine.

(1) Les détails de ces expériences sont extraits des *Machines et inventions approuvées par l'Académie des sciences, de 1720 à 1726*. Paris, 1735, tome IV.

Parti de Givors, ayant à la remorque un bateau chargé de 70 tonneaux de charbon de terre, ce toueur mit environ deux heures de marche pour parcourir 4 kilomètres : arrivé à la hauteur de Grigny, on fut obligé d'interrompre cette expérience en ce que le bateau moteur, s'était affaissé sous le poids du mécanisme et faisait eau de toutes parts, pour avoir trop accéléré sa marche, en cherchant à dépasser un équipage remonté par des chevaux. La machine de ce toueur ayant été remplacée sur un bateau neuf de la forme de celui représenté pl. vii, on se rendit de nouveau à Givors, en avril 1820, pour y prendre les bateaux *le Lucas* et *la Cousine*, chargés ensemble de 1400 hectolitres de charbon. Arrivé devant Vernaison, pour s'assurer de la puissance de ce toueur et de la solidité de son mécanisme, on ajouta aux deux bateaux ci-dessus le bateau *la Delphine*, chargé de 600 hectolitres de charbon ; la charge de ces trois bateaux, y compris celle du toueur s'élevait, à près de 200 tonneaux métriques (1), ce qui équivaut sur le Rhône à la charge ordinaire de 28 chevaux de halage. Avec ces trois bateaux là vitesse du toueur a été de 1100 mètres à l'heure ou de 0^m30 par seconde, les roues à aubes faisant de 5 à 7 tours par minute. La vitesse du courant, devant Vernaison, était alors d'environ 2^m5 par seconde. Cette expérience quoique satisfaisante en apparence démontre néanmoins que les roues à aubes de ce toueur n'avaient point assez de surface pour produire les effets qu'on désirait, qui étaient de remonter quatre bateaux chargés à-la-fois. Pour atteindre ce but, MM. Tourasse et Courteant firent construire un troisième toueur, ayant les mêmes dispositions que celui ci-dessus, dont les rones avaient chacune 5 mètres de diamètre sur 4 de largeur, et dont les aubes portaient un mètre de hauteur. Nonobstant la faculté de plonger plus ou moins les roues à aubes, et quoique muni d'engrenages de divers diamètres pour permettre d'augmenter ou de diminuer la vitesse de sa marche, l'essai de cette nouvelle machine ne fut point heureux : parti de Givors, par de *basses eaux*, conduisant à la remorque trois bateaux chargés de 1800 hectolitres de charbon, ou formant avec le toueur une charge d'environ 180

(1) La surface des mètres-coupes de ces quatre bateaux était d'environ 16 mètres, ou de 4 mètres par bateau.

tonneaux, on ne parvint à Lyon qu'après trois jours *de marche*. De nouvelles tentatives ayant convaincu que la vitesse du Rhône lors des *eaux basses* (ou de 0^m80 à 0^m90 de hauteur) était beaucoup trop irrégulière pour permettre de remonter journellement quatre bateaux chargés à-la-fois, sans de grandes difficultés, même en faisant des roues à aubes de dimensions extraordinaires, on termina là ces expériences.

Plusieurs des difficultés inhérentes à ce genre de remonte, dans des courans de différentes vitesses, sont : que le bateau moteur est sujet à se trouver fréquemment dans de faibles courans, tandis que ceux chargés sont encore dans des courans rapides; que, ne pouvant diminuer assez promptement la vitesse de la marche, lorsqu'on arrive dans de grands courans, les câbles éprouvent forcément des efforts susceptibles de les rompre ou le moins de les détériorer promptement. Malgré la possibilité de parer à ces difficultés par plusieurs moyens plus ou moins compliqués, et qu'elles soient de beaucoup moins grandes quand il s'agit de naviguer avec un seul bateau, nous ne les en regardons pas moins comme celles qui doivent particulièrement faire échouer toutes les tentatives de ce genre, surtout lorsqu'on voudra opérer sur une grande distance.

Dans l'idée qu'en faisant usage de bateaux aqua-moteurs fixes, échelonnés à environ 1000 mètres les uns des autres et placés dans les endroits où le courant avait le plus de rapidité, on parerait à toutes les difficultés que présentent les aqua-moteurs mobiles, ou se remontant comme le fardeau, une société fit construire dix-huit bateaux aqua-moteurs, avec roues à aubes, qu'elle fit placer, dans le commencement de 1828, entre Givors et Lyon. Ces bateaux qui étaient destinés à ne remonter qu'un seul bateau chargé, à-la-fois, ne furent que pendant très peu de temps en activité, attendu que les frais énormes qu'occasionnaient leurs manœuvres, excédaient de beaucoup les produits qu'on en pouvait tirer.

Les inconvénients principaux qui résultent de l'emploi d'aqua-moteurs fixes, disposés comme ceux ci-dessus et tirant à eux les bateaux chargés, sont : 1^o que dès qu'il survient un accident à l'un des bateaux moteurs, le service se trouve forcément interrompu sur toute la ligne, pendant tout le temps qu'il est en réparation; 2^o la difficulté d'éviter la prompte détérioration des câbles, par suite de leur frottement au fond du chenal et

aussi du danger où ils sont de s'y engager souvent et assez fortement pour interrompre la manœuvre; 3° le danger continual où sont les aqua-moteurs d'être heurtés et même entraînés par les bateaux ou trains qui descendent, et enfin les entraves qu'ils présentent, surtout lors des basses eaux, à la navigation descendante.

Les machines avec roues à aubes ne sont point les seules de ce genre: plusieurs personnes, entre autres M. Thilorier (1), avaient imaginé de se servir de corps flottans, dont il augmentait à volonté la surface, selon la grandeur et la charge du bateau qu'il voulait remonter ou la vitesse qu'il tenait à lui imprimer. Pour effectuer la remonte avec cette machine, on y attachait d'abord l'extrémité d'un long câble, après l'avoir passé dans la gorge d'une poulie, disposée pour cet usage et arrêtée à un point fixe; ensuite on laissait descendre l'appareil, qui entraînait naturellement la corde et le bateau amarré à son autre extrémité. L'effet de cette machine peut se comparer à celui de deux seaux de puits dont l'un monte quand l'autre descend.

Les principaux vices de ce procédé sont l'impossibilité de diriger ou manœuvrer une telle machine, et la grande détérioration des câbles.

M. Th. Barrois, dans un mémoire qu'il a publié sur le sujet qui nous occupe, en 1826, a établi par des calculs parfaitement raisonnés la théorie des bateaux aqua-moteurs, que les personnes qui désireraient avoir sur cet objet des données positives pourront consulter avec fruit. Ce système de navigation s'écartant un peu du but de notre ouvrage, nous nous contenterons de rapporter les principaux résultats où l'auteur a été conduit par l'analyse.

Commencant par chercher le mouvement de deux corps soumis à l'impulsion d'un courant d'eau et liés ensemble de manière à marcher avec des vitesses différentes, l'équation de ce problème conduit l'auteur à cette conséquence importante, que, pour que l'un des corps acquière le maximum de vitesse, il faut que l'autre s'avance avec une vitesse égale au tiers de celle du courant. Passant ensuite à l'exposition du mouvement

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, tome xiv, page 112.

des bateaux aqua-moteurs, il parvient à déduire de ses formules l'expression de la vitesse du bateau, de la tension, de la chaîne et du nombre de chevaux qu'il faudrait pour tirer le bateau, sans ses roues à aubes, avec la même vitesse. En établissant la condition connue pour obtenir la vitesse maximum du bateau, il trouve qu'il faut, soit qu'on monte ou qu'on descende, que le centre des molécules d'eau contre les aubes se meuve avec une vitesse égale au tiers de celle du courant; résultat analogue à celui auquel l'avait conduit la solution du premier problème.

Il observe ensuite qu'une foule de causes différentes, dont il est difficile de tenir compte dans les calculs, doivent dans la pratique en modifier les résultats. Ayant égard aux expériences faites en 1775 par MM. d'Alembert, Condorcet et Bossut, que nous avons rapportées, page 164, il introduit dans ses formules les modifications nécessaires pour les rendre applicables à la pratique. Il a aussi égard à la forme du bateau et à l'angle sous lequel il coupe le courant. On sait que, dans les bateaux de la forme des vaisseaux, la résistance directe est environ 1/5 de celle qu'éprouverait le maître-couple. Pour éviter les dangers de l'engravage, l'auteur observe qu'il faut donner à la proue des bateaux aqua-moteurs une forme plane de la largeur du bateau et inclinée sur l'eau de 150 degrés, ce qui augmente la résistance; que d'un autre côté les deux roues à aubes étant placées l'une entièrement à l'avant et l'autre entièrement à l'arrière du bateau, il doit résulter de cette disposition des remous très favorables à la remonte, et au contraire très défavorables à la descente. Combinant ces avantages et ces inconvénients, il pense qu'on peut évaluer qu'en montant le bateau aqua-moteur éprouvera 1/4 de la résistance qu'aurait à supporter une plaque perpendiculaire au courant et de même dimension que la partie du maître-couple plongeant dans l'eau; et qu'en descendant il éprouvera la moitié de la résistance qu'aurait à vaincre la même plaque pour descendre avec la vitesse du bateau; enfin il porterait cette résistance au tiers de la plaque précédente si les roues à aubes, et par suite les remous qu'elles produisent, étaient supprimés.

Les formules qui résultent de toutes ces modifications lui indiquent encore, 1^o pour que la vitesse du bateau soit la plus grande possible, le centre de percussion des aubes doit avoir une vitesse égale au tiers de

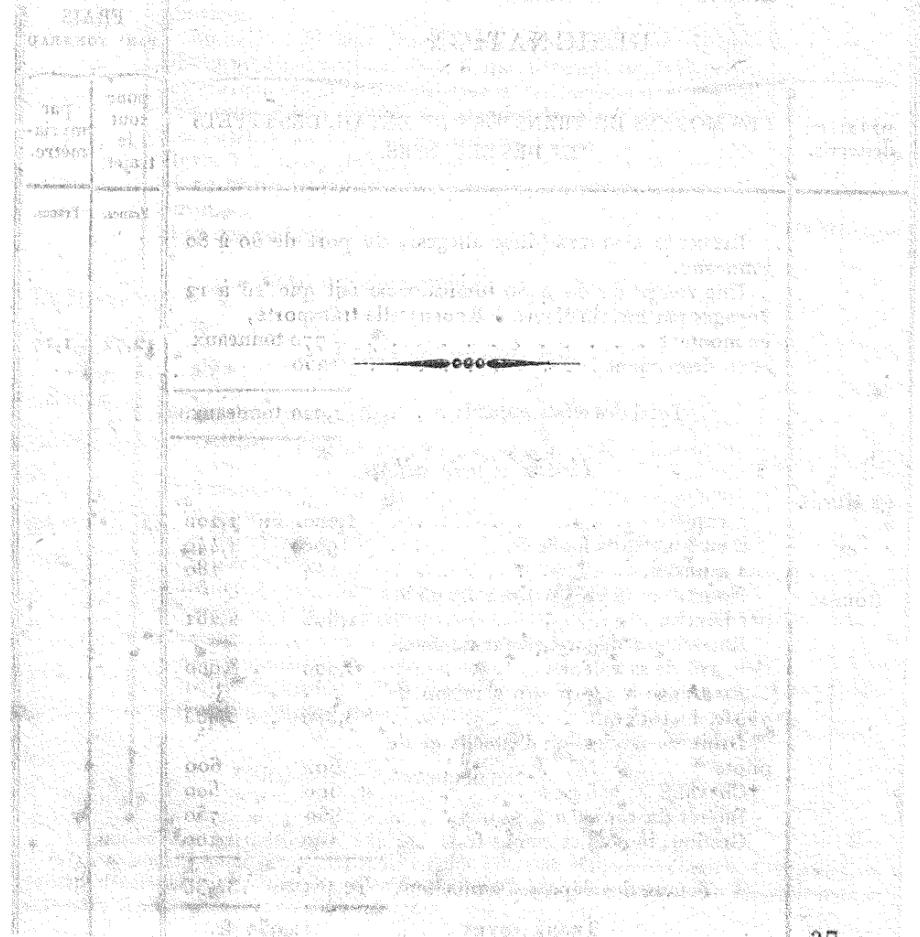
celle du courant; 2° que la vitesse du bateau en montant comme en descendant est toujours proportionnelle à la vitesse du courant; 3° la tension de la chaîne est proportionnelle au carré de la vitesse du courant.

Cette dernière conséquence lui a fait penser que, pour peu que le courant fût variable, il serait indispensable d'adopter aux bateaux aqua-moteurs un mécanisme qui pût permettre de varier la vitesse du bateau en changeant le rayon du treuil : en effet, supposons, dit l'auteur, qu'il s'agisse de remonter un fleuve tel que le Rhône, dont le courant varie de 2 à 7^m par seconde (1). Si le mécanisme ne changeait pas suivant le courant, la vitesse du bateau serait toujours proportionnelle à celle de ce courant, et la tension de la chaîne varierait dans le rapport de 4 à 49. Ainsi, en marchant une extrême lenteur lorsque le courant serait de 2^m, la chaîne éprouverait encore dans les parties rapides une tension excessive. Mais, au lieu de cela, qu'on ait une chaîne capable de faire remonter le bateau avec une vitesse maximum qui soit dans un certain rapport avec celle du courant, dans les parties où ce courant est faible; que par exemple la chaîne puisse faire remonter le Rhône dans les parties où son courant est de 2^m par seconde, avec une vitesse maximum égale à celle du courant, la tension de la chaîne sera alors pour un bateau dont la surface du maître-coupe serait de 3^m, de 3,300 kilog., tension qui exige une chaîne en fer, rond, de près de 12 millimètres. Si le courant diminuait, le bateau remonterait toujours avec la même vitesse que lui; mais s'il devenait plus rapide, il faudrait, si la chaîne ne pouvait être tendue davantage, combiner le mécanisme de manière à ce que sa tension restant toujours la même, la vitesse du bateau fût la plus grande possible.

Admettons que le rayon du treuil puisse varier à volonté, et qu'à l'aide de cette faculté, malgré la variation du courant, la tension de la chaîne reste toujours la même que lorsque le bateau naviguait dans un courant

(1) M. Barrois fait erreur en admettant des vitesses aussi grandes; celles d'une très grande partie du cours du Rhône ne sont réellement que 1^m 5 à 4^m par seconde, et sa vitesse moyenne, dans beaucoup de localités, par des eaux de 1^m 70 à 2^m de hauteur, est de 2 à 2,5 mètres par seconde.

faible, avec la plus grande vitesse que lui permettaient les dimensions de ses aubes, l'auteur détermine, en fonction du rayon du treuil, les vitesses qu'ont alors le courant et le bateau; il passe ensuite à diverses considérations sur les dimensions à donner au bateau et aux principales parties du mécanisme à employer. Nous n'entrerons point dans des détails à ce sujet; nous nous contenterons d'observer que les dispositions mécaniques proposées par l'auteur nous paraissent, en partie, imparfaites; qu'en tous cas nous regardons comme extrêmement difficile de faire un aqua-moteur susceptible de remplir toutes les conditions voulues par sa théorie, qu'ainsi que lui, cependant, nous reconnaissions indispensables.



CHAPITRE IX.

Détails de divers frais de transport par eau, et prix courant du roulage de Paris à plusieurs villes de France et de l'étranger.

Détails des frais de transport sur la SEINE.

Détails des frais de transport sur la Seine.

DES LIEUX desservis.	DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	DÉSIGNATION		FRAIS PAR TONNEAU
		pour tout le trajet.	par myria- mètre.	
	BATEAUX A VAPEUR, <i>la Ville du Havre</i> et <i>le Duc d'Angouême</i> , mis par des machines du système de Watt, de 50 chevaux.			
	En raison de leur tirant d'eau et des hauts fonds qui obstruent l'embouchure de la Seine, le temps employé pour les chargemens et les déchargemens des marchandises, ainsi que celui perdu parfois à attendre le chargement, etc. Ces bateaux ne font qu'environ 20 voyages par an, du Havre à Rouen, chargés terme moyen de 130 tonneaux; et ne transportent chacun, par an, en montant, qu'environ. 2,600 tonneaux. et en descendant 700	20,32	1,62	
Total des effets annuels 3,300 tonneaux.				
LE HAVRE				
et				
ROUEN.				
<i>Frais d'un bateau.</i>				
	1800 hectolitres houille à 4 fr. 25 c. (1)	7,650		fr. c.
	1 chef d'équipage	2,200		
	1 second	1,500		
	5 matelots à 1200	6,000		
	1 mousse	800		
	2 chauffeurs à 1300	2,600		
	1 mécanicien.	3,000		
	Droits de navigation d'attache, et de pilote, etc.	2,000		
	Entretien et dépérissement du matériel, 1/5 de sa valeur (2)	25,000		
	Assurance à 1/8 p. o/o à raison de 750.	2,998 40		
	Intérêt du capital à 5 p. o/o	7,250		
	Gestion, impôts et frais divers	6,000		
	Total des dépenses annuelles.	66,998 40		

(1) A raison de 90 hectolitres par voyage.

(2) Cette somme quoique très élevée n'est point exagérée, attendu les avaries fréquentes, le prompt dépérissement des bateaux et les frais considérables que nécessite leur redoublement et surtout le déplacement et la pose des machines.

Détails des frais de transport sur la Seine.

DES LIEUX desservis.	DÉSIGNATION	FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet.	par myria- mètre.
	DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.		
	BATEAUX A VAPEUR EN FER, <i>le Commerce de Paris</i> , <i>la Seine</i> , <i>le Charles X</i> , et <i>l'Hirondelle</i> , mis par des machines du système de Watt, de 50 chevaux.		
	Ces bateaux portent 110 à 120 tonneaux, au plus, de marchandise; leur charge moyenne est de 100 tonneaux; ils font, par an, de 36 à 40 voyages du Havre à Rouen; ils transportent annuellement, l'un dans l'autre, chacun, en montant 4,000 tonneaux. et en descendant 1,000	14,21	1,13
	Total des effets annuels. 5,000 tonneaux.		
LE HAVRE et ROUEN.	<i>Frais d'un bateau.</i>		
	4,400 hectolitres houille à 4 fr. 25 c. (1). 18,700 » 1 chef d'équipage 2,200 » 1 second 1,500 » 4 matelots à 1200 4,800 » 1 mousse 800 » 2 chauffeurs à 1300. 2,600 » 1 mécanicien. 3,000 » Droit de navigation, d'attache, de pilote, etc. 3,700 » Entretien et dépérissement du matériel 1/10 de sa valeur (2). 15,000 » Assurance à 1/8 p. o/o à raison de 750 f. le t. 5,247 20 Intérêt du capital à 5 p. o/o 7,500 » Gestion, impôts et frais divers 6,000 »		
	Total des dépenses annuelles. 71,947 20		

(1) A raison de 110 hectolitres de houille par voyage.

(2) On n'a compté l'entretien et le dépérissement de ces bateaux moitié moins que pour ceux en bois, en ce qu'on est fondé de croire qu'ils dureront beaucoup plus de temps que ceux-ci, et qu'ils sont moins sujets aux avaries.

Détails des frais de transport sur la Seine.

DES LIEUX desservis.	DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	DÉSIGNATION		FRAIS PAR TONNEAU
		pour tout le trajet.	par myria- mètre.	
	REMORQUEURS de 80 chevaux, 15 bateaux de charge dits CHALANS, du port de 150 à 200 tonneaux.			
	Un remorqueur de cette force étant susceptible de mener du Havre à Rouen en une marée un bâtiment chargé, terme moyen, de 175 tonneaux, il lui sera donc possible de faire au moins 80 voyages par an, ou bien remonter annuellement .. 14,000 ton.			
	et en descendre..... 3,000			
	Total des effets annuels..... 17,000 ton.			
		<i>Frais de ce service.</i>		
LE HAVRE et				
	12,150 hectolitres houille à 4 fr. 25 c. (1).....	51,637	50	
	1 chef d'équipage	2,400	"	
	1 second	1,800	"	
	6 matelots à 1,200	7,200	"	
	1 mousse	800	"	
	4 chauffeurs à 1,300	5,200	"	
	1 mécanicien	3,000	"	
	Droits de navigation, d'attache, de pilotes, etc..	7,000	"	
	Entretien et dépérissement de 2 remorqueurs, 1/10 de leur valeur (2).....	40,000	"	
	Entretien et dépérissement des chalans, 1/25 de leur valeur (3).....	12,000	"	
	Frais d'équipage de 15 chalans, 1/5 de leur dé- pense (4).....	20,000	"	
	Assurance 1/8 p. o/o à raison de 750 fr. le tonn.	17,340	"	
	Intérêt du capital à 5 p. o/o.....	35,000	"	
	Gestion, impôts et frais divers.....	20,000	"	
	Total des dépenses annuelles.....	223,377	50	
ROUEN.				

(1) A raison de 162 hectolitres par voyage complet, allée et retour. Si l'on se servait de machines à expansion, la dépense du combustible pourrait être réduite d'un tiers au moins.

(2) Nous n'avons porté le dépérissement et l'entretien de ces deux remorqueurs qu'à 1/10, vu qu'ils seront très rarement, tous les deux ensemble en activité et qu'ils se détérioreront moins que les bâtiments dans lesquels on met des marchandises.

(3) Ces bateaux remontant jusqu'à Paris, le surplus de ces frais doit être compté dans les frais de remonte de Rouen à Paris.

(4) Même observation que ci-dessus.

(5) Il deviendrait possible de réduire ces frais à 9 fr. le tonneau, dans le cas où l'on pourrait sans trop de difficultés, faire usage de bateaux de charge, de dimensions suffisantes pour porter une charge moyenne de 250 tonneaux et où l'on emploierait des remorqueurs de 100 chevaux avec machines à vapeur à expansion.

Détails des frais de transport sur la SEINE.

DES LIEUX desservis.	DÉSIGNATION DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet. Francs.	par myria- mètre. Francs.
	BATEAUX A VAPEUR EN FER, les mêmes que ceux cités précédemment, naviguant directement du Havre à Paris lors des eaux de hauteur moyenne, et du Havre à Rouen lors des eaux basses.		
	Année commune, chacun de ces bateaux peut naviguer pendant sept mois entre le Havre et Paris et faire 10 voyages, et les cinq autres mois entre le Havre et Rouen, et faire 17 voyages, chargés moyennement de 100 tonneaux, ou remonter du Havre à Paris. 1,000 ton. et descendre de Paris au Havre 250	36,06 20	0,99 0,58
	Total des effets 1,250 ton.		
LE HAVRE,	monter du Havre à Rouen 1,700 et en descendre 425	14,20	1,13
ROUEN et PARIS.	Total des effets 2,125 ton.		
	<i>Frais d'un bateau.</i>	fr. c.	
	4,400 hectolitres houille à 4 fr. 25 c.(1) . . . 18,700 " 1 chef d'équipage 2,200 " 1 second 1,500 " 4 matelots à 1200 4,800 " 1 mousse 800 " 2 chauffeurs à 1300 2,600 " 1 mécanicien. 3,000 " Droits de navigation d'attache, de pilotes, et chevaux de renfort 6,000 " Entretien et dépérissement du matériel 1/10 de sa valeur. 15,000 " Assurance à 0,93, terme moyen, le tonneau 3,138 75 Intérêt du capital à 5 p. o/o 7,500 " Gestion, impôts et frais divers 6,000 "		
	Total des dépenses annuelles 71,238 75	fr. c.	

(1) A raison de 110 hectolitres par voyage du Havre à Rouen, et de 253 hectolitres par voyage du Havre à Paris.

Montant des frais de transport sur la SEINE.

DES LIEUX desservis.	DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	DÉSIGNATION		FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet.	par myria- mètre.	Francs.	Francs.
	BATEAUX A VAPEUR, <i>le Génie du Commerce, la Ville de Rouen, et le Duc d'Angoulême</i> , mis par des bonnes machines du système ordinaire de Watt, de la puissance de 30 chevaux, avec roues à aubes entièrement en saillies sur l'arrière.				
	D'après la hauteur commune des eaux de Rouen à Paris, ces bateaux ne pouvaient faire que 18 voyages par an, chargés terme moyen de 70 tonneaux; ils ne transportaient donc annuellement en montant que 1,200 ton. et en descendant 430			40,83	1,70
				8,00	0,33
ROUEN et	Total des effets annuels			1,840 ton.	
	<i>Frais annuels d'un bateau.</i>				
PARIS.		fr. c.			
	2610 hectolitres houille à 4 fr. 25 c. (1) . . .	11,092	50		
	1 chef d'équipage	2,200	"		
	4 mariniers à 1,200 fr.	4,800	"		
	1 mousse	800	"		
	3 chauffeurs dont un mécanicien	4,600	"		
	Droits de navigation, d'attache, de pilotes, de chevaux, de renforts, etc	8,000	"		
	Entretien et dépérissement du matériel 1/5 de sa valeur.	16,000	"		
	Intérêt du capital à 5 p. o/o	4,000	"		
	Gestion, impôts et frais divers	5,000	"		
	Total des dépenses annuelles	56,492	50		

(1) A raison de 145 hectolitres par voyage complet, allée et retour.

Montant des frais de transport sur la Seine.

DES LIEUX desservis.	DÉSIGNATION DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet.	par myria- mètre.
	BATEAUX A VAPEUR DE DEUX PIÈCES (c'est-à-dire composé d'un bateau moteur poussant un bateau de charge de 150 tonneaux) avec roues à aubes, placées dans des rentrées sur chaque côté de l'arrière, mises par des machines de 28 à 42 chevaux.		
ROUEN et PARIS.	Les bateaux de ce genre <i>l'Aigle</i> et <i>la Foudre</i> qui existent sur la Seine, n'ayant navigué que très peu de temps et d'une manière trop irrégulière pour qu'on en ait pu déterminer les effets, d'après les connaissances que nous avons des localités, nous allons y suppléer, en admettant, comme ce doit être forcément, qu'on fera usage de bateaux avec machines à <i>expansion</i> , susceptibles de produire l'effet de 28 à 42 chevaux, et dont le mécanisme pour mouvoir les roues sera disposé de manière à varier la vitesse de celle-ci au besoin.		
	Année commune on peut compter, de Rouen à Paris sur 1 ^m 30 à 1 ^m 60 d'eau en Seine, pendant six mois, pendant quatre mois sur 1 ^m ètre et sur deux mois de glace et d'eau débordée.		
	Les bateaux moteurs d'après ce système peuvent ne tirer que 75 à 80 cent., on peut donc admettre au moins neuf mois de navigation ou faire 30 voyages par an, puisque l'un dans l'autre, il ne faudra, au plus, que six jours pour monter et deux jours à deux jours et demi pour descendre; en évaluant la charge moyenne à 125 tonneaux, on transportera annuellement par bateau moteur, en montant..... 3,700 ton. et en descendant 1,850	23,53	0,97 8 » 0,33
	Total des effets annuels	5,550 ton.	
	<i>Frais d'un bateau moteur compris 3 bateaux de charge.</i>		
	3,690 hectolitres honnillé à 4 fr. 25 c. (1).....	15,682 50	
	1 chef d'équipage.....	2,200 »	
	3 patrons pour les bateaux de charge à 1,800 fr.	5,400 »	
	7 mariniers dont 3 pour les bateaux de charge, à 1,200 fr.	8,400 »	
	1 mousse.....	800 »	
	3 chauffeurs dont un mécanicien.....	4,600 »	
	Droits de navigation, d'attache, de pilotes, de chevaux de renfort, etc.....	15,000 »	
	Entretien et dépérissement des bateaux moteurs 1/5 de leur valeur.....	20,000 »	
	Entretien et dépérissement de 3 bateaux de charge 1/5 id	15,000 »	
	Intérêt du capital à 5 p. o. o.....	8,750 »	
	Gestion, impôts et frais divers.....	6,000 »	
	TOTAL.....	101,832 50	

(1) A raison d'une puissance moyenne de 35 chevaux, et de 123 hectolitres par voyage complet, allée et retour.

Montant des frais de transport sur la Seine.

DES LIEUX desservis.	DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	FRAIS PAR TONNEAU																											
		pour tout le trajet.	par myria- mè- tre.																										
	HALAGE ORDINAIRE : le halage sur la Basse-Seine se fait au moyen de chevaux que les cultivateurs riverains mettent à la disposition des mariniers selon leur besoin; chaque cheval compris le charretier revient à environ à 1 fr. 75 c. par lieue (1). 8 chevaux (ou 4 courbes) remontent communément en quinze jours de Rouen à Paris, un bateau <i>nor- mand</i> , dit Besogne, chargé de 250 ton.	10 »	0,417																										
<i>Frais de cette remonte ou par voyage.</i>																													
ROUEN et PARIS.	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="text-align: right; font-weight: bold;">fr.</td> </tr> <tr> <td>1 contre-maître</td> <td style="text-align: right;">80 »</td> </tr> <tr> <td>pilote</td> <td style="text-align: right;">38 »</td> </tr> <tr> <td>4 mariniers à 40 fr.</td> <td style="text-align: right;">160 »</td> </tr> <tr> <td>1 aide-marinier nourri</td> <td style="text-align: right;">45 »</td> </tr> <tr> <td>8 chevaux, compris les charretiers . . .</td> <td style="text-align: right;">840 »</td> </tr> <tr> <td>chevaux de renfort 1/5 en sus . . .</td> <td style="text-align: right;">168 »</td> </tr> <tr> <td>Droit de navigation, d'attache, etc.</td> <td style="text-align: right;">300 »</td> </tr> <tr> <td>Dépérissage et entretien de l'équipage 1/5 de sa valeur, à raison de 6 voyages par an .</td> <td style="text-align: right;">600 »</td> </tr> <tr> <td>Intérêt du capital à 5 p. 0/0</td> <td style="text-align: right;">150 »</td> </tr> <tr> <td>Impôts et frais divers</td> <td style="text-align: right;">119 »</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right; border-top: 1px solid black;">TOTAL</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right; border-top: 1px solid black;">2,500 »</td></tr> </table>		fr.	1 contre-maître	80 »	pilote	38 »	4 mariniers à 40 fr.	160 »	1 aide-marinier nourri	45 »	8 chevaux, compris les charretiers . . .	840 »	chevaux de renfort 1/5 en sus . . .	168 »	Droit de navigation, d'attache, etc.	300 »	Dépérissage et entretien de l'équipage 1/5 de sa valeur, à raison de 6 voyages par an .	600 »	Intérêt du capital à 5 p. 0/0	150 »	Impôts et frais divers	119 »	TOTAL		2,500 »			
	fr.																												
1 contre-maître	80 »																												
pilote	38 »																												
4 mariniers à 40 fr.	160 »																												
1 aide-marinier nourri	45 »																												
8 chevaux, compris les charretiers . . .	840 »																												
chevaux de renfort 1/5 en sus . . .	168 »																												
Droit de navigation, d'attache, etc.	300 »																												
Dépérissage et entretien de l'équipage 1/5 de sa valeur, à raison de 6 voyages par an .	600 »																												
Intérêt du capital à 5 p. 0/0	150 »																												
Impôts et frais divers	119 »																												
TOTAL																													
2,500 »																													

(1) En terme de rivière la distance de Rouen à Paris est divisée en seize *racques*; chaque *courbe* qui se compose de 2 chevaux revient de 12 à 14 francs par *racque* compris le salaire du charretier.

Montant des frais de transport sur la Seine.

DES LIEUX desservis.	DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	DÉSIGNATION		FRAIS PAR TONNEAU																																																			
		pour tout le trajet.	par myria- mè- tre.																																																				
ROUEN et PARIS.	<p>TOUREURS A VAPEUR de la force de 24 chevaux, de bateaux de charge du port de 300 tonneaux et de chaînes occupant la distance de Rouen à Paris.</p> <p>Chaque toueur de cette force pourra remonter à-la-fois, sur la Basse-Seine, une charge moyenne de 470 tonneaux, répartie dans 4 bateaux, avec une vitesse moyenne de 3,00 mètres à l'heure; si l'on admet de naviguer annuellement que pendant huit mois et ne faire pendant ce temps que 20 voyages de Rouen à Paris, avec 12 toueurs à vapeur de 24 chevaux et 60 bateaux de charge on pourra transporter annuellement de Rouen à Paris en montant..... 160,000 ton. et en descendant environ 60,000 } 8,18 0,34</p> <p>Total des effets annuels..... 220,000 ton.</p> <p><i>Frais de ce service.</i></p> <p>Dépenses par an, d'un toueur de 24 chevaux, avec machines à vapeur à expansion, employé sur la Seine de Rouen à Paris, faisant chaque voyage complet en 108 heures de marche, ou en neuf jours, savoir 72 heures pour monter et 36 heures pour descendre.</p> <table> <tbody> <tr> <td>3,240 hectolitres houille à 4 fr. 25 c. (1).....</td> <td>13,770</td> <td>fr. c.</td> </tr> <tr> <td>1 chef d'équipage.....</td> <td>2,400</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>1 second faisant les fonctions de pilote.....</td> <td>1,800</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>4 mariniers à 1200 fr.</td> <td>4,800</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>1 mousse.....</td> <td>800</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>3 chauffeurs dont un mécanicien.....</td> <td>5,400</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Entretien et dépérissement du toueur 1/5 de sa valeur</td> <td>20,000</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>TOTAL.....</td> <td>48,970</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Pour 12 toueurs.....</td> <td>587,640</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>60 patrons conducteurs des bateaux de charge à 1,500 fr.</td> <td>90,000</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>60 mariniers pour les bateaux de charge à 1,200 fr.</td> <td>72,000</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Droits de navigation, d'attache, etc.....</td> <td>300,000</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Entretien et dépérissement des bateaux de charge 1/5 de leur valeur.....</td> <td>240,000</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Entretien et dépérissement des chaînes et des points d'appui 1/5 de leur valeur.....</td> <td>145,666</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Intérêt du capital à 5 p. o/o</td> <td>250,000</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Gestion, impôts et frais divers.....</td> <td>114,694</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>Total des dépenses annuelles de ce service. 1,800,000</td> <td>fr. c.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	3,240 hectolitres houille à 4 fr. 25 c. (1).....	13,770	fr. c.	1 chef d'équipage.....	2,400	"	1 second faisant les fonctions de pilote.....	1,800	"	4 mariniers à 1200 fr.	4,800	"	1 mousse.....	800	"	3 chauffeurs dont un mécanicien.....	5,400	"	Entretien et dépérissement du toueur 1/5 de sa valeur	20,000	"	TOTAL.....	48,970	"	Pour 12 toueurs.....	587,640	"	60 patrons conducteurs des bateaux de charge à 1,500 fr.	90,000	"	60 mariniers pour les bateaux de charge à 1,200 fr.	72,000	"	Droits de navigation, d'attache, etc.....	300,000	"	Entretien et dépérissement des bateaux de charge 1/5 de leur valeur.....	240,000	"	Entretien et dépérissement des chaînes et des points d'appui 1/5 de leur valeur.....	145,666	"	Intérêt du capital à 5 p. o/o	250,000	"	Gestion, impôts et frais divers.....	114,694	"	Total des dépenses annuelles de ce service. 1,800,000	fr. c.		Francs.	Francs.	
3,240 hectolitres houille à 4 fr. 25 c. (1).....	13,770	fr. c.																																																					
1 chef d'équipage.....	2,400	"																																																					
1 second faisant les fonctions de pilote.....	1,800	"																																																					
4 mariniers à 1200 fr.	4,800	"																																																					
1 mousse.....	800	"																																																					
3 chauffeurs dont un mécanicien.....	5,400	"																																																					
Entretien et dépérissement du toueur 1/5 de sa valeur	20,000	"																																																					
TOTAL.....	48,970	"																																																					
Pour 12 toueurs.....	587,640	"																																																					
60 patrons conducteurs des bateaux de charge à 1,500 fr.	90,000	"																																																					
60 mariniers pour les bateaux de charge à 1,200 fr.	72,000	"																																																					
Droits de navigation, d'attache, etc.....	300,000	"																																																					
Entretien et dépérissement des bateaux de charge 1/5 de leur valeur.....	240,000	"																																																					
Entretien et dépérissement des chaînes et des points d'appui 1/5 de leur valeur.....	145,666	"																																																					
Intérêt du capital à 5 p. o/o	250,000	"																																																					
Gestion, impôts et frais divers.....	114,694	"																																																					
Total des dépenses annuelles de ce service. 1,800,000	fr. c.																																																						

(1) A raison de 162 hectolitres, par voyage complet, allée et retour.

Montant des frais de transport sur le RHÔNE.

DES LIEUX desservis.	DÉSIGNATION DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet.	par myria- mè- tre.
	HALAGE : le halage sur le Rhône se fait au moyen de très forts chevaux qu'on attelle deux à deux et qu'on réunit ensuite par quatre ; alors on les nomme <i>couple</i> . Les équipages de Provence se composent ordinairement de 8 à 10 couples, on en voit souvent de 12 et quelquefois même de 15 couples ; un charretier suffit pour conduire une couple ; les équipages dits de Provence sont ceux exclusivement employés à la remonte à partir d'Arles.		
	Un équipage de Provence de 32 chevaux, ou de 8 couples, remonte à-la-fois, charge moyenne 250 tonneaux, répartie dans 4 ou 6 bateaux, selon la hauteur des eaux et les dimensions des bateaux ; il fait au plus 9 voyages par an, prenant son chargement tantôt à Avignon, Beaucaire et Arles, et remonte par an, de Beaucaire à Lyon, terme moyen.....	40,56	1,53
ARLES,	<i>Frais annuels d'un équipage de 8 couples faisant le service de Provence.</i>		
BEAUCAIRE,	Nourriture de 32 chevaux à 3 fr. chaque, par jour (1).....	35,040	"
AVIGNON	Nourriture de 8 charretiers à l'auberge, à 2 fr. 25 c. chaque, par jour.....	6,570	"
et	Dîner des 8 charretiers, au bateau, à 75 c.....	2,190	"
LYON.	Nourriture du maréchal et de son aide, à l'auberge.	810	"
	Dîners des mêmes au bateau	547	"
	Nourriture de 12 mariniers à 1 fr. 25 c. chacun, par jour.....	5,475	"
	Gage d'un chef patron.....	1,800	"
	" d'un second	1,200	"
	" de 10 mariniers à 540 fr.....	5,400	"
	" de 2 mousses à 270 fr.....	540	"
	" du maréchal	864	"
	" de l'aide-maréchal	432	"
	" 8 charretiers à 540 fr.	4,320	"
	Entretien des cordes	8,000	"
	" des bateaux et agrès	2,400	"
	" et pertes de chevaux	5,000	"
	Intérêt du prix de l'équipage	2,000	"
	Droits de navigation, pour 45 bateaux	5,175	"
	Loyer, impôts et menus frais	3,500	"
	TOTAL.....	91,263	"

(1) Ces chevaux sont nourris à discrédition.

Montant des frais de transport sur le RHÔNE.

DES LIEUX desservis.	DÉSIGNATION DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet.	par myria- mè- tre.
	HALAGE : le halage de Givors à Lyon est fait par des maîtres d'équipages qui demeurent à Grigny et Vernaison ; leurs chevaux d'après cela couchent peu à l'auberge, ce qui procure beaucoup d'économie; en outre le Rhône étant moins rapide dans cette partie, que plus bas on y peut remonter de plus fortes charges avec moins de puissance.		
	Un équipage de 28 chevaux, faisant habituellement le service de Givors à Lyon, remonte à-la-fois, terme moyen, 300 tonneaux répartis dans 4 à 6 bateaux, selon la hauteur des eaux : il peut conduire à Lyon, soit au port de la quarantaine ou aux divers ports sur le Rhône, année commune 400 bateaux, ou 24,000 ton.		
GIVORS et LYON.	<i>Minimum des frais annuels d'un équipage de 28 chevaux faisant le service de Givors.</i>	(1) 2,09	1,04
	Nourriture de 28 chevaux à 2 fr. 25 c. chacun, par jour. 22,995 » » de 14 mariniers et charretiers à 1 fr. 20 c. 6,052 » Gage d'un chef patron. 1,500 » d'un second 1,000 » de 4 mariniers à 500 fr. 2,000 » d'un mousse 200 » de 7 charretiers à 500 fr. 3,500 » Entretien des cordes 6,000 » » et perte de chevaux 4,000 » Intérêt du capital à 5 p. o/o. 1,500 » Loyer, impôts et menus frais 1,500 »		
	TOTAL 50,247 »		

(1) Les prix que paie le commerce pour la remonte de la houille de Givors à Lyon, par le Rhône, varie entre 14 et 22 centimes l'hectolitre, le prix moyen est de 18 centimes ou de 2 fr. 25 c. le tonneau.

Montant des frais de transport sur le RHÔNE.

DES LIEUX desservis.	DÉSIGNATION DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet.	par myria- mè- tre.
LYON à ARLES.	AU MOYEN DU COURANT: la descente sur le Rhône se fait au moyen de bateaux dits barques, cizelandes et pennelles; portant selon la hauteur des eaux 50 à 70 tonneaux.	Francs.	Francs.
	Les frais de descente par bateau se composent ordinairement du salaire d'un patron et de 5 marins.	300 fr.	
	Droit de navigation jusqu'à Arles	89	
	Loyer, avaries et perte sur le bateau et les agrès.	111	
	Remonte du bateau.	200	
Givors à ARLES.	TOTAL	700 fr.	
	Pour les bateaux sortant du canal de Givors, ces frais sont de 100 fr. de moins par bateau.		10
	A l'exception des droits de navigation, les frais ci-dessus sont les mêmes pour les bateaux qui s'arrêtent à Avignon et Beaucaire.		0,384

Montant des frais de transport sur le RHÔNE.

DES LIEUX desservis.	DÉSIGNATION DES MOYENS DE TRANSPORT ET DÉTAIL DES EFFETS ET DES DÉPENSES.	FRAIS PAR TONNEAU	
		pour tout le trajet.	par myria- mè- tre.
	<p>TOUEURS À VAPEUR, de la force de 30 chevaux, de barques de charge, et de chaînes occupant toute la distance d'Arles à Lyon.</p> <p>Chaque toueur de cette force pourra remonter à-la-fois sur le Rhône, une charge de 328 tonneaux répartie dans 5 bateaux avec une vitesse moyenne de 2,160 mètres à l'heure; si l'on admet ne naviguer annuellement que pendant 8 mois, et ne faire pendant ce temps que 16 voyages de Provence; avec 18 toueurs à vapeur, de 30 chevaux et 50 barques de charge on pourra transporter, année commune, d'Arles à Lyon, en remontant, env. 95,000 ton.</p>	21,05	0,80
<i>Frais annuels de ce service.</i>			
ARLES,	Dépenses par an, d'un toueur de 30 chevaux avec machine à vapeur à expansion, employé sur le Rhône d'Arles à Lyon, faisant chaque voyage complet en 160 heures de marche ou en 12 à 14 jours, savoir 130 heures pour monter et 30 heures pour descendre 4,320 hectolitres houille à 1 fr. 75 c. (1)...	7,560	"
	1 chef patron	2,400	"
	1 second	1,800	"
BEAUCAIRE ,	8 mariniers à 800 fr.	6,400	"
	1 mousse	400	"
AVIGNON	3 chauffeurs dont 1 mécanicien	5,400	"
et	Nourriture de 13 hommes à 1 fr. 25 c. chaque, par jour	5,475	"
LYON.	Entretien et dépérissement du toueur 1/5 de sa valeur	20,000	"
	<i>TOTAL</i>	49,435	"
	Pour 18 toueurs	889,830	"
	50 patrons, conducteurs des barques de charge, à 1,500 fr.	75,000	"
	50 mariniers, à demeure dans les barques, à 800 fr.	40,000	"
	Nourriture des 100 hommes ci-dessus, à 1 franc 50 c. chaque, par jour	54,700	"
	Droit de navigation et de pilote	230,900	"
	Entretien et dépérissement des barques de charge et de menues embarcations 1/3 de leur valeur	75,000	"
	Entretien et dépérissement des chaînes 1/15 de la valeur	198,000	"
	Intérêt du capital à 5 p. o/o	300,000	"
	Gestion, impôts et frais divers	137,470	"
	<i>TOTAL</i>	2,000,000	fr.

(1) A raison de 270 hectolitres par voyage complet, allée et retour.

*Montant des frais de transport sur divers canaux et rivières, d'après
M. GAUTHHEY. (1)*

DÉSIGNATION DES LIEUX ET DÉTAILS DES FRAIS.	FRAIS PAR TONNEAU		PRIX courant du tonneau par myriam.	
	pour tout le trajet.			
	Francs.	Francs.		
<i>GARONNE, de Toulouse à Bordeaux, 28 myriamètres.</i>				
Descente par des eaux favorables	20	0,71	0,71	
par des eaux basses	30	1,07	1,07	
Remonte, halage par des hommes	35 à 56	1,25 à 2,00	1,25 à 2,00	
<i>Saône de Lyon à Châlons, 13,5 myriamètres.</i>				
Bateaux de 50 à 70 et jusqu'à 90 tonneaux.				
Remonte	6,60	0,33	0,71	
Descente	2,60	0,20	0,46	
Remonte, marchandises emballées	"	"	1,48	
<i>Yonne et Seine, d'Auxerre à Paris, 21,5 myriamètres.</i>				
Bateaux de 40 à 50 tonneaux, vins	36	0,60	1,67	
Bateaux de 40 à 50 tonneaux dans les eaux basses de 12 à 15.				
<i>Loire, de Digoin à Briare, 20 myriamètres.</i>				
On met en descendant de 3 à 6 jours, à la rame et à la voile, quelquefois 15 jours, et 8 à 10 hommes pour haler.				
En remontant de 6 à 7 jours, par un bon vent, 20 à 25 jours par le halage.				
Descente en mauvais temps	16	0,80	0,80	
en bon temps	8	0,40	0,40	
Remonte en mauvais temps	21	1,05	1,05	
en bon temps	10	0,50	0,50	
<i>De Digoin à Nantes, 64 myriamètres.</i>				
Bois de marine	15	0,25	0,25	
<i>De Nantes à Digoin, sel.</i>	56,25	0,85	0,85	
<i>De Digoin à Briare, 20 myriamètres.</i>				
Vins	8,20	0,41	0,40	
<i>De Digoin à Orléans, 27,5 myriamètres.</i>				
Fers	16	0,58	0,58	
Bois de marine	3,33	0,12	0,12	
Blés	30	0,10	1,10	
<i>D'Orléans à Digoin, épiceries</i>	50 à 60	1,80 à 2,20	1,80 à 2,20	
<i>D'Orléans à Rouanne, 34 myriamètres.</i>				
Blés	68	2,00	2,10	
<i>Canaux de Briare et de Loing, 10,8 myriamètres.</i>				
Bateau de 40 tonneaux environ, halé par deux hommes en 6 à 8 jours.				
3 mariniers pour 6 à 8 jours	60 fr. c.			
2 haleurs	24			
Entretien et dépérissement du bateau	60	404 fr.	10	
Péage pour le vin, 6 fr. 50 c. le tonneau	260	"	0,92	
<i>Canal du LANGUEDOC, 24 myriamètres.</i>				
Bateau de 100 tonneaux, halé par deux chevaux.				
Chevaux pour 7 jours, à 6 fr.	42 fr. c.			
1 patron et 2 mariniers, à 4 fr. 50 c.	94 50			
Entretien et dépérissement du bateau	56	2,112 fr. 50 c.	21,12	
Péage, 19 fr. 20 c. le tonneau	1920	"	0,88	
			1,00 à 1,05	

(1) *Traité des ponts et des canaux de navigation*, 3^e vol., 1818.

PRIX COURANT du roulage de Paris à diverses villes.

NOMS DES VILLES DESSERVIES.	PRIX des 1000 KILOGRAMMES		NOMS DES VILLES DESSERVIES.	PRIX des 1000 KILOGRAMMES	
	pour toute la distance.	par myriamètre.		pour toute la distance.	par myriamètre.
AMIENS	35	2,80	LILLE	50	2,13
ANVERS	100	2,98	LORIENT	140	2,85
BALE	170	3,72	LYON	140	3,01
BAYONNE	220	2,68	MARSEILLE	180	2,22
BESANCON	130	3,33	METZ	80	2,65
BORDEAUX	120	2,42	MONTPELLIER	180	2,29
BREST	200	3,42	NANCY	90	2,72
BRUXELLES	80	2,46	NANTES	90	2,31
CAEN	50	2,06	ORLEANS	26	2,04
CALAIS	100	3,71	REIMS	45	3,06
CHALONS (Sur Saône)	120	3,65	RENNES	100	2,87
CHALONS (Sur-Marne)	55	3,35	ROCHEFORT	110	2,29
CHERBOURG	90	2,59	ROCHELLE (La)	120	2,45
CLERMONT	120	3,14	ROUEN	30	2,19
DIEPPE	60	3,48	SAINTE-MALO	160	4,45
DUNKERQUE	90	3,39	STRASBOURG	140	3,03
GAND	90	3,17	TOULON	200	2,32
HAVRE (de Grâce)	45	2,21	TROYES	50	3,29

Paris recevant beaucoup plus de marchandises qu'il n'en expédie et les prix de transport étant toujours en raison de la quantité de marchandises à voiturer, il résulte que les prix du roulage de Paris à divers lieux doivent être moins que pour les marchandises destinées pour cette ville. Par exemple les transports du Havre à Paris sont beaucoup plus considérables que pour le retour, les prix moyens du roulage sont de 70 fr., tandis que de Paris au Havre ils ne sont que de 45 francs. Aussi quoique le prix moyen qui résulte de ce tableau soit de 2 fr. 87 c. le tonneau par myriamètre, il n'en faut pas moins considérer le prix moyen du roulage en France de 3 fr. 50 c.

Si l'on évalue les bénéfices des rouliers et des commissionnaires-chARGEURS à 25 p. 100, y compris les frais de courtage, de camionage et autres, les frais de roulage en France reviendraient donc à 2 fr. 63 c. le tonneau, terme moyen, par myriamètre.

CHAPITRE X.

Expression géométrique des lois du mouvement des bateaux à vapeur.

Afin de rendre plus sensibles les lois du mouvement des bateaux, nous avons cru devoir les représenter par des courbes dont les abscisses et les ordonnées expriment les deux éléments variables que l'on considère dans chaque cas. Ce moyen facilitera d'ailleurs et abrégera considérablement les calculs auxquels chacun devrait se livrer pour la solution des questions relatives aux bateaux à vapeur, dont les formules sont encore assez compliquées, lorsqu'on veut tenir compte de tous les éléments principaux.

Perte d'effet due aux roues à aubes.

(Première loi.)

1° Une connaissance préliminaire indispensable est celle de la perte de force motrice qui résulte de l'emploi des roues à aubes, et qui dépend du rapport de la surface résistante de ces aubes avec celles du navire. La fig. 1^e, pl. 8, est destinée à montrer comment la perte de force s'accroît à mesure qu'on diminue l'aire des aubes, et comme elle décroît dans le cas contraire. Les lignes horizontales ou abscisses, 0, 0,1; 0, 0,2; 0, 0,3, etc., indiquent en dixièmes le rapport de l'aire des aubes à la partie plongée de la section horizontale des bateaux. Les verticales correspondantes ou ordonnées représentent la force totale employée, dont les parties perdues sont représentées respectivement par les hauteurs comprises entre la courbe et l'horizontale *ab*.

Dans la plupart des bateaux en activité, la proportion des aubes est de 10 à 25 centièmes de la section; il en résulte que la force perdue est égale

à la force utilisée ou tout au moins aux deux tiers. En agrandissant les aubes jusqu'à égaler la moitié de la section du navire, la perte est encore de 0,45, ou près de la moitié de la force utilisée.

La courbe n° 1 est une hyperbole du 3^e degré qui s'approche toujours de la ligne *ab* sans pouvoir la rencontrer : il s'ensuit que, quelle que soit la grandeur des aubes, il y aura toujours une perte de force, et qu'il faudrait que ces aubes fussent infinies pour que toute la force motrice fût utilisée.

La courbe a aussi pour asymptote l'axe 0 — 10, de sorte que la perte de force s'accroît excessivement à mesure qu'on diminue de plus en plus l'aire des aubes.

Mouvement d'un bateau à vapeur.

(Deuxième loi.)

Quelle est la puissance motrice correspondante à une vitesse donnée, pour un navire naviguant en eau calme, et faisant un trajet d'une durée constante ?

Un premier cas a lieu, en employant le même navire et en ne faisant varier que son tirant d'eau, en raison de la surcharge due au poids de la machine et du combustible.

La fig. 2, courbe n° 2, représente ce cas pour un navire de 300 tonneaux, chargé de combustible pour un voyage de 11 jours; on voit que, pour obtenir les vitesses 0, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 15, la puissance passera successivement de 0 à 100, 200 chevaux, etc., et qu'au-delà, elle croît si rapidement, que le navire ne pourrait plus même porter la machine.

Cette courbe, qui est du 4^e degré, a une asymptote verticale correspondant à 20, 8. C'est donc là une limite qu'on ne peut atteindre, puisque la puissance y deviendrait infinie; mais avant ce terme, la machine et son approvisionnement rempliraient le navire, de sorte qu'il y a une limite, déterminée par cette circonstance, bien plus rapprochée, et qui correspond à la vitesse entre 17 et 18.

S'il ne s'agissait que de parcourir de petites distances pour lesquelles l'approvisionnement de combustible pourrait être considéré, ainsi que le poids des machines, comme variant fort peu relativement au tonnage total,

l'accroissement de la force motrice suivrait une autre loi d'accroissement très rapide encore, mais moins toutefois que dans le cas précédent. On a cru inutile de figurer cette courbe qui est une parabole cubique, dont il n'aurait fallu faire usage que pour des vitesses modérées, c'est-à-dire, de 0 à 15 au plus, parce que l'erreur irait en croissant de plus en plus dans les grandes vitesses, à cause qu'on y néglige la résistance provenant du poids de la machine; mais on peut s'en faire une idée par la courbe n° 7, dont il sera question plus loin, et qui s'applique à un navire dont le tirant d'eau reste le même.

(Troisième loi.)

Un second cas que nous avons à considérer est celui où, au lieu d'employer un même navire, on emploie successivement des navires de plus en plus grands, pour proportionner leur tonnage au poids de la machine motrice, qui doit imprimer de plus grandes vitesses. La courbe n° 3, fig. 2, représente alors les valeurs successives de la force motrice, qui donnent les vitesses correspondantes 0, 10, 15, 20, etc., et la courbe n° 4, celles du tonnage total des navires. Ces deux courbes sont des paraboles du 3^e degré, dont l'élévation est par conséquent très rapide: on voit par exemple que pour obtenir la vitesse 17 kilomètres, il ne faudrait pas moins qu'une machine de 370 chevaux, et un tonnage de 1540 tonneaux. Lorsqu'au contraire la vitesse diminue, la force et le tonnage décroissent rapidement, parce que les navires diminuant de grandeur en proportion présentent beaucoup moins de résistance. Aussi, les courbes n° 3 et n° 4 passent-elles alors au-dessous de la courbe n° 2, comme on le voit dans la figure.

Courbes n° 5 et n° 6. Pl. 8, fig. 3.

(Quatrième loi.)

Quelle est la force motrice pour mouvoir avec une vitesse donnée un navire chargé de combustible suivant la longueur des trajets à faire?

Le navire de 300 tonneaux est supposé mu avec une vitesse de 15 kilomètres. Les abscisses 0, 1; 0, 2; 0, 3, etc., représentent les longueurs du

trajet à parcourir exprimées en centaines de myriamètres; les ordonnées de la courbe n° 5 représentent la force motrice en chevaux, et celles de la courbe n° 6 donnent le poids de la machine et du combustible: l'intervalle entre les deux courbes montre l'accroissement de l'approvisionnement de ce dernier, pour les mêmes trajets respectifs.

Les deux courbes sont deux hyperboles équilatères, qui ont toutes deux pour asymptote la verticale correspondant à 14. C'est donc là la limite théorique de la longueur du trajet possible; mais, avant ce terme, le navire de 500 tonneaux serait rempli par son appareil seul, de sorte que la limite réelle se trouve vers l'abscisse 0-4 (ou 400 myriamètres), qui correspond à-peu-près au tonnage 500.

Courbes n° 7 et n° 8. Pl. 8, fig. 4.

(Cinquième loi.)

Un bateau à vapeur étant supposé entièrement chargé de sa machine et du combustible, quelle est la force motrice et la longueur des trajets qu'il pourra faire avec diverses vitesses?

Les abscisses, fig. 4, représentent les vitesses successives d'un navire de 500 tonneaux; les ordonnées de la courbe n° 7 représentent la force motrice correspondante pour les obtenir, et celles de la courbe n° 8 représentent en dizaines de myriamètres la longueur des trajets que le navire pourrait parcourir dans les mêmes circonstances, sans nouvel approvisionnement de combustible.

La courbe n° 7 est une parabole cubique, analogue à celle dont il a été question, n° 3 et n° 4; mais plus exacte, puisque le tirant d'eau du navire est ici constant. La courbe n° 8 est une hyperbole cubique qui a pour asymptote l'axe vertical 0, 800; elle coupe l'axe horizontal en 21,7, de sorte qu'en ce point, le trajet qu'il peut faire se réduit à rien, tout le tonnage du navire étant pris par la machine, et ne laissant rien pour le combustible. Tandis qu'au contraire, en diminuant la vitesse et la force motrice, on arrive à pouvoir faire des trajets aussi étendus que l'on veut. Avec une vitesse de 10 kil., par exemple, et une machine de 49 chevaux, le trajet pourrait s'étendre jusqu'à 1840 myriamètres; avec une vitesse encore moitié moindre et une machine de 6 chevaux, il serait de 8,060.

Mouvement des bateaux contre des courants.

Courbes n° 9 et n° 10. Pl. 8, fig. 5.

(Sixième loi.)

Quelle est la force motrice et la consommation de combustible pour mouvoir avec diverses vitesses un bateau ou un remorqueur contre un courant donné ?

Les abscisses, fig. 5, représentent les vitesses successives que l'on veut obtenir ; le courant à remonter est supposé de 4 kilomètres à l'heure, et les bateaux remorqueurs et remorqués, présentent 25 mètres de section. Les ordonnées de la courbe n° 9 représentent la force motrice correspondante : on voit que la force motrice décroît encore à mesure que la vitesse diminue, mais toutefois sans pouvoir devenir nulle, même pour une vitesse nulle, au contraire de ce qui a lieu pour le cas précédent ou la courbe n° 7.

Les ordonnées de la courbe n° 10 représentent la consommation du combustible correspondant aux diverses vitesses, pour un trajet donné de 100 myriamètres. Cette courbe du 3^e degré a pour asymptote l'axe vertical o_1 900 ; de sorte que la consommation de combustible, infinie pour la vitesse 0, décroît successivement et rapidement à mesure que cette vitesse augmente jusqu'à un certain degré (2 kilom.), et au-delà de ce point elle recommence à croître sans interruption pour toutes les vitesses suivantes. Il en résulte qu'il y a un degré où cette consommation est la moindre possible, et ce point correspond à la vitesse 2, c'est-à-dire à une vitesse précisément égale à la moitié de la vitesse du courant.

Les ordonnées de la courbe n° 9 représentent la force motrice d'un bateau ou remorqueur, marchant avec une vitesse constante de 4 kilomètres, contre un courant dont les vitesses variables seraient représentées respectivement par les abscisses ; mais c'est une autre courbe que le n° 10 qui exprimerait dans ce cas la consommation du combustible, qui est alors constamment croissante avec les vitesses du courant. On peut s'en faire une idée par la courbe n° 12, qui représente le même objet pour un toueur, mais que, dans ce cas-ci, il faudrait supposer relevée, au point qu'elle passe par le point a . C'est au reste une parabole ordinaire.

Courbes n° 11 et n° 12. Pl. 8, fig. 5.

(Septième loi.)

Quelle est la force motrice et la consommation de combustible pour mouvoir un toueur avec diverses vitesses, contre un courant donné?

Les abscisses, fig. 5, représentent toujours les vitesses successives : les ordonnées de la courbe n° 11 exprimeront la force motrice correspondante, et celles de la courbe n° 12, la consommation de combustible ; le trajet étant supposé de 100 myriamètres pour un toueur dont la section serait de 25^m (y compris les bateaux toués).

La courbe n° 11 est une parabole cubique, qui se tient toujours plus bas que la courbe n° 9, de sorte que la force motrice d'un toueur sera toujours plus petite que celle d'un remorqueur, et d'autant moindre que la vitesse sera plus petite.

La consommation de combustible du toueur, désignée par la courbe n° 12, se trouve dans le même cas, mais avec un avantage encore plus marqué, puisque les deux courbes 10 et 12 s'écartent considérablement vers leurs deux extrémités ; celle du toueur même va toujours en diminuant jusqu'à la vitesse 0, tandis que celle du remorqueur reste toujours au-dessus, et recommence à croître rapidement pour la vitesse au-dessous de 2, au point même de devenir infinie à la vitesse 0.

Courbes n° 13 et n° 14. Pl. 8, fig. 6.

(Huitième loi.)

Quelle est la force motrice nécessaire à un toueur et à un remorqueur pour marcher de conserve dans des courants de vitesses croissantes?

Les abscisses positives, ou à la droite de 0, indiquent les vitesses du courant à remonter ; les abscisses négatives, ou à la gauche, indiquent celles du courant à descendre. Les ordonnées de la courbe n° 13 représentent la force motrice correspondante du toueur, et celles de la courbe n° 14 la force du remorqueur, l'un et l'autre supposés toujours de 25^m de section, et devant marcher avec une vitesse de 4 kilomètres.

On voit qu'à partir de o , la courbe n° 14 s'écarte considérablement de l'axe o , 13, tandis que la courbe n° 13, va très peu en s'élevant: cela dénote l'avantage proportionnel des toueurs sur les remorqueurs, avantage d'autant plus grand, que les courans à surmonter sont plus rapides; mais à gauche de o , ou pour la descente des courans, les deux courbes se confondent presque, et cet avantage se perd. La courbe n° 14 passera même au-dessous de celle n° 13, entre le point—1 et—2, de sorte qu'alors il devient plus avantageux de se servir d'un remorqueur, que d'un toueur.

Les courbes n° 13 et 14 sont deux paraboles, l'une du 2^e degré, l'autre du 3^e, et ayant la même origine en —4.

Pour la vitesse du courant = 13, par exemple, la force du toueur est de 104 chevaux, tandis que celle du remorqueur devrait être de 740.

Courbes n° 15, 16 et 17. Pl. 8, fig. 7.

(Neuvième loi.)

Etant donné un toueur d'une force motrice constante, quelle est la vitesse qu'il prendra contre des courans variables, et quelle sera la force motrice nécessaire à un remorqueur dans les mêmes circonstances ?

La vitesse du courant à remonter ou à descendre est représentée par les abscisses à droite et à gauche de o .

La force motrice constante du toueur est égale à 30 chevaux, et représentée par les ordonnées égales de la ligne n° 16.

La vitesse des bateaux est représentée par les ordonnées de la courbe n° 15; elle diminue à mesure que la vitesse du courant à remonter augmente, et elle s'accroît au contraire à mesure que la vitesse du courant à descendre augmente aussi.

Cette courbe est une hyperbole du 3^e degré qui a pour asymptote l'axe o —20; ainsi, la vitesse ne peut jamais devenir nulle ni négative quelle que soit la vitesse du courant, ou en d'autres termes, un toueur d'une force donnée pourra toujours remonter toute espèce de courans, quelque ra-

pides qu'ils soient, tandis que cela ne saurait avoir lieu pour les remorqueurs.⁽¹⁾

La force motrice de ces derniers est représentée par les ordonnées de la courbe n° 17; on voit qu'elle s'élève rapidement à partir de 0, et qu'à 10,9 kilomètres, elle est de 322 chevaux, et à 20 kilomètres, elle est de 1280 chevaux. Mais au-dessous de 0, c'est-à-dire pour la descente, la courbe se rapproche au contraire de la ligne n° 16 et la croise même lorsque la vitesse est 3; ce qui indique qu'à ce point le toueur perd ses avantages sur le remorqueur, et qu'au-delà, il vaut mieux employer le dernier que le premier. La courbe qui est du 5^e degré, a pour asymptote l'axe 0—6,7, de sorte que la force motrice du remorqueur s'abaisse de plus en plus au-dessous de celle du toueur, sans pouvoir toutefois devenir nulle, quelle que soit la vitesse du courant à descendre.

Comme les vitesses des deux systèmes de bateaux sont égales par hypothèse, la consommation de chacun en combustible pour un même trajet sera proportionnelle à leur force motrice, et elle sera aussi en conséquence représentée par les lignes n° 16 et 17.

(1) La courbe a un autre asymptote incliné à 45°; ainsi, à mesure que la vitesse du courant descendant augmente, la vitesse du bateau s'en rapproche successivement, mais sans pouvoir lui devenir rigoureusement égale; de sorte que le toueur produit toujours un effet quelconque pour accélérer la descente.

substituée au fumier dans le chauffage et l'assainissement des toilettes, par un système de pompage et d'évacuation qui a été adopté dans les

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Disposition générale du mécanisme et des emménagemens d'un bateau à vapeur anglais de 100 tonneaux, et partie d'un appareil à vapeur pour bateau.

FIGURE 1^{re}. Coupe longitudinale d'un bateau à vapeur.

2. Plan et coupe horizontale faite au-dessous du pont.

3. Coupe transversale.

A, Chaudières ayant des conduits intérieurs qui font plusieurs circonvolutions sous la surface de l'eau avant de transmettre la fumée à la cheminée.

B, Cheminée formée d'une série de tuyaux de tôle, enchaissés l'un dans l'autre et réunis par des rivets.

C, Conduits de la vapeur.

D,D, Cylindres à vapeur.

E,E, Pompes à air et à eau chaude.

F, Balanciers transmettant le mouvement aux roues à aubes, aux pompes à air, aux pompes alimentaires et à la pompe d'eau froide.

G,G, Manivelle de l'arbre des roues à aubes.

H, Tige du régulateur transmettant le mouvement aux soupapes à vapeur, au moyen d'un excentrique adapté à l'arbre des roues à aubes.

I, Boîte à vapeur.

K, Montans du bâts qui porte et réunit les principales pièces du mécanisme.

L, L, Emplacement où se tiennent les chauffeurs, et dans lequel ils descendent par une échelle en fer placée sous une trappe ou écoutille munie de grillages qui laissent arriver l'air pour l'entretien de la combustion.

M, M, Magasin de charbon.

N, N, Roues à aubes et soufflages.

O, Salon des dames.

P, Première cabine décorée, placée à l'arrière et chauffée par un poêle dont la cheminée traverse le pont.

Q, Seconde cabine placée à l'avant, moins décorée que la première, ayant, ainsi que celle-ci, une écoutille vitrée, outre les croisées latérales P et Q.

R, Cuisine.

S, Salle à manger.

T, T, Salles de rafraîchissemens pour les passagers de la seconde cabine.

V, Gouvernail.

X, X, Magasins pour les combustibles de réserve.

Y, Y, Emplacemens pour les matelots.

Les plus petits bateaux à vapeur et ceux au-dessus sont généralement disposés de cette manière, sauf les différences provenant de la nature de leur destination ; quand ils sont destinés à des voyages de mer une grande partie de l'espace intérieur est occupée par des chambres et des lits pour les voyageurs.

FIGURE 4. Élévation et coupe longitudinale de chaudières à vapeur pour bateau.

FIGURE 5. Plan et coupe horizontale des mêmes.

A, Chaudières.

B, Cheminée.

C, Conduit de la vapeur.

E, Canaux ou conduits de la flamme et de la fumée.

F, Foyer.

G, Cendrier.

H, H, Soupapes de sûreté.

I, Robinet d'épreuve pour s'assurer si l'eau manque dans la chaudière.

K, Conduit de l'eau d'alimentation.

L, Robinets pour interrompre l'alimentation.

M, Magasin au charbon.

PLANCHE II.

Machine de bateaux à vapeur ANGLAIS.

FIGURE 1^{re}. Coupe verticale de la machine.

2. Plan.

L'arbre I des roues à aubes est soutenu par un fort bâti en fonte qui lie les diverses parties de la machine et repose sur les deux poutres UV du fond de cale; le conduit S fait arriver la vapeur de la chaudière dans la boîte à vapeur munie d'une soupape en D, qui la distribue au haut et au bas du cylindre A, où la dirige vers le condenseur B; la vapeur est condensée dans ce dernier par un jet d'eau en arrosoir dont le jeu est continu. La pompe à air C expulse l'air et l'eau dans le réservoir D, d'où le liquide s'écoule par un tuyau de décharge; le mouvement du piston est transmis à la manivelle par le moyen de balanciers E, E, composés de deux jumelles qui se meuvent sur l'axe G; ils sont réunis à la traverse du piston L, L par deux bielles, nommées bielles du cylindre, et les extrémités E sont liées à la manivelle par la bielle H; la pompe à air est aussi manœuvrée par deux petites bielles partant du balancier, et la pompe à eau chaude est mue par la même traverse que celle-ci; le parallélogramme est guidé par le tirant MN; la soupape à tiroirs reçoit son mouvement d'un excentrique adapté à l'arbre des roues à aubes, ce qui a lieu par l'intermédiaire du châssis PQ, dont le mouvement alternatif est transmis au levier angulaire QR; on peut aussi mouvoir le régulateur de la vapeur au moyen du manche T, en dégageant le bras du levier Q du bout du châssis P, lorsqu'on veut faire mouvoir la machine à la main; la soupape O sert à introduire la vapeur dans le condenseur.

Pour éviter que ces machines ne s'élèvent trop, on fait leurs cylindres moins longs que pour celles placées à terre; ils sont souvent presque aussi larges que hautes: on obvie à la diminution de puissance que cela peut occasioner en augmentant la surface du piston d'environ un cinquième.

On adapte, en Angleterre, à presque tous les bateaux à vapeur qui sont mis par une puissance de dix chevaux, deux machines comme celle-ci, agissant sur deux manivelles formant entre elles un angle droit ; en France et dans les Pays-Bas on suit presque toujours la même méthode. Pour profiter convenablement de l'expansion de la vapeur, sans trop nuire à la régularité du mouvement, nous sommes d'avis qu'on devrait faire usage de trois machines pour tous les bateaux qui auraient besoin d'une puissance de plus de cinquante chevaux ; lesquelles devraient agir sur trois manivelles qui formeraient entre elles un angle de 120 degrés.

PLANCHE III.

Nouvelle disposition de machine à vapeur pour bateau, par MM. AITKEN et STEEL, de Paris.

FIGURE 1^{re}. Élevation latérale.

2. Coupe du bateau et élévation de face du mécanisme.

a, Coque du bateau.

b, Forte charpente portant le mécanisme et servant à en répartir la charge dans le bateau.

c, Bâts en fonte de fer, portant l'arbre des roues à aubes, et réunissant entre elles les principales pièces du mécanisme.

d, Axe, ou arbre des roues à aubes.

e, Cylindres à vapeur.

f, Boîtes à vapeur, contenant les soupapes.

g, Bielles réunies par leurs extrémités aux traverses des pistons et aux équerres *h*, qui transmettent le mouvement aux roues à aubes.

h, très fortes équerres en fer forgé, communiquant le mouvement aux roues à aubes. Ces équerres, qui remplacent les balanciers des machines ordinaires, agissent au moyen des bielles *i*, sur les boutons des manivelles, mais en sens opposé pour chaque machine, c'est-à-dire qu'elles agissent constamment sur les boutons, soit en poussant, soit en tirant, et communiquent par ce moyen un mouvement rotatif continu.

i, Bielles réunies aux équerres *h* et aux boutons des manivelles *k*, pour transmettre le mouvement aux roues à aubes.

k, Manivelles : lorsque le centre du bouton des manivelles arrive à la perpendiculaire, les équerres *h* et les bielles *i*, des deux machines forment entre elles un angle droit, dont le bouton de la manivelle est le sommet.

l, Centre ou pivot des équerres *h*.

m, Appareil de condensation.

- n*, Parallélogramme.
- o*, Chaudières cylindriques.
- p*, Capacités servant de réservoir à vapeur.
- q*, Conduit de la vapeur des réservoirs aux cylindres.
- r*, Portion d'une roue à aubes.

PLANCHE IV.

Machine à vapeur pour bateau, avec cylindres inclinés, par M. BRUNEL, de Londres. (1)

FIGURE 1^{re}. Élévation latérale.

2. Plan.

- a*, Bâti en fonte de fer portant le mécanisme.
- b*, Cylindres à vapeur formant entre eux un angle droit de 102 degrés, dont l'axe des roues à aubes est le sommet.
- c*, Tiges des pistons.
- d*, Bielles réunies aux traverses des pistons et à la manivelle *e*.
- e*, Manivelles.
- f*, Arbre des roues à aubes.
- g*, Porte coussinets.
- h*, Galets en métal roulant sur des plaques en acier, et servant à maintenir les tiges des pistons *c* dans leur position naturelle.
- i*, Petits cylindres formant boîte à vapeur et contenant les pistons qui servent à régler les mouvements de la vapeur.
- k, l, m*, Mouvements, mis par un excentrique, pour régulariser l'entrée et la sortie de la vapeur dans les cylindres *h*.

(1) Le bateau *le Régent*, brûlé en 1817, portait une machine de ce système qui ne pesait, dit-on, que 70,000 kilogrammes.

Nouvelle disposition de chaudière pour bateau, de M. TOURASSE, de Paris.

FIGURE 4. Elévation et coupe transversale, faite en A B, figure 5.

5. Coupe longitudinale.

a, Cylindre extérieur de la chaudière.

b, Cylindre intérieur contenant le foyer et servant de conduit pour la flamme et la fumée; ce cylindre forme un vide annulaire avec celui *a*, dans lequel se trouve une mince couche d'eau qui l'entoure complètement.

c, Grand bouilleur, dans lequel passe le conduit de la flamme, afin d'augmenter les surfaces chauffées et en même temps diminuer la quantité d'eau.

d, Barreaux du gril.

e, Foyer.

f, Conduits intérieurs de la flamme et de la fumée.

g, Cheminée.

h, Séparations qui obligent la flamme et la fumée de parcourir d'abord la partie inférieure et ensuite la partie intérieure et supérieure du bouilleur *c*, avant de se rendre dans la cheminée *g*.

i, Cloison pour boucher l'extrémité du cendrier.

k, Porte adaptée à la cloison *i*, pour permettre de retirer les scories et le charbon qui tomberont dans l'espace *l*, ainsi que de nettoyer le conduit de la fumée passant dessous le grand bouilleur *c*.

m, Petits bouilleurs pour augmenter les surfaces chauffées et plus particulièrement encore pour éviter qu'il se trouve trop d'espace entre le dessus des barres du gril et la partie supérieure du cylindre *h*.

n, Réservoir à vapeur réuni à la chaudière au moyen des tubulures *o*.

o, Tubulures réunissant les vases entre eux: ces tubulures présentent de grandes ouvertures, afin que la vapeur éprouve le moins d'obstacle possible pour se rendre dans le réservoir.

p, Hauteur moyenne de l'eau dans l'appareil.

q, Flotteur dirigé par une tige en fer, pour éviter qu'il soit ballotté par l'eau. On suppose ce flotteur très pesant afin qu'il puisse commander deux soupapes à tire-vires, dont l'une doit servir à ouvrir et fermer le conduit d'eau d'alimentation successivement que le niveau de l'eau baissera ou s'élèvera dans l'appareil, et l'autre à ouvrir une issue à la vapeur et prévenir, par le bruit qu'elle fera en sortant, que le niveau de l'eau est à son minimum de hauteur, par conséquent que les pompes ali-

mentaires ne fournissent plus suffisamment d'eau et qu'il faut y porter remède au plus tôt, si l'on ne veut courir le danger de brûler la chaudière et même d'une explosion. On a préféré pour produire ces effets les soupapes à tiroirs aux robinets, attendu que ces derniers ont l'inconvénient de gripper souvent, surtout lorsqu'ils éprouvent un peu de chaleur et qu'alors ils ne produiraient pas les effets qu'on devrait attendre.

r, Cloison pour éviter que le mouvement du navire n'imprime à l'eau un trop grand mouvement dans l'appareil.

s, s, Troux d'homme : celui placé à l'extrémité de la chaudière est pour faciliter de nettoyer le bouilleur *c*, ainsi que son conduit intérieur *f*.

t, Tubulures où pourront être placées les soupapes de sûreté, les plaques fusibles et autres moyens de sûreté, ainsi que les conduits de la vapeur.

u, Joints réunissant les diverses parties entre elles au moyen de forts boulons et de mastic.

V, Demi-circonférence adaptée à la partie inférieure de la chaudière, afin d'y réunir les dépôts que pourra former l'eau, et faciliter le nettoyement de l'appareil.

x, Ouverture pour retirer les dépôts de la capacité *V*.

y, Ouvertures pour nettoyer les conduits de la fumée.

z, Tige dirigeant le flotteur.

Toueur à manège du maréchal de Saxe.

FIGURE 3. Elévation latérale.

a, Bateau.

b, c, d, Pouliques montées sur l'arbre du manège; ces pouliques servent à envelopper le câble sur lequel on se remonte; elles peuvent au besoin tourner librement sur l'arbre du manège.

e, e, e, Traverses en bois fixées à l'arbre du manège.

f, Cordage servant d'arrêt à la poulique *b*, et la forçant à tourner dans le même sens que le manège. C'est par ce même moyen que le maréchal de Saxe obligeait les pouliques *c, d*, à tourner comme le manège quand il en faisait usage.

g, Petites pouliques pour soutenir le câble et le diriger dans les gorges des pouliques.

h, Rouleaux empêchant le câble de frotter sur le bord du bateau.

i, Levriers où s'attèlent les chevaux.

k, Charpentes servant à consolider le mécanisme.

PLANCHES V ET VI.

TOUEUR à vapeur, par M. TOURASSE, de Paris.

PL. V. FIGURE 1^{re}. Élévation latérale d'un toueur à vapeur.

2. Plan.

3. Coupe faite suivant OP.

PL. VI. FIGURE 1^{re}. Élévation latérale du mécanisme d'un toueur à vapeur.

2. Plan.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets pour ces deux planches.

A, Coque du bateau.

A', Forme que devra avoir le bateau en avant des roues à aubes pour éviter de produire un remous dans les rentrées B.

B, Rentrées où devront être placées les roues à aubes quand il faudra naviguer dans un chenal très étroit ou passer par des écluses.

C, Roues à aubes.

D, Emplacement de l'appareil à vapeur ou chaudière.

E, Châssis en fer des machines à vapeur.

F, Cylindres à vapeur.

G, Bielles.

H, Manivelles.

I et J, Roues d'engrenages servant à communiquer le mouvement du moteur aux treuils.

K, fort arbre en fer portant les engrenages servant à mouvoir les treuils; il ne devra pas être fait de portées à cet arbre afin qu'on puisse le faire glisser sur ses colets au moyen de leviers ou de vis, et pouvoir, par ce moyen, changer à volonté la vitesse des treuils, ainsi que les rendre indépendants des machines motrices lorsqu'on voudra faire marcher les roues à aubes seules.

L, Diamètre en fer tournant sur l'arbre K, et en contact avec les deux treuils, pour éviter leur rapprochement et de trop fatiguer leurs axes.

M,N,O,P, Engrenages montés sur les axes des treuils et servant à les mouvoir.

M'N'O'P', Engrenages transmettant le mouvement du moteur aux treuils; ces engrenages, fixés sur l'arbre K, coulent avec lui afin de pouvoir varier la vitesse des treuils en raison de la rapidité des courans qu'on a à surmonter.

R,R', Cylindres ou treuils à gorges en fonte de fer, sur lesquels s'enroule la chaîne qui sert à la remonte: quand on se servira de chaînes de différentes grosseurs, on devra avoir l'attention de tenir les gorges de ces treuils assez larges pour que les plus fortes chaînes y entrent facilement.

S, Châssis en fer portant le mécanisme des treuils.

T, Embrayages pour rendre les roues à aubes dépendantes et indépendantes, à volonté, de la machine à vapeur.

U, Charpente portant le mécanisme et servant à en répartir la charge dans le bateau.

a,a, Engrenages communiquant le mouvement du treuil R' aux pouliés b,b', qui servent à diriger et jeter la chaîne dehors du bateau au fur et à mesure que le toueur se remonte.

bb', Jeu de pouliés servant à diriger et à jeter la chaîne hors du bateau.

d, Pouliés pour soutenir et diriger la chaîne vers le treuil R'.

e, Pouliés servant de point d'appui pour gouverner le toueur.

f, Pouliés mobiles qui empêchent la chaîne de frotter sur les bords du bateau.

g,g', Indiquant que le toueur peut prendre au besoin ces diverses directions.

h,h', Suppose les petites chaînes qui feront mouvoir les pouliés bb'.

i, Cercle indiquant le mouvement que peuvent décrire les pouliés f.

k, Eméillon ou maille tournante.

m, Maille de jonction, au moyen de laquelle on peut allonger et raccourcir la chaîne à volonté.

PLANCHE VII.

Bateau dit aqua-moteur, appliquée sur le Rhône, par MM. COURTEAUT et TOURASSE, de Paris.

FIGURE 1^{re}. Élévation latérale.

2. Plan.

a, Bateau principal.

b, Petit bateau adapté à la proue du bateau principal et ne formant qu'un avec lui.

c, Roues à aubes agissant par l'effet du courant et transmettant leurs mouvements aux treuils au moyen des engrenages.

d, Treuils à gorges, en bois, sur quoi s'enroule la corde qui sert de point d'appui pour effectuer la remonte.

e, Engrenages transmettant le mouvement des roues à aubes aux treuils; ils peuvent couler sur l'axe des roues à aubes, afin de permettre de varier la vitesse des treuils au besoin, ou bien les rendre entièrement indépendants du mouvement des roues à aubes, lorsqu'on a besoin d'arrêter spontanément le mouvement ascendant du bateau.

f, Charpentes portant et réunissant le mécanisme.

g, Forte charpente portant tout l'appareil et tournant sur des colets, afin de pouvoir plonger plus ou moins les roues à aubes et les retirer entièrement de l'eau lorsqu'on veut cesser de marcher.

h, Charpente servant de levier pour lever ou baisser les roues à aubes.

i, Fort tourillon en bois, ou levier circulaire, pour mouvoir le treuil *k*, sur lequel s'enroule la chaîne qui sert à enlever les roues à aubes.

k, Treuil.

l, *m*, Pignon et engrenage servant à mouvoir le treuil *r*, avec une très petite vitesse. (1)

n, Fortes tringles en fer pour roidir les charpentes et éviter que la pesanteur du mécanisme ne les fassent rompre.

(1) Malgré l'extrême différence de diamètre du pignon *l*, avec l'engrenage *m*, qu'il fait mouvoir et la longueur du bras du croisillon *i*, il fut impossible lors des expériences sur le Rhône, d'enlever les roues à aubes avec moins de cinq hommes. Si l'on voulait faire un usage habituel d'une machine de ce genre, il conviendrait, sans doute, d'effectuer cette manœuvre par l'effet même de la machine, c'est-à-dire en établissant une continuité de mouvement des roues à aubes au treuil *k*, et en rendant ces mouvements dépendants ou indépendants des roues à aubes, à volonté, au moyen d'un embragage qu'un seul homme pourrait mouvoir.

PLANCHE VIII.

Courbes exprimant la loi du mouvement des bateaux à vapeur, et leur consommation de combustible.

FIGURE 1^{re}, Courbes indiquant la perte d'effet due aux roues à aubes et leur effet utile.

FIGURE 2, Courbes indiquant la puissance et le tonnage d'un bâtiment à vapeur animé de diverses vitesses.

FIGURE 3, Courbes indiquant la force motrice et le poids de l'appareil des bâtiments à vapeur, suivant la longueur des trajets.

FIGURE 4, Courbes indiquant la force motrice et la longueur des trajets que peut faire un bâtiment animé de diverses vitesses, en le supposant entièrement chargé de sa machine et de son combustible.

FIGURE 5, Courbes démontrant 1^o la force motrice et la consommation de combustible d'un remorqueur se mouvant contre un courant constant avec diverses vitesses; 2^o la force motrice et la consommation de combustible d'un toueur dans les mêmes circonstances.

FIGURE 6, Courbes indiquant la force motrice nécessaire à un toueur et à un remorqueur à vapeur pour marcher de concert dans des courans de diverses vitesses.

FIGURE 7, Courbes et lignes indiquant 1^o la vitesse d'un toueur et d'un remorqueur contre des courans variables; 2^o la force motrice du premier, qui est constante; 3^o celle du second, qui est variable.

NOTE A.

ÉTAT des bateaux qui ont été remontés par MM. COURTEAUT et TOURASSE, du 15 novembre au 26 décembre 1821, du port d'Ainay au port de Serin, à Lyon, sur la Saône, avec un toueur mu par six chevaux.

JOUR de L'EXPÉ- RIENCE.	NOMBRE de BATEAUX remontés à-la-fois.	VITESSE PAR HEURE avec laquelle on a franchi le pont du Change dit pont de Pierre.	NATURE des CHARGE- MENS, des bateaux remontés.	NOMS des PROPRIÉ- TAIRES des bateaux.	OBSERVATIONS.
	bateaux.	mètres.			
15 novemb.	3	776	vins.	*	La charge ordinaire des bateaux qui remontent le Rhône est de 55 tonneaux.
22 Idem.	6	776	vins et sel.	"	Le trajet du pont d'Ainay en amont du pont du Change a été parcouru en 1 heure 50', quoiqu'on ait été forcée de s'arrêter pour laisser passer 4 bateaux chargés de pierres qui descendaient; le préfet et l'ingénieur en chef du département ont été témoins de cette remonte.
23 Idem.	4	776	vins.	"	A compter de cette expérience on s'est décidée à franchir le pont du Change avec cette vitesse quoi qu'alors le courant n'y fut pas très rapide; attendu que les chevaux fatiguaient trop avec la vitesse de 776 mètres.
24 Idem.	5	320	vins.	"	
25 Idem.	5	320	vins.	"	
3 décembre	2	320	vins et sel.	MERLIER.	
7 Idem.	2	320	Idem.	Idem.	Avec 4 chevaux.
10 Idem.	4	320	vins.	CUMINAL et ABEL.	
12 Idem.	4	320	vins.	ABEL.	
13 Idem.	4	320	vins.	COURTHILLÉ.	
14 Idem.	4	320	sel et charbon.	MERLIER.	
15 Idem.	5	320	vins.	MISTRON.	
19 Idem.	4	320	vins.	GIBER.	
20 Idem.	6	320	vins.	Benoist GROBON.	La charge de ces six bateaux était de 450 tonneaux métriques; quoique la Saône fut forte, on a passé ces six bateaux à la fois sans s'arrêter au pont du Change; le patron qui commandait les manœuvres du toueur, marinier très expérimenté, a assuré que 48 chevaux à terre n'eussent pu dans ce moment faire franchir à la fois le pont du Change à ces bateaux.
21 et 22 Id	5	320	vins.	THOMAS fils.	Quoique la Saône fut forte et augmentait encore, ces 5 bateaux, contenant 350 tonneaux métriques, ont été amenés avec la facilité ordinaire jusqu'au pont du Change; arrivé sous ce pont et au moment où le premier bateau chargé l'avait presque franchi, le câble sur lequel on se remontait s'est rompu; on a arrivé cependant le toueur et tous les bateaux chargés sans avarie; le lendemain 22, le toueur a rendu ces 5 bateaux à leur destination; le câble qu'on a rompu avait 55 millimètres de diamètre il était缠re d'Italie de première qualité.
26 Idem.	5	"	vins.	"	Quoique la Saône fut très forte on a sans trop de difficultés franchi le pont du Change avec ces 5 bateaux; cependant comme le courant y était extrêmement rapide les premiers bateaux ont embarqué environ trois pouces d'eau chacun pendant leur passage sous ce pont.
TOTAL.	68				

NOTE B.

ETAT des équipages qui ont été employés sur le Rhône, depuis le troisième trimestre 1820 jusqu'au troisième trimestre 1821.

NOMS DES MAITRES D'ÉQUIPAGES.	DEMEURE.	QUANTITÉ de CHEVAUX de chacun.	OBSERVATIONS.
	A	chevaux.	
Courtill'ē	Chana (Savoie).	20	
Fournier	Au saut du Rhône.	24	
Grabon	Miribelle.	36	
Craut	<i>Idem.</i>	36	
Chaponait	<i>Idem.</i>	32	
Rivoire	<i>Idem.</i>	24	
Thibaudier père et fils	Vernaison.	72	
Thibaudier fils	<i>Idem.</i>	32	
Dufournel	<i>Idem.</i>	36	
Abel	<i>Idem.</i>	36	
Monfouillon	<i>Idem.</i>	32	
Barillot	<i>Idem.</i>	32	
Damiens	<i>Idem.</i>	40	
Philibert Guy	Grigny.	28	
Gela	Canal de Givors.	36	
Décourt	Givors.	32	
Dumaine	<i>Idem.</i>	20	
Bertrand	<i>Idem.</i>	16	
Pussin	Au Puy.	20	
Tambour	Condrieux.	28	
Verrier frères	<i>Idem.</i>	36	
Mistron	<i>Idem.</i>	32	
Reguigné	<i>Idem.</i>	24	
Champin	<i>Idem.</i>	16	
Boissonnet	<i>Idem.</i>	24	
Michel Caminal	Serrière.	32	
Cuminal fils	<i>Idem.</i>	32	
Jérôme	<i>Idem.</i>	32	
Rasat	<i>Idem.</i>	20	
Lieudan	<i>Idem.</i>	40	
Marturet fils	<i>Idem.</i>	32	
Marturet père et fils	<i>Idem.</i>	36	
Jean Metrat	<i>Idem.</i>	48	
Bardin	<i>Idem.</i>	32	
Thomas frères	Andance.	40	
Farlin	Valence.	28	
Basset	<i>Idem.</i>	24	
Les Bordelais	<i>Idem.</i>	80	
Divers petits équipages	De 8 à 10 chevaux.	100	

Bateau et chaudière à vapeur. Anglais.

Fig. 3.

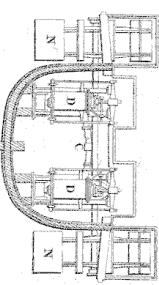


Fig. 4.

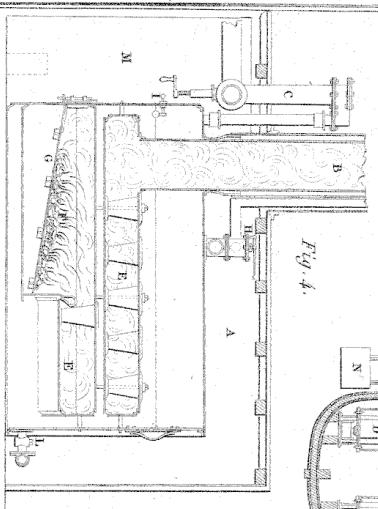
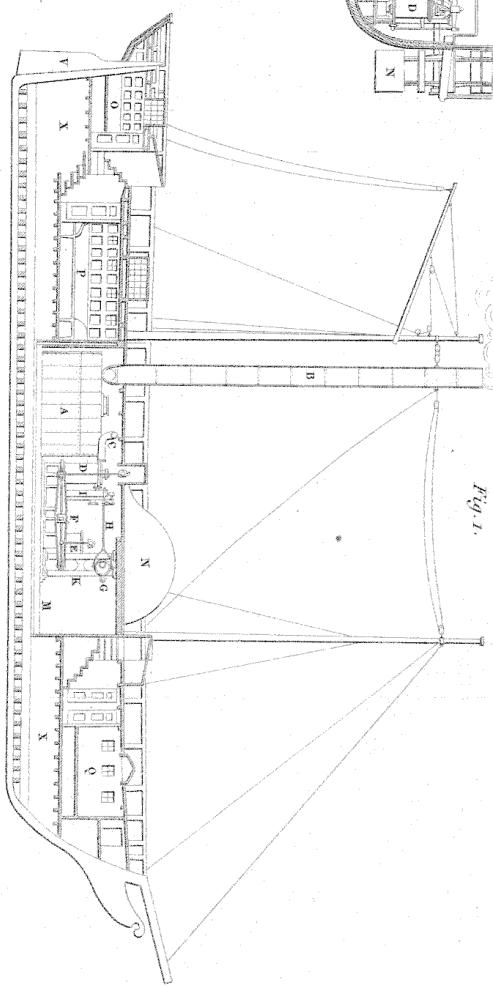


Fig. 1.



Échelle des fig. 1, 2 et 3.
1/20 Mètres.

Fig. 2.

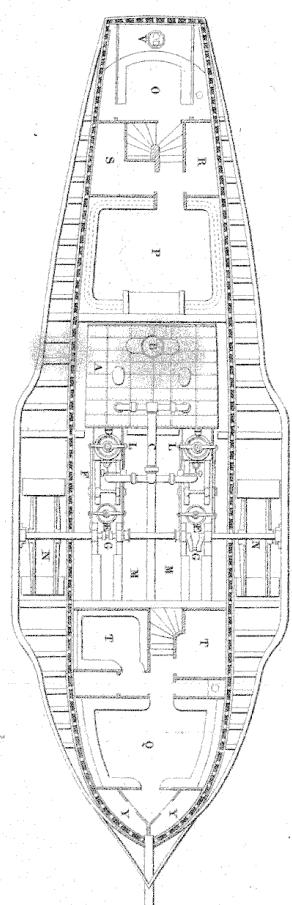
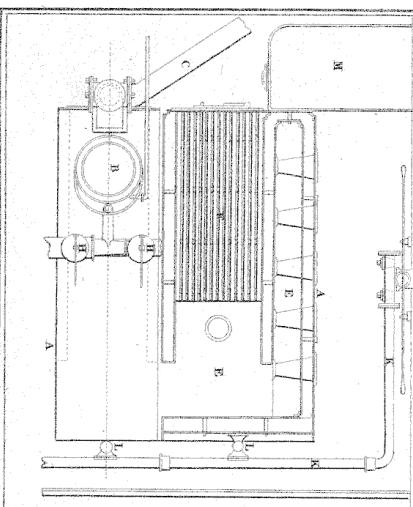
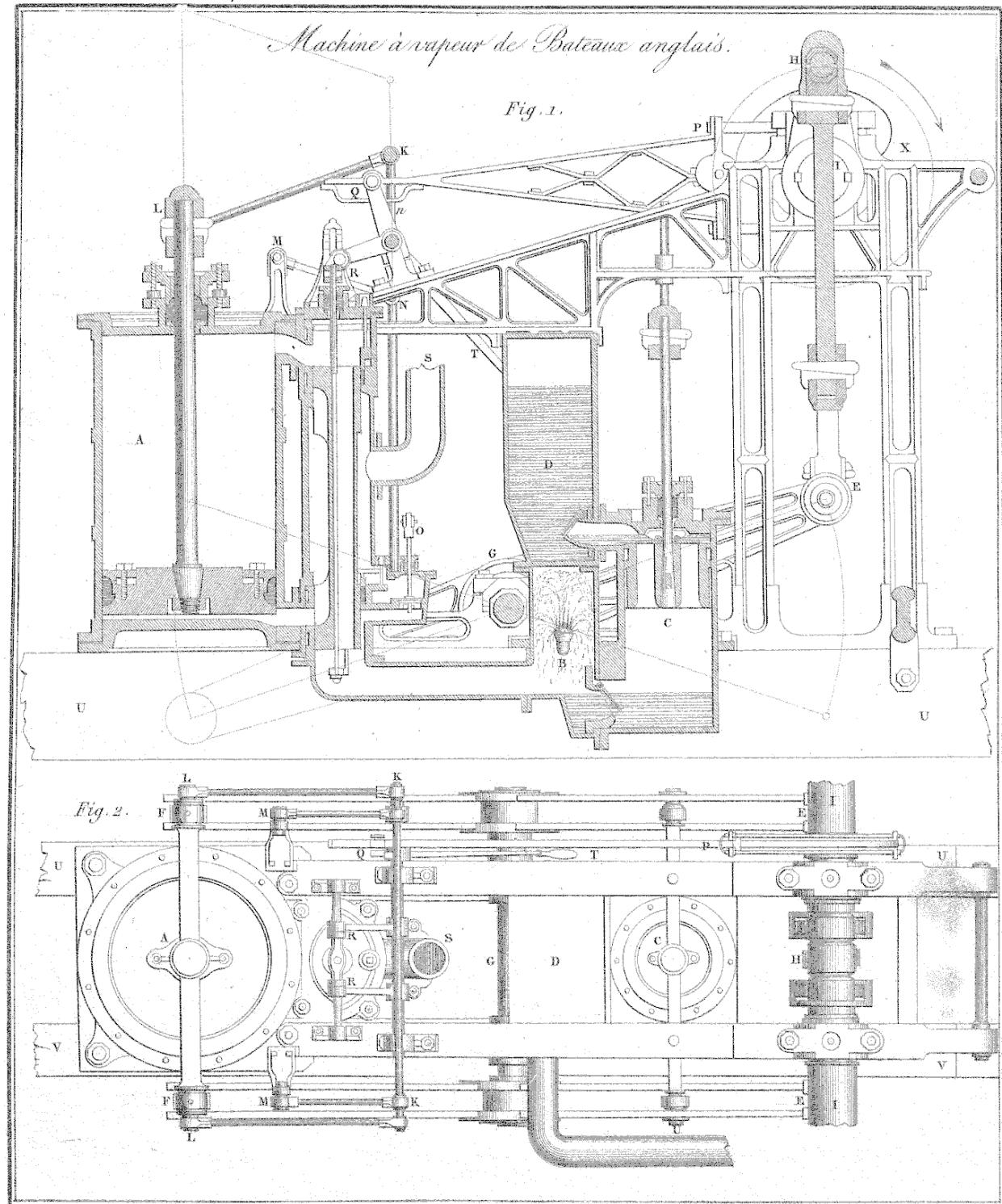


Fig. 5.





Machine pour Platine de rotin d'Addison et Steel.

Fig. 1.

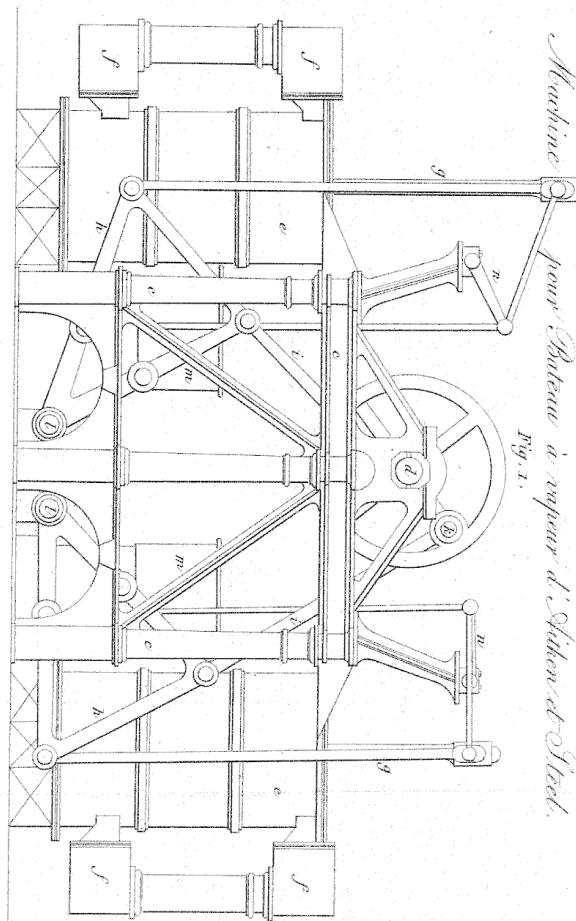
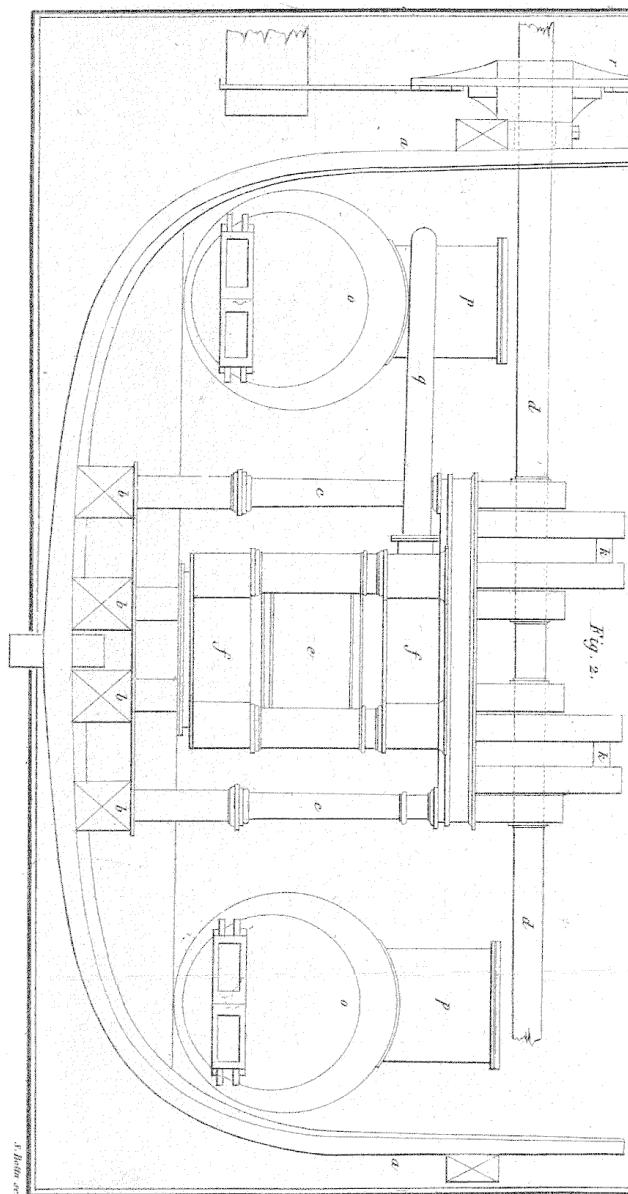


Fig. 2.



Machine pour batteau à vapeur, de Brand.

Fig. 1.

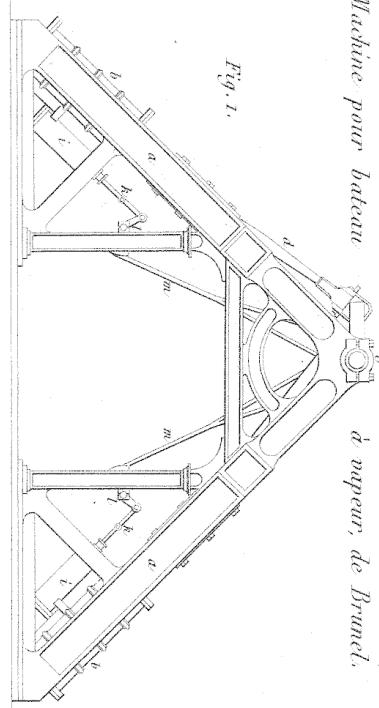
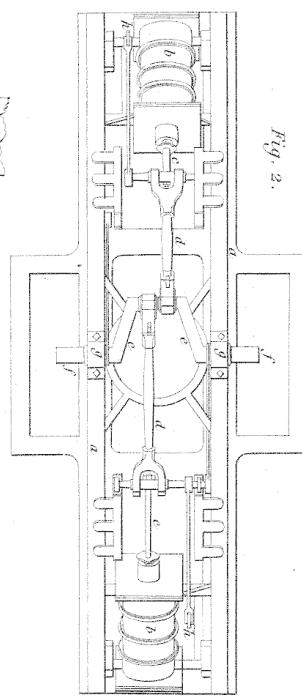


Fig. 2.



Échelle des fig. 4 et 5.
1/2 Mètre.

Tonneau à manège, du Maréchal de Saxe.

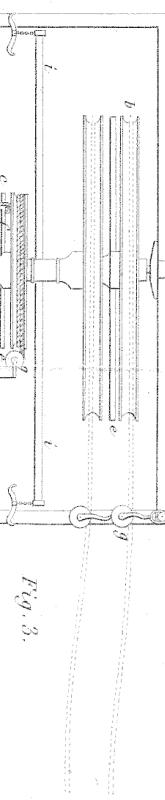
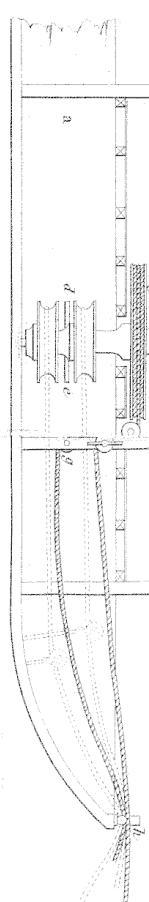


Fig. 3.



Chaudière pour batteau à vapeur, de M. Pourrave.

Fig. 4.

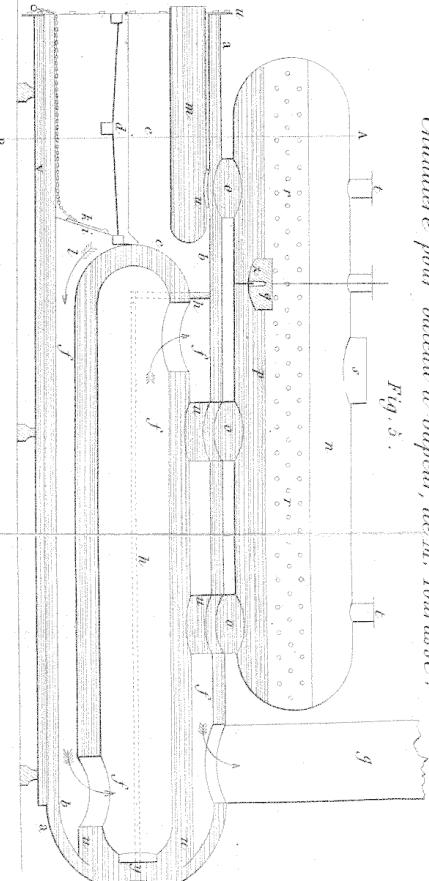
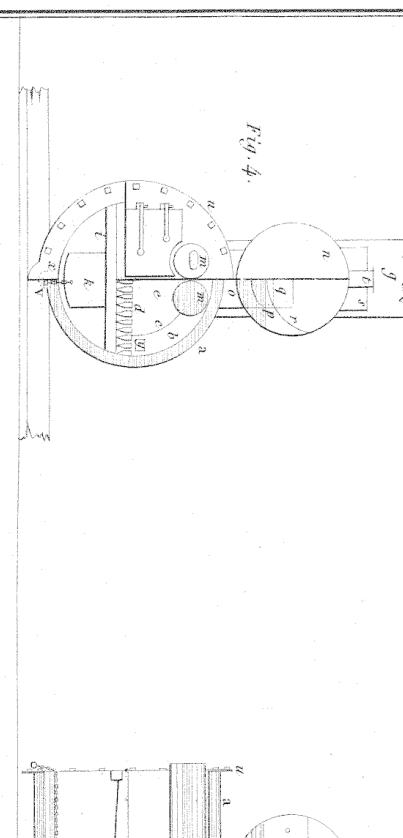
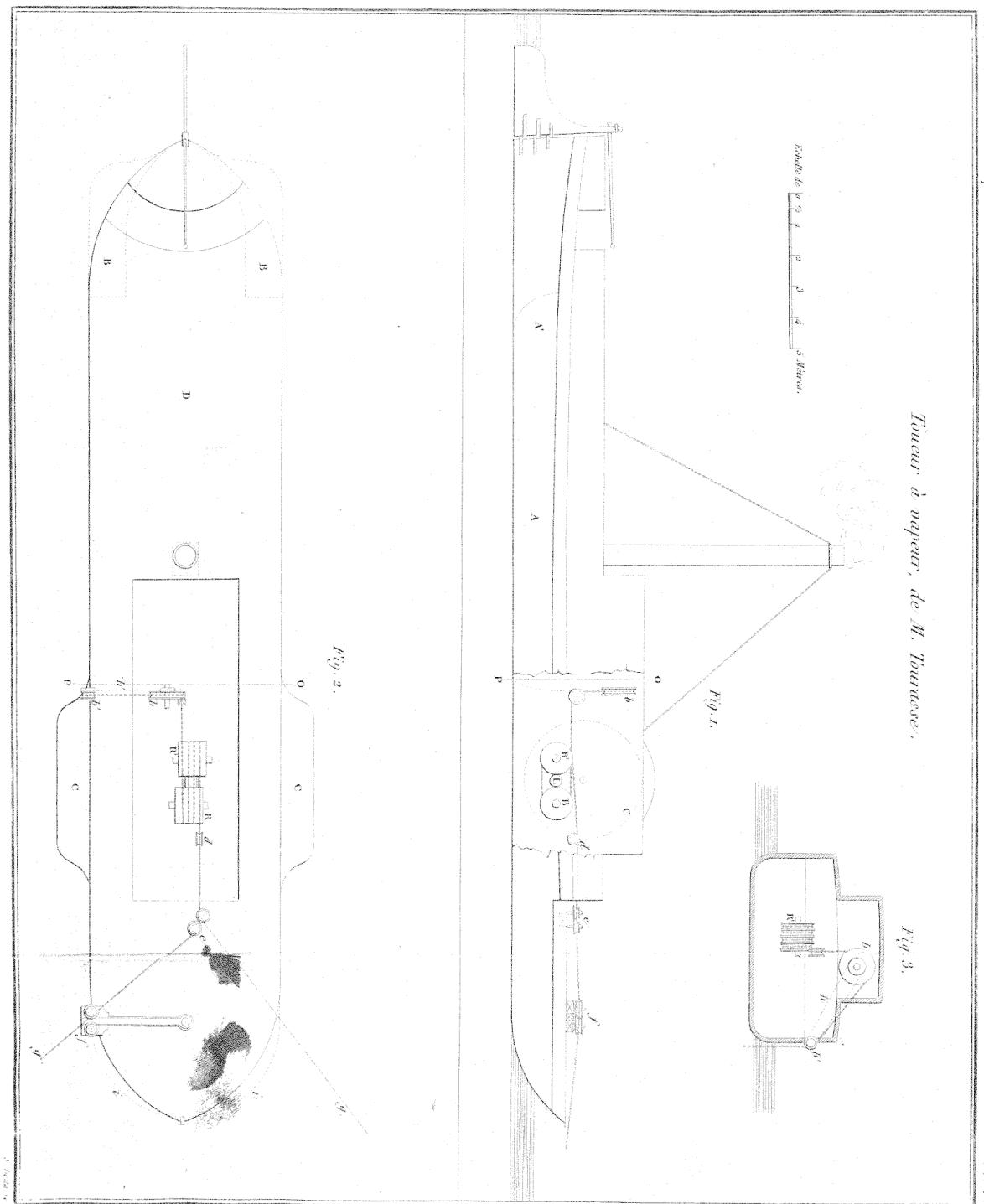


Fig. 5.



Touret à naître, de W. Tournier.



Machines pour tenter à papier, de M. Fourdrinier.

Fig. I.

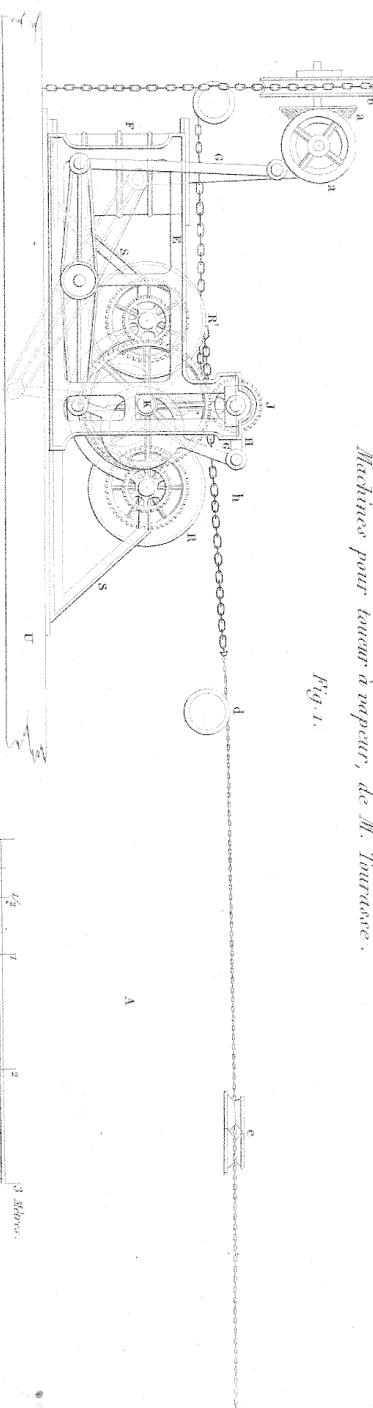
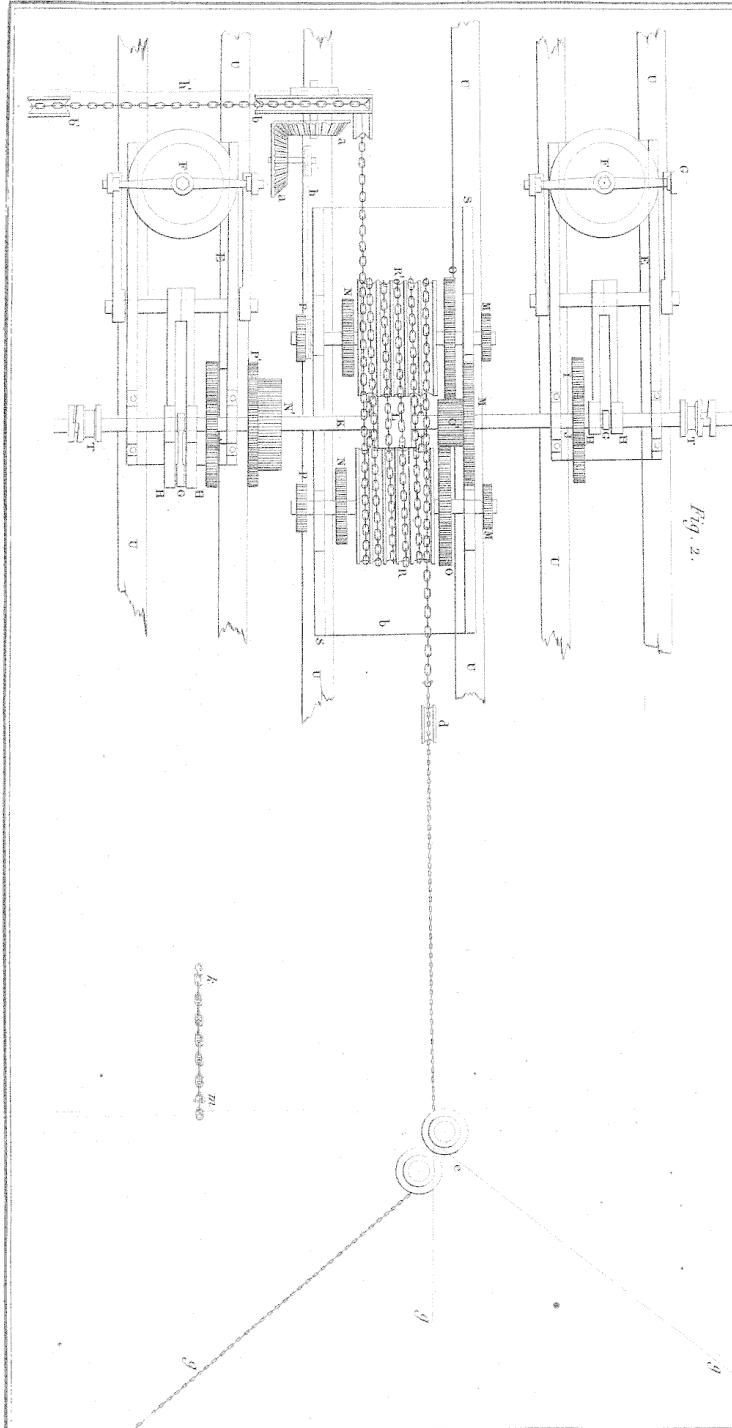


Fig. 2.



Patent sur les bateaux à vapeur.

Pl. III.

Bateau dit Aqua-moteur, de M. M. Tournusse et Courteau,

Fig. 1.

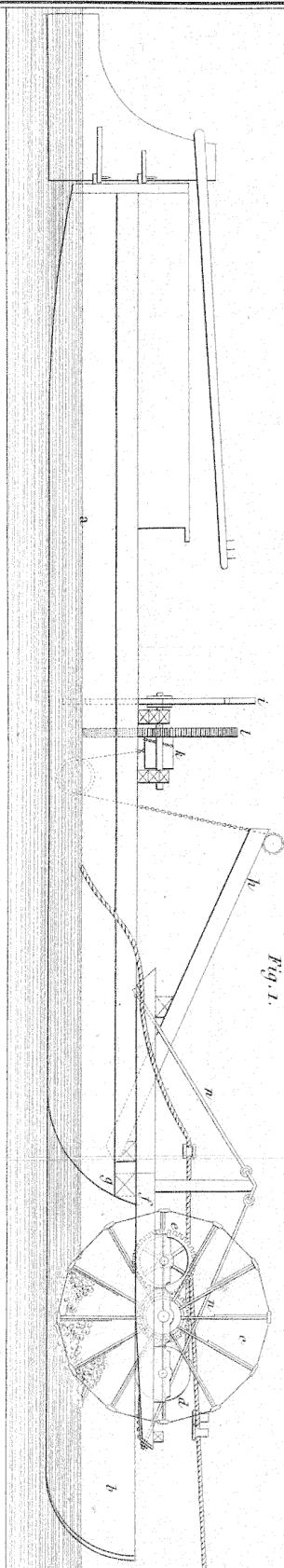
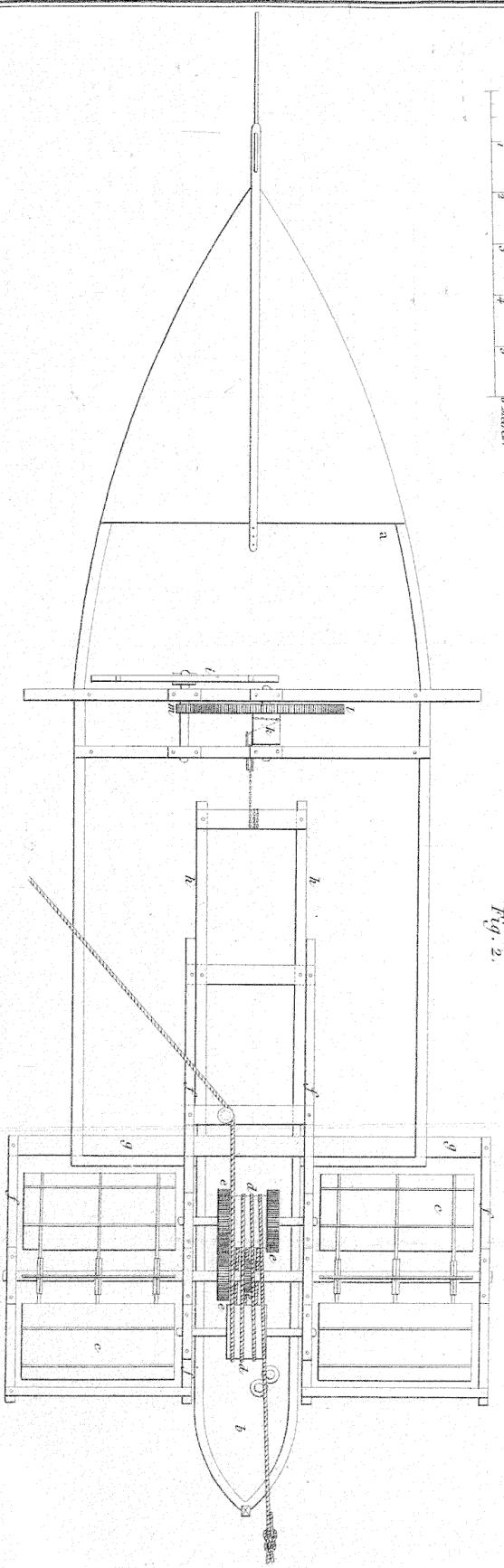


Fig. 2.



Sur le mouvement des protestants à Valence.

