

Nouvelles expériences sur la résistance des fluides / par MM. d'Alembert, le Marquis de Condorcet, & l'Abbé Bossut ... ; M. l'Abbé Bossut, rapporteur.

Contributors

Alembert, Jean Le Rond d', 1717-1783.

Condorcet, Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, marquis de, 1743-1794.

Bossut, Charles, 1730-1814.

Publication/Creation

A Paris ... : Chez Claude-Antoine Jombert, fils aîné ..., 1777.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/kg7kgwmq>

License and attribution

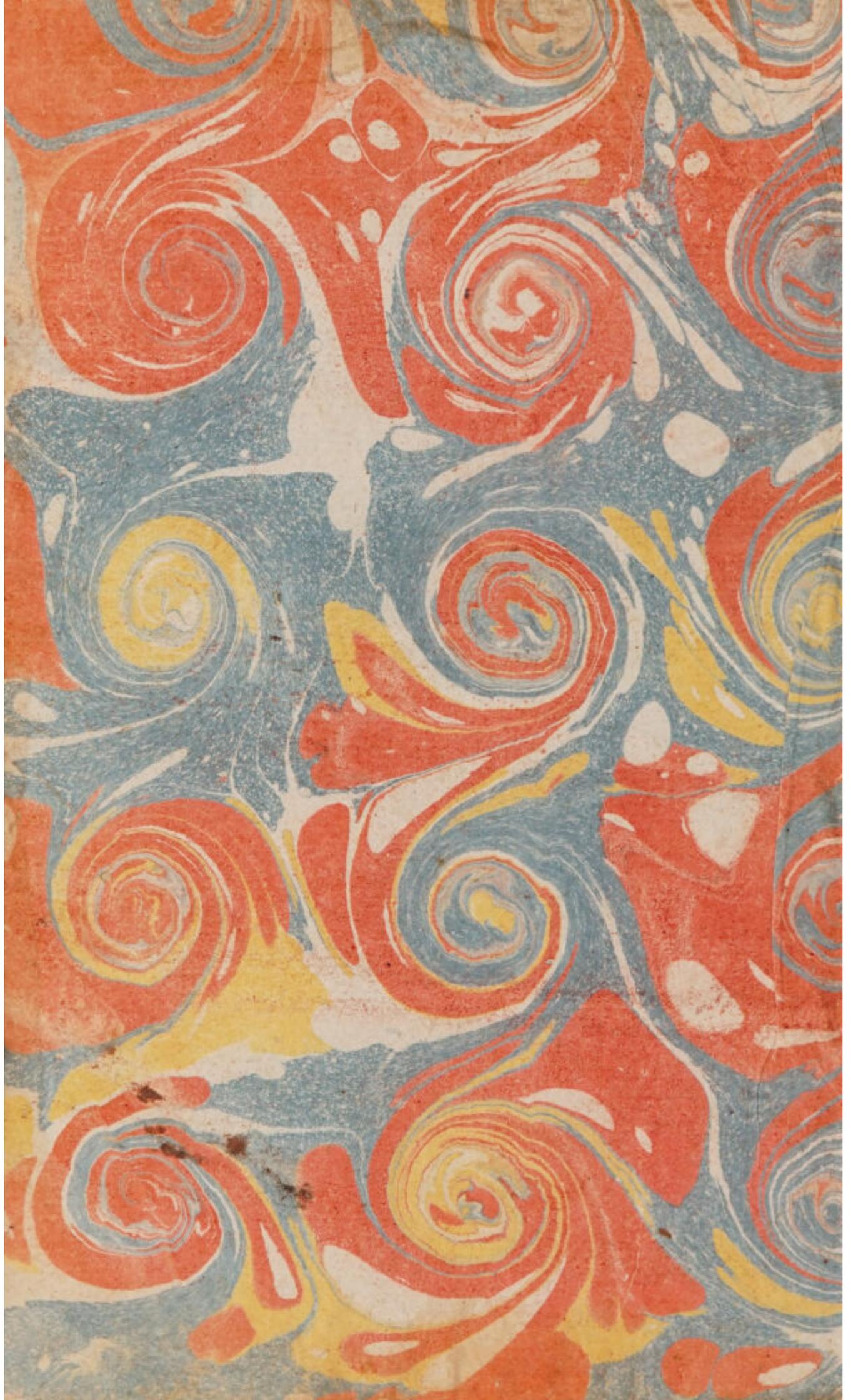
This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.

**wellcome
collection**

Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>







14724

Many plants I

~~14~~
~~142~~ *Beauveria*

N. III. v
13

Basout. C

Beauveria

NOUVELLES
 EXPÉRIENCES
 SUR LA RÉSISTANCE
 DES FLUIDES;

Par MM. D'ALEMBERT, le Marquis DE
 CONDORCET, & l'Abbé BOSSUT, Membres
 de l'Académie Royale des Sciences, &c.

M. l'Abbé BOSSUT, Rapporteur.



A PARIS, rue Dauphine ;

Chez CLAUDE-ANTOINE JOMBERT, Fils aîné,
 Libraire du Roi pour le Génie & l'Artillerie.

M. DCC. LXXVII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.



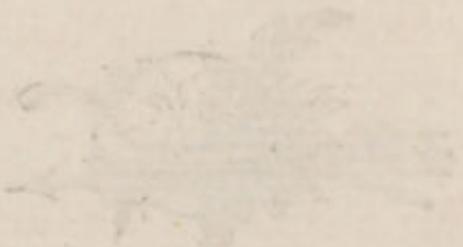
AVERTISSEMENT.

L'OUVRAGE suivant a été lu d'abord par extrait, à l'Assemblée publique de l'Académie Royale des Sciences, du 17 Avril 1776; ensuite il a été lu en détail, du moins pour la plus grande partie, dans nos Assemblées particulières de la même année. Il étoit donc destiné à paroître dans le Recueil des Mémoires de l'Académie; mais comme il y auroit occupé trop de place, on a cru devoir le publier séparément.



AVERTISSEMENT

L'ouvrage suivant a été imprimé
par la Société de l'Imprimerie
de la Ville de Paris, en
l'année 1775, et est en
deux volumes, de quatre
pages chacun. On a
été obligé de le réimprimer
dans ce volume, à cause
de la rareté de l'original.
Il y a eu une seconde
édition, qui a été
révisée et corrigée.





NOUVELLES EXPÉRIENCES

*SUR LA RÉSISTANCE
DES FLUIDES.*

DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

LA recherche de l'impulsion d'un fluide en mouvement contre un plan, ou de la résistance qu'éprouve un corps solide qui divise un fluide, est peut-être le plus important Problème de l'Hydrodynamique, soit par sa difficulté, soit par ses applications à l'architecture navale, à la construction des digues, à celle des machines hydrauliques, &c.

A

2 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

Aussi les Géomètres ont-ils tenté tous les moyens de le résoudre. Quelques-unes des solutions qu'ils en ont données, ont l'avantage d'être fort simples, & de n'exiger que des calculs faciles à exécuter; mais elles ne représentent qu'imparfaitement l'action & la réaction réciproque du fluide & du corps flottant. D'autres sont fondées plus immédiatement sur les propriétés des fluides; mais elles menent à des formules compliquées, difficiles à traduire en nombres, & par-là absolument inutiles à la pratique. On est donc forcé, en admirant la sagacité des Géomètres qui ont travaillé sur cette matière, d'avouer qu'elle a besoin d'être discutée encore, si on veut en tirer des résultats qui puissent s'appliquer à l'utilité publique.

M. Turgot, Contrôleur général des Finances, nous ayant chargés, au commencement de l'année 1775, M. d'Alembert, M. le Marquis de Condorcet & moi, d'examiner les moyens de perfectionner la navigation dans l'intérieur du Royaume, nous regardâmes le Problème de la résistance des fluides comme le premier & le principal objet de nos recherches. Avant d'y appliquer la Géo-

métrie & le calcul, nous crûmes devoir consulter l'expérience, soit pour vérifier les éléments des théories déjà connues à ce sujet, soit pour nous procurer des données qui pussent servir de base à une nouvelle solution. Tel fut en particulier l'avis de M. d'Alembert; avis d'autant plus fait pour entraîner, indépendamment de toute considération étrangère, que l'Auteur a résolu le Problème dont il s'agit par une méthode analytique, neuve & directe, qui ne laisseroit rien à desirer, si l'on pouvoit intégrer en rigueur, ou par des séries convergentes, les équations auxquelles il est parvenu. M. Turgot, qui aime véritablement les Sciences, & qui les a lui-même cultivées avec distinction au milieu des occupations attachées aux grandes places qu'il a remplies, approuva le plan de notre travail; & il nous accorda des fonds pour faire les expériences dont nous avons besoin. Ces expériences ont été exécutées l'année dernière, pendant les mois de Juillet, Août & Septembre, sur une grande pièce d'eau située dans l'enceinte de l'Ecole Militaire. La plupart des savants Professeurs de Mathématiques, que cette Ecole possédoit alors, nous

4 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
ont secondés * avec tout le zèle & l'intérêt
que pouvoient inspirer l'amitié qui nous unit
réciproquement, & l'envie de concourir au
progrès de l'Hydrodynamique.

L'art d'interroger la nature par la voye de
l'expérience est très-délicat. Envain rassem-
blerez-vous des faits, si ces faits n'ont en-
tr'eux aucune liaison; s'ils se présentent sous
une forme équivoque; si lorsqu'ils sont pro-
duits par différentes causes, vous êtes dans
l'impuissance d'assigner & de séparer, avec
une certaine précision, les effets particuliers
de chacune de ces causes. Tous les jours on
entend répéter qu'une théorie qui n'est pas
vérifiée immédiatement par l'expérience, ne
peut être d'aucun usage dans la pratique; que
les expériences doivent être faites en grand;
que les expériences en petit n'apprennent
rien, &c. Mais la plupart de ceux qui étalent
avec confiance ces maximes, vraies à plu-
sieurs égards, seroient bien embarrassés si on
leur propoisoit de déterminer, dans un sujet
donné, le choix des expériences nécessaires

* MM. Antelmy, Dez, Grou, Libour, Boizot, le Gendre,
Monge, de Maritan, &c.

ou utiles , & de fixer les dimensions sur lesquelles il convient de les exécuter. Ces connoissances préliminaires & indispensables ne peuvent s'acquérir que par un examen théorique & approfondi de la question. N'attendez rien du praticien borné & dépourvu de principes ; conduit par une routine aveugle , il vous montrera , souvent hors de nécessité & peut-être sans s'en appercevoir , le même fait sous différentes faces ; ou il assemblera au hafard plusieurs faits dont il ne saura pas expliquer les différences. Il n'existe point de science sans raisonnement , ou , ce qui est la même chose , sans théorie.

La simple réflexion suffit pour faire voir que dans les matières de Physique , où l'on cherche seulement à découvrir la marche générale d'un phénomène sans la vouloir soumettre à la précision du calcul , les expériences doivent être faites aussi en grand qu'il est possible. Mais veut-on obtenir des résultats précis & destinés à jeter les fondemens d'une théorie ? les expériences fort en grand n'ont plus le même avantage. Presque jamais elles ne peuvent être assez exactes , assez répétées , assez variées , pour faire disparaître

6 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

les différences sensibles qui se trouvent entre plusieurs observations semblables. On employeroit donc, suivant ce système, bien du tems, de la peine, & de la dépense pour trouver un petit nombre de faits sur lesquels on pût véritablement compter. Les expériences trop en petit pèchent par un autre excès qui est encore plus vicieux. Elles exténuent & dénaturent les effets; elles en confondent les éléments, & le calcul n'y trouve plus d'appui pour remonter aux causes. Entre ces deux écueils, il y a un milieu à prendre. Opérer assez en grand pour rendre les effets distincts, sans sortir des bornes compatibles avec la précision: voilà le principe qui doit diriger les expériences auxquelles on veut appliquer la Géométrie. J'ai tâché autrefois d'observer cette règle dans la partie expérimentale de mon Hydrodynamique. Elle a servi également de base à nos expériences sur la résistance des fluides.

Ce sujet présentoit deux questions à examiner. La résistance des fluides indéfinis en étendue, & la résistance des fluides dans des canaux étroits. On peut rapporter à la première classe de résistance, celle qu'éprouvent

les vaisseaux en mer , ou les bateaux flottants sur des rivières larges & profondes. La seconde espèce de résistance se fait sentir sur les rivières qui ont peu de profondeur ou de largeur , & sur les canaux de navigation auxquels les circonstances permettent rarement de donner toute l'amplitude dont ils auroient besoin pour faciliter le passage des bateaux , & pour économiser la force mouvante.

On a fait depuis long-tems des expériences exactes & curieuses sur la résistance des fluides indéfinis. M. le Chevalier de Borda a déterminé la résistance de l'air par le moyen d'un volant qui portoit à ses extrémités des palettes de différentes grandeurs , & qui tournoit en vertu d'un poids. Il a ensuite employé le même mécanisme & d'autres moyens ingénieux pour déterminer la résistance de l'eau. Toutes ces expériences sont accompagnées de remarques très-importantes sur la théorie de la résistance des fluides. (Voyez les Mémoires de l'Académie, ann. 1763 , pag. 358 , & ann. 1767 , pag. 495). On apprend aussi dans un beau Mémoire de M. de Marguerie , imprimé parmi ceux de l'Académie de Marine , que M. Thevenard a exécuté à l'Orient

8 RÉSISTANCE DES FLUIDES ;

plusieurs expériences sur la résistance de l'eau indéfinie ; & même M. de Marguerie en rapporte quelques-unes auxquelles il applique la théorie.

L'examen de la résistance des fluides dans des canaux étroits, doit être regardé comme nouveau. Car nous ne connoissons en ce genre que les expériences* par lesquelles M. Franklin a cherché à s'assurer si les Bateliers ont raison, lorsqu'ils disent qu'ils éprouvent d'autant plus de peine à mouvoir leurs bateaux, que les eaux d'une rivière sont plus basses ; & ces expériences, quoique bonnes en elles-mêmes, ne sont pas à beaucoup près suffisantes pour éclaircir la matière dont il s'agit. En effet, M. Franklin s'est contenté de faire faire quelques courses à un petit bateau de la longueur de 6 pouces sur 2 pouces $\frac{1}{4}$ de largeur, & autant de hauteur, dans un canal qui avoit 5 à 6 pouces de largeur, sur 14 pieds de longueur, & sur une profondeur d'eau qui varioit au moyen d'une planche horifontale, placée successivement à différentes distances du fond du canal. De

* Œuvres de Franklin, tom. 2, pag. 237.

plus , il raconte lui-même que n'ayant point de montre à secondes pour mesurer avec précision le tems que le bateau employoit à parcourir l'auge , il comptoit , le plus vite qu'il pouvoit , la suite des nombres depuis un jusqu'à dix , & qu'il marquoit les dixaines avec ses doigts ; mais qu'afin de corriger les petites inégalités inévitables dans les vitesses des comptes , il a répété plusieurs fois l'expérience à chacune des différentes profondeurs de l'eau , pour prendre le terme moyen. C'est ainsi qu'il a trouvé que l'affertion des Bateliers est vraie en effet : mais voilà tout ce qu'on peut conclure en gros de ces expériences qui ne sont nullement propres à faire connoître la mesure précise de la résistance de l'eau dans un canal étroit , ni le rapport de cette résistance avec celle qu'on éprouve dans les fluides indéfinis.

Notre travail embrasse les deux fortes de résistances : nous les avons déterminées par des moyens semblables , & dans la grandeur qui a paru la plus avantageuse. Par-là nous nous sommes mis en état de les comparer d'une manière directe & sûre , sans rien em-

110 RÉSISTANCE DES FLUIDES ;

prunter des Auteurs qui nous ont précédés sur quelques points. Commençons par rapporter en détail nos expériences ; ensuite nous en comparerons les résultats avec ceux de la théorie.



CHAPITRE PREMIER.

Préparation aux Expériences.

1. QU'UN fluide qui se meut uniformément, aille choquer un corps en repos, ou qu'un corps se meuve uniformément dans un fluide en repos : l'impulsion résultante contre le corps est la même dans les deux cas. En effet, pour ramener le premier au second, il ne faut que supposer le fluide en repos, & attribuer en sens contraire son mouvement au corps : & réciproquement. Ainsi toutes les expériences qui regardent l'impulsion ou la résistance des fluides, peuvent se réduire à faire mouvoir dans un fluide en repos un corps de figure donnée, au moyen d'un poids ou de toute autre force connue, & à déterminer le tems que ce corps employe à parcourir un espace donné.

2. NOUS avons suivi cette méthode dans nos expériences. On a fait courir successivement sur l'eau plusieurs bateaux ou vaisseaux de différentes formes, que nous ferons connoître en détail ; & on a mesuré les tems de leurs mouvements, par le moyen d'une excellente pendule à demi-secondes, de la façon du sieur le Paute.

3. LA Figure 1 de la Planche I représente en Planc. I.

perspective le bassin & l'appareil général des expériences sur le fluide indéfini; la Figure de la Planc. II. montre le plan ou la coupe horizontale des mêmes objets. On voit que le bassin est un peu irrégulier d'un côté, & que de l'autre, il a la forme d'un parallélépipède. Il est revêtu en pierres tant aux parois qu'au fond. Il a environ 100 pieds de longueur, & 53 pieds de largeur dans son milieu. La profondeur du bassin n'est pas la même par-tout. La plus grande hauteur de l'eau, qui se trouve dans le voisinage du côté *AB*, peut aller à 6 pieds $\frac{1}{2}$.

Planc. I.
Fig. 1.

4. DANS la Figure 1 (Planc. I), *MN* est un mât planté verticalement sur l'un des deux petits bords du bassin; il a environ 76 pieds de hauteur hors de terre.

EF est un bâtis de charpente, composé de deux montants & d'une traverse horizontale, amovible. Les faces intérieures & verticales des deux montants, ont chacune une rainure pour recevoir un chaffis de fer qui porte une poulie verticale *S* de cuivre, parfaitement mobile sur ses pivots, & qu'on fait monter ou descendre à volonté le long des deux rainures proposées. De plus une vis *G* sert à donner, dans le besoin, de petits mouvements de haut en bas, ou de bas en haut, à la poulie, sans qu'on soit obligé de faire changer de place au chaffis.

Fig. 2, 3, 4.

On voit (Fig. 2) la coupe verticale du bâtis de charpente & du chaffis de la poulie, dans le sens de la longueur du bassin; & (Fig. 3) la coupe horizon-

tales des mêmes objets. La Figure 4 représente l'élevation ou la coupe verticale de la poulie & du chaffis qui la porte, par un plan perpendiculaire à celui de la Figure 2.

5. PRÈS de l'extrémité supérieure du mât, est implantée horizontalement (Fig. 1) une barre de fer *LR* qui porte à son extrémité *R*, une poulie parfaitement semblable & égale en tout à la poulie inférieure. Pour garantir la poulie *R* des injures de la pluie ou du mauvais tems, on l'a couverte par une espèce de toit en fer-blanc, mobile à charnière, dans le sens *LR*, ou dans le sens opposé *RL*. Fig. 14

On voit (Fig. 5) la coupe verticale de la barre de fer, de la poulie & de son toit. La Figure 6 représente la coupe horizontale des mêmes objets. Fig. 5, 6

Chaque poulie a 5 pouces $\frac{1}{2}$ ligne de diamètre ; & le diamètre de chaque tourillon est de 4 lignes $\frac{2}{3}$.

Le chaffis de fer, les poulies & les différentes pièces qui leur appartiennent, ont été exécutés avec toute la justesse possible, par le sieur Lennel, Elève & Successeur du sieur Canivet, pour la construction des instruments de Mathématiques.

6. LE bateau *Z* (Fig. 1) est tiré horizontalement dans le sens *HVS*, au moyen d'un poids *P* attaché à un cordon de soye *HVSRPX* qui passe sur les deux poulies, & qui pend toujours depuis le poids jusqu'à terre, afin que les deux parties *RS*, *RX* de ce cordon se fassent continuellement équilibre. Ce même cordon a environ 2 lignes $\frac{1}{2}$ de diamètre ; & il pèse 28 onces. Fig. 14

14 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

7 gros $\frac{1}{2}$, sur 39 toises $\frac{1}{2}$ de longueur ; ce qui fait un peu moins de 6 gros par toise.

Les deux points H & S du cordon sont de niveau, c'est-à-dire, à même hauteur au-dessus de la surface du fluide. La partie HVS du même cordon forme à la rigueur la courbe qu'on appelle *chaînette* ; mais cette courbe est peu sensible dans toutes nos expériences. On peut la considérer comme une ligne droite horizontale ; & supposer en conséquence que la tension de la corde qui tire le bateau, & qui est égale au poids P , agit suivant une direction horizontale.

7. SUR le bord longitudinal AB du bassin, à compter d'environ 5 pieds de la face AK , on a tracé une ligne $0-5-10-15$ &c, divisée en parties égales qui sont chacune de 5 pieds. Aux points 0, 5, 10, 15, &c, de cette ligne, répondent sur la paroi opposée du bassin, les points 0, 5, 10, 15, &c, aussi distants les uns des autres, de 5 pieds, & tellement situés qu'en menant les droites ponctuées $0-0$, $5-5$, $10-10$, $15-15$, &c, toutes ces lignes sont perpendiculaires à la direction du bateau.

8. ON a planté sur le bord AB , dans l'alignement de plusieurs des droites $0-0$, $5-5$, $10-10$, &c, des piquets un peu larges dans le sens de ces lignes. Différents Observateurs placés à ces piquets, & bornoyant les points correspondants 0 & 0, 5 & 5, 10 & 10, 15 & 15, &c, déterminent l'instant où le bateau, par son mouvement, répond à chacune des lignes $0-0$, $5-5$, $10-10$, &c, en prêtant

l'oreille à la voix de celui qui compte hautement les oscillations à demi-secondes de la pendule.

9. LE poids moteur étant au haut du mât, le bateau est distant de la droite $o - o$, où l'on cesse d'observer le mouvement, de 66 pieds, du moins à très-peu de chose près; en sorte que depuis le point de départ jusqu'à son arrivée à cette ligne, il parcourt réellement 66 pieds. Mais comme le mouvement s'accélère d'une manière sensible dans les commencements, nous n'avons pas observé les premiers degrés d'accélération; nous n'avons déterminé le mouvement que sur les 50 pieds qui viennent se terminer à la ligne $o - o$. Ainsi le corps a déjà parcouru 16 pieds, en partant de zero de vitesse, lorsque nous commençons à comparer l'espace avec le tems. Nous faisons cette comparaison sur une longueur de 50 pieds; & nous déterminons non-seulement le tems total employé à parcourir cet espace, mais encore les tems particuliers employés à parcourir ses parties égales ou inégales, suivant la position des piquets & des Observateurs.

10. LES points de division 0, 5, 10, 15, &c; de la droite ab , vont en sens contraire du mouvement du bateau. On a réellement employé ces points dans les expériences; mais pour plus de simplicité, nous imaginerons parallèlement à ab , une droite cd sur laquelle nous écrirons zero vis-à-vis du point 50 sur ab , 5 vis-à-vis de 45, &c. Par-là, nous commencerons à compter le mouvement depuis le point zero, jusqu'au point 50.

11. ON ne s'est pas assujetti à faire commencer le tems avec le mouvement. Outre que la chose eût été embarrassante, on sent qu'elle est absolument inutile ; car en retranchant le nombre de demi-secondes, prononcé à l'instant où le bateau passe vis-à-vis le point zero, du nombre de demi-secondes, prononcé à l'instant où il passe vis-à-vis d'un autre point, on a évidemment le tems employé à parcourir l'espace compris entre ces deux points. Ainsi on pourra faire répondre zero de tems à zero d'espace, comme nous l'avons pratiqué en effet, pour la plus grande clarté, dans la rédaction de nos expériences.

12. Nous ne croyons pas non plus devoir rapporter ici ces expériences dans l'ordre où elles ont été faites, parce que cet ordre, déterminé dans la pratique par des raisons de commodité & d'expédition, jetteroit de la confusion dans le discours. Nous préférons maintenant l'ordre de la méthode, qui conduit d'une expérience à l'autre, en passant successivement des cas les plus simples aux plus composés. C'est ainsi qu'après avoir déterminé la résistance qu'éprouve une surface plane qui divise directement un fluide, ou qui le choque perpendiculairement, nous déterminerons les résistances des surfaces angulaires.

Il n'y a aucune de nos expériences qui n'ait été répétée & vérifiée plusieurs fois avec toute l'attention possible ; nous avons pris un milieu entre celles qui différoient très-peu entr'elles, & que nous jugions d'ailleurs fort exactes ; toutes les autres qui n'avoient pas ce caractère ont été rejetées. Dans les expériences
conservées,

conservées, les différences des tems employés à parcourir 50 pieds, sont souvent au-dessous de 1 demi-seconde, & ne montent presque jamais à 1 seconde.

13. LES vaisseaux qui ont couru successivement seront distingués par différents numeros. On entendra toujours par cette expression, *hauteur du plan de flottaison*, ou simplement, *hauteur de la flottaison*, la quantité dont le vaisseau est plongé dans l'eau suivant la verticale. Le fond ou la quille de chaque vaisseau est toujours de niveau ou parallèle au plan de flottaison.

On fait prendre au vaisseau la flottaison convenable, en le chargeant de corps pesants, tels que des bombes, des boulets de canon, des pierres, &c.

14. COMME il est presque impossible dans la pratique, que la direction du cordon & celle de la force résultante de toutes les résistances demeurent constamment dans un même plan vertical, pendant que le bateau se meut; & que, si cette condition n'a pas lieu, le bateau serpentera en cheminant, & oscillera autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité: nous avons cherché à prévenir ou à suspendre ces mouvements étrangers & nuisibles à notre objet, en mettant un gouvernail à la poupe du vaisseau. Ce moyen a très-bien réussi pour les mouvements sur le fluide indéfini; mais il a été trouvé insuffisant dans les canaux étroits, du moins lorsqu'il restoit très-peu d'espace entre les parois du canal & celles du bateau; & nous avons été obligés d'employer alors un

autre expédient que nous ferons connoître en son lieu.

Le gouvernail est, dans tous les cas, une planche mince, dont le plan vertical ne s'écarte jamais, au moins sensiblement, du plan vertical & longitudinal qui partage le vaisseau en deux parties égales & semblables. Nous verrons dans la suite que la résistance qui provient du frottement de l'eau contre les parois latérales du vaisseau, contre le fond, & contre le gouvernail, peut être regardée comme nulle par rapport à la résistance qu'éprouve la proue de chaque vaisseau.

Passons à la forme & aux dimensions des vaisseaux dont nous nous sommes servis. Voyez les Planches IV & V.

Pl. IV, V.

V A I S S E A U N^o. I.

N^o. I.

15. CE vaisseau qui est, suivant sa profondeur ou dimension verticale, un prisme droit, a pour base ou pour sa coupe horizontale, un pentagone $ABCDE$, dont les côtés AE , BC sont perpendiculaires à la face de la tête, ou à la proue AB , & dont la partie postérieure ou la poupe est un triangle isoscèle CDE . Le châssis de bois $CGFE$, qui est en l'air & ne trempe point dans l'eau, est destiné à soutenir le gouvernail, & à lui donner la direction convenable.

$AB = 1$ pied ; $AE = BC = mn = 4$ pieds ; $nD = 2$ pieds ; $DH = 4$ pieds 4 pouces ; profondeur du vaisseau = 18 pouces. Il est inutile d'avertir en général que la profondeur d'un vaisseau est plus grande que la quantité dont il trempe dans l'eau.

Nous prenons toujours ici & dans la suite, les mesures de dehors en dehors.

V A I S S E A U N^o. 2.

16. CE vaisseau, prismatique suivant sa profondeur, a pour base ou coupe horizontale, un exagone *ABCLKE* dont les faces latérales *AE*, *BC* sont perpendiculaires à la proue *AB*, & dont la poupe est le trapèze *CLKE*. Le chaffis *CGFE*, extérieur à l'eau, soutient le gouvernail *DH*. N^o. 2.

AB = 2 pieds ; *AE* = *BC* = *mn* = 4 pieds ; *nD* = 2 pieds ; *KL* = 1 pied ; *DH* = 4 pieds 4 pouces ; profondeur du vaisseau = 18 pouces.

V A I S S E A U N^o. 3.

17. CE vaisseau est un parallélépipède rectangle, dont *AB* représente la proue, *EC* la poupe, *AE* & *BC* les faces latérales, *DH* le gouvernail, lequel est soutenu par un demi-cercle de fer *CFE* qui est hors de l'eau. N^o. 3.

AB = 19 pouces 8 lignes ; *AE* = *BC* = *mD* = 6 pieds 1 pouce ; *DH* = 5 pieds ; profondeur du vaisseau = 19 pouces 8 lig.

V A I S S E A U N^o. 4.

18. TRONÇON du précédent coupé perpendiculairement à sa longueur. Il n'y a de différence que dans la longueur qui est ici de 2 pieds 1 pouce 9 lignes. N^o. 4.

VAISSEAU N^o. 5.N^o. 5.

19. AUTRE tronçon du n^o. 3 coupé perpendiculairement à sa longueur. Ici la longueur est de 4 pieds.

VAISSEAU N^o. 6.N^o. 6.Fig. A, B,
C, D.

20. CE vaisseau est dans le sens de sa longueur, un prisme représenté en perspective par *AB* (Fig. A). Le rectangle *CDEF* (Fig. B) en est une section horizontale, faite à l'endroit le plus large. Le rectangle *IHGK* (Fig. C) est sa coupe verticale & longitudinale, qui le divise en deux parties égales & semblables. La Figure *LMN* (Fig. D) représente chacune des bases opposées du vaisseau, ou la coupe faite en un endroit quelconque, perpendiculairement à sa longueur.

Longueur *CD* ou *HG* = 6 pieds ; largeur *DE* ou *CF* ou *cf* = 19 pouces 8 lignes ; profondeur *KG* ou *IH* ou *OM* = 19 $\frac{1}{2}$ pouces.

VAISSEAU N^o. 7.N^o. 7.

21. CE vaisseau est le n^o. 1, retourné de l'avant à l'arrière, en sorte que la poupe de celui-ci est maintenant la proue du n^o. 7. Le chaffis *CFGE* placé à la poupe, soutient le gouvernail à l'ordinaire.

AB = 1 pied ; *QT* = 2 pieds.

VAISSEAUX N^{os}. 8, 9, 10, 11, 12.Nos. 8, 9,
10, 11, 12.

22. Tous ces vaisseaux font le n^o. 2, auquel on a

adapté des proues angulaires ADB dont les faces sont verticales & égales, & qui ne diffèrent que par leurs hauteurs DQ .

$$\left. \begin{array}{l} \text{N}^{\text{os}}. 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{array} \right\} DQ = \left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ pouces.} \\ 12 \\ 18 \\ 24 \\ 30 \end{array} \right.$$

V A I S S E A U X N^{os}. 13, 14.

23. CES deux vaisseaux ne sont autre chose que Nos. 13, 14. le n^o. 3, auquel on a adapté successivement deux proues angulaires ADB qui diffèrent seulement par leurs hauteurs DQ .

$$\left. \begin{array}{l} \text{N}^{\text{os}}. 13 \\ 14 \end{array} \right\} DQ = \left\{ \begin{array}{l} 9 \text{ pouces } 9 \frac{1}{2} \text{ lignes.} \\ 19 \qquad \qquad 8 \end{array} \right.$$

V A I S S E A U X N^{os}. 15 & 16.

24. ON a représenté par leurs profils ou coupes Nos. 15 & 16. verticales ou longitudinales $KARS$, ces deux vaisseaux qui ne sont que le n^o. 4, auquel ont été adaptées les proues AN qui forment des plans inclinés à la surface du fluide.

$$\left. \begin{array}{l} \text{N}^{\text{os}}. 15 \\ 16 \end{array} \right\} KM = \left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ pouces} \\ 39 \text{ pouces } 3 \text{ lignes.} \end{array} \right.$$

Dans l'un & l'autre vaisseau, $KA = 19$ pouces 8 lig.

V A I S S E A U X N^{os}. 17 & 18.

25. LES mêmes que les deux précédents retour- Nos. 17 & 18. nés de haut en bas, de manière que KS , qui étoit

22 RÉSISTANCE DES FLUIDES;

tout-à-l'heure la base supérieure, est maintenant la base inférieure.

On doit observer ici que la petite épaisseur $MN = 1$ pouce.

V A I S S E A U N°. 19.

N°. 19. 26. CE vaisseau est le n°. 3, auquel on a appliqué une proue cylindrique dont AB est le diamètre.

V A I S S E A U N°. 20.

N°. 20. 27. CONSTRUIT d'après un modèle de la précieuse collection de vaisseaux de toutes espèces & de toutes grandeurs, que M. Duhamel a rassemblés dans une salle qui touche à celle de l'Académie des Sciences.

Fig. A, B,
C, D, E, F.

Il est représenté en perspective, par la Figure A. La Figure B en est la coupe horizontale, faite parallèlement à la quille, à l'endroit le plus large du vaisseau. La Figure C est la coupe verticale & longitudinale qui divise ce vaisseau en deux parties égales & semblables. La Figure D est la coupe latitudinale, à l'endroit le plus gros, laquelle est perpendiculaire à la longueur; elle répond aux lignes marquées par MN au plan & au profil. Enfin les Figures E & F sont d'autres sections latitudinales perpendiculaires à la longueur, lesquelles répondent aux droites GH sur le plan & sur le profil.

La longueur du vaisseau est de 6 pieds; la profondeur & la plus grande largeur sont chacune de 19 pouces 8 lignes.

Tous ces vaisseaux ont été exécutés par le sieur Valette, Menuisier très-adroit & très-intelligent.

C H A P I T R E I I.

Expériences sur la Résistance des Fluides indéfinis.

28. **L'**EAU du bassin proposé peut être regardée comme un fluide indéfini par rapport aux vaisseaux qui s'y meuvent. En effet, la ligne décrite par le vaisseau est distante de la paroi *AB* la plus voisine (Pl. I, Fig. 1 & Pl. II) d'environ 17 pieds; & le fillon que ce vaisseau trace, ne s'étend guère à plus de 2 pieds de part & d'autre de ses côtés; on peut regarder le reste de l'eau comme immobile. Le fluide qui est au-dessous du bateau peut être aussi regardé, dans le cas présent, comme indéfini, puisqu'il y a toujours plus de 4 pieds de profondeur d'eau, à compter du fond du bateau. Pl. I & II

29. LE bateau étant supposé en repos, le fluide est de niveau tout autour de lui; mais aussi-tôt qu'il commence à se mouvoir, on voit l'eau s'élever peu-à-peu au-devant de la proue, & y former une espèce de *remou* ou de proue fluide qui n'est pas de niveau avec le fluide latéral. La hauteur du remou est plus grande vers le milieu de la proue que vers ses extrémités. Nous appellerons le remou de la première espèce, *remou central*; celui de la seconde, *remou latéral*. Quelquefois le remou latéral, précisément à la

pointe de chaque angle extrême de la proue, est plus bas que la ligne de flottaison ; alors sa valeur est négative. On a observé ordinairement les deux espèces de remou ; mais quelques-unes de ces observations n'ont pas été faites avec toute l'attention possible. Nous ne rapporterons que celles qui nous ont paru exactes.

On comprend assez que la hauteur du remou central doit augmenter (& c'est ce qui arrive en effet), tant que la vitesse du corps s'accélère. Mais lorsque le mouvement est parvenu à l'uniformité, cette hauteur demeure constamment la même. On a donc par-là un moyen bien simple (si l'observation est faite très-exactement) de reconnoître si le mouvement est uniforme, indépendamment de la comparaison des espaces parcourus avec les tems correspondants.

30. POUR mettre de la méthode & de la clarté dans l'exposition de nos expériences, nous allons commencer par rapporter celles qui ont pour objet la résistance directe, c'est-à-dire, la résistance des surfaces planes qui frappent perpendiculairement le fluide. De là nous passerons à la résistance oblique ou à celle des surfaces posées obliquement par rapport à la direction du mouvement.



RÉSISTANCE DIRECTE.

EXPÉRIENCE I.

VAISSEAU N ^o . 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 21 lig. remou latéral = 15 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,20	17,80	26,62	43,70

N^o. 1.

EXPÉRIENCE II.

VAISSEAU N ^o . 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 23 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,70	16,70	24,70	40,60

EXPÉRIENCE III.

VAISSEAU N ^o . 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 19 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,12	15,65	23,53	38,37

EXPÉRIENCE IV.

VAISSEAU N ^o . I. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou *				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	14,00	20,30	34,30	

EXPÉRIENCE V.

VAISSEAU N ^o . I. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 26 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secon.	0	7,00	13,45	20,25	33,75	

EXPÉRIENCE VI.

VAISSEAU N ^o . I. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 29 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secon.	0	7,00	13,50	20,00	32,75	

EXPÉRIENCE VII.

VAISSEAU N ^o . 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou *				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secon.	0	6,90	13,00	19,71	32,16	

EXPÉRIENCE VIII.

VAISSEAU N ^o . 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 15 lig.					N ^o . 2.
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50	
Temps du mouvement en demi-secon.	0	10,57	18,84	25,24	29,00	50,11	

EXPÉRIENCE IX.

VAISSEAU N ^o . 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	9,98	18,96	23,67	27,91	46,83

EXPÉRIENCE X.

VAISSEAU N ^o . 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 25 lig. remou latéral = 21 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	9,48	18,70	22,95	27,22	44,54

EXPÉRIENCE XI.

VAISSEAU N ^o . 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 27 lig. remou latéral = 23 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	9,00	16,95	21,05	25,13	41,25

EXPÉRIENCE XII.

VAISSEAU N ^o . 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 26 $\frac{1}{2}$ lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	8,10	15,65	19,90	23,58	38,70

Unable to display this page

EXPÉRIENCE XVI.

VAISSEAU N ^o . 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 44 lig. remou latéral = 37 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,91	13,33	19,74	32,33

EXPÉRIENCE XVII.

N^o. 3.
1^{re} ligne de
flottaison.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,87	26,87	31,89	51,94

EXPÉRIENCE XVIII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 18 $\frac{1}{2}$ lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,19	19,64	24,44	29,36	47,75

EX P É R I E N C E XIX.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 14 marcs.				
haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		remou central = 21 lig.				
		remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	18,37	22,87	27,25	44,62

EX P É R I E N C E XX.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 16 marcs.				
haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		remou central = 24 lig. $\frac{1}{2}$.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,06	17,31	21,62	25,43	41,75

EX P É R I E N C E XXI.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 18 marcs.				
haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		remou central = 28 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,67	16,00	20,00	23,54	38,84

EXPÉRIENCE XXII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 32 $\frac{1}{2}$ lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,20	15,80	19,60	23,30	37,80

EXPÉRIENCE XXIII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 35 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,69	15,31	18,75	22,31	36,31

EXPÉRIENCE XXIV.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 38 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,31	14,50	18,00	21,28	34,75

EXPÉRIENCE XXV.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 27 marcs.				
haut. de flot. = 7 pouc. 10 lig.		remou central = 42 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,95	13,50	16,85	20,44	33,40

EXPÉRIENCE XXVI.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 30 marcs.				
haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		remou central = 46 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,62	13,25	16,62	20,00	32,50

EXPÉRIENCE XXVII.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 36 marcs.				
haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.		remou central = 50 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,35	12,65	15,58	18,58	29,90

34 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
 EXPÉRIENCE XXVIII.

2^e ligne de
 flottaison.

VAISSEAU N ^o . 3. haut de la flot. = 12 pouc. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 9 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	13,97	26,81	33,34	39,37	63,82

EXPÉRIENCE XXIX.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 pouc. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 11 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	12,60	24,65	30,15	36,20	58,55

EXPÉRIENCE XXX.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 pouc. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 13 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,60	22,30	27,70	33,00	54,35

EXPÉRIENCE XXXI.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 15 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,00	22,04	27,04	32,28	52,00

EXPÉRIENCE XXXII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 16 $\frac{1}{2}$ lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,60	20,25	25,25	30,00	48,50

EXPÉRIENCE XXXIII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 19 marcs. remou central = 17 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,30	19,90	24,70	29,10	47,00

EXPÉRIENCE XXXIV.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,20	19,58	24,07	28,45	46,05

EXPÉRIENCE XXXV.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 19 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,90	18,18	22,81	26,93	44,12

EXPÉRIENCE XXXVI.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 20 lig. $\frac{1}{2}$.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	17,36	21,50	25,78	42,07

EXPÉRIENCE XXXVII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 25 marcs. remou central = 22 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	16,94	21,00	24,90	40,70

EXPÉRIENCE XXXVIII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 26 marcs. remou central = 23 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,80	16,85	20,60	24,75	40,25

EXPÉRIENCE XXXIX.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 24 lig. $\frac{1}{2}$.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,21	16,19	19,62	23,65	38,53

Unable to display this page

EXPÉRIENCE XLIII.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 34 $\frac{1}{2}$ lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,12	13,96	17,31	20,50	33,50

EXPÉRIENCE XLIV.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 15 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,95	21,32	26,25	31,15	50,75

3^e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE XLV.

VAISSEAU N ^o . 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,18	24,12	28,43	46,50

EXPÉRIENCE XLVI.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 28 marcs.				
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		remou central = 21 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,80	18,31	22,46	26,93	43,81

EXPÉRIENCE XLVII.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 32 marcs.				
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		remou central = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,37	17,27	21,37	25,12	41,00

EXPÉRIENCE XLVIII.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 36 marcs.				
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		remou central = 27 $\frac{1}{2}$ lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,60	16,56	20,06	24,06	38,75

EXPÉRIENCE XLIX.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 40 marcs.				
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		remou central = 33 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes	0	8,06	15,48	19,18	22,50	36,50

EXPÉRIENCE L.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 44 marcs.				
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		remou central = 36 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	7,70	14,10	18,50	20,99	34,66

EXPÉRIENCE LI.

VAISSEAU N ^o . 3.		POIDS MOTEUR = 48 marcs.				
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		remou central = 39 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	7,00	13,80	17,25	20,44	33,69

EXPÉRIENCE LII.

N^o. 4.

VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou *			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,05	22,18	32,30	52,15

EXPÉRIENCE LIII.

VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 16 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,12	19,60	28,25	46,09

EXPÉRIENCE LIV.

VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 23 lig. remou latéral = 17 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,55	17,45	25,86	42,27

EXPÉRIENCE LV.

VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou *			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,30	16,30	23,28	38,98

EXPÉRIENCE LVI.

VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 8 marcs. remou central = 9 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,91	34,30	40,75	65,75

N^o. 6.
1^{re} ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE LVII.

VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	12,78	30,06	37,38	59,66

Unable to display this page

EXPÉRIENCE LXI.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 20 marcs.			
haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		remou central = 26 $\frac{1}{2}$ lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouem. en demi-secon.	0	9,33	22,56	26,33	43,14

EXPÉRIENCE LXII.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 24 marcs.			
haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		remou central = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mou- vement en de- mi-secondes.	0	8,00	19,50	23,69	38,92

EXPÉRIENCE LXIII.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 30 marcs.			
haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		remou central = 36 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mou- vement en de- mi-secondes.	0	7,10	18,78	20,95	34,82

EXPÉRIENCE LXIV.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 36 marcs.			
haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		remou central = 42 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouven. en demi-secon.	0	6,96	17,05	20,18	32,72

EXPÉRIENCE LXV.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 44 marcs.			
haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		remou central = 50 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mou- vement en de- mi-secondes.	0	6,62	15,12	18,69	30,00

EXPÉRIENCE LXVI.

N^o. 6.
2^o ligne de
flottaison.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 8 marcs.			
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 9 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouven. en demi-secon.	0	16,74	37,67	46,34	74,00

EXPÉRIENCE LXVII.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 10 marcs.			
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 11 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	14,31	33,25	40,42	65,56

EXPÉRIENCE LXVIII.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.			
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 13 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,00	31,20	37,20	60,70

EXPÉRIENCE LXIX.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 14 marcs.			
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 16 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,12	29,36	34,46	56,61

EXPÉRIENCE LXX.

VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,10	27,40	32,30	53,05

EXPÉRIENCE LXXI.

VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,12	24,55	29,25	47,67

EXPÉRIENCE LXXII.

VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 27 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,08	22,43	26,37	43,06

EXPÉRIENCE

EXPÉRIENCE LXXIII.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 30 marcs.			
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 33 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,31	20,37	24,00	39,25

EXPÉRIENCE LXXIV.

VAISSEAU N ^o . 6.		POIDS MOTEUR = 36 marcs.			
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 38 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,83	18,75	22,08	35,83

RÉSISTANCE OBLIQUE.

EXPÉRIENCE LXXV.

VAISSEAU N ^o . 7.		POIDS MOTEUR = 10 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 24 lig. remou latéral = 0.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,56	15,06	21,18	33,06

N^o. 7.

50 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
 EXPÉRIENCE LXXVI.

VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 29 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	13,95	19,80	30,80	

EXPÉRIENCE LXXVII.

VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 33 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,80	12,79	18,20	28,70	

EXPÉRIENCE LXXVIII.

VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,25	11,87	17,25	27,25	

EXPÉRIENCE LXXIX.

VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 37 lig. remou latéral = 2 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	5,55	10,85	15,89	25,25

EXPÉRIENCE LXXX.

VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 38 lig. remou latéral = 4 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	5,25	10,37	15,37	24,50

EXPÉRIENCE LXXXI.

VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 38 $\frac{1}{2}$ lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	5,00	10,00	14,62	23,62

EXPÉRIENCE LXXXII.

VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 39 lig. remou latéral = 6 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	4,96	9,94	14,50	23,40

EXPÉRIENCE LXXXIII.

N^o. 8.

VAISSEAU N ^o . 8. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 12 lig. remou latéral = 6 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	12,50	23,75	34,71	55,79

EXPÉRIENCE LXXXIV.

VAISSEAU N ^o . 8. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 14 lig. remou latéral = 7 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	11,20	21,30	31,40	51,40

EXPÉRIENCE LXXXV.

VAISSEAU N ^o . 8. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 15 lig. remou latéral = 7 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	10,50	20,68	30,70	50,00

EXPÉRIENCE LXXXVI.

VAISSEAU N ^o . 8. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 21 lig. remou latéral = 11 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,20	18,20	26,10	43,50

EXPÉRIENCE LXXXVII.

VAISSEAU N ^o . 8. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 27 lig. remou latéral = 17 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,16	16,00	23,50	38,50

EXPÉRIENCE LXXXVIII.

VAISSEAU N ^o . 8.		POIDS MOTEUR = 28 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 30 lig. remou latéral = 19 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,75	14,87	22,50	37,00

EXPÉRIENCE LXXXIX.

VAISSEAU N ^o . 8.		POIDS MOTEUR = 32 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 34 lig. remou latéral = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	7,12	14,00	21,48	34,92

EXPÉRIENCE XC.

VAISSEAU N ^o . 8.		POIDS MOTEUR = 36 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 39 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	7,00	13,81	20,37	33,12

EXPÉRIENCE XCI.

VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,00	22,14	31,71	49,71

N^o. 9.

EXPÉRIENCE XCII.

VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,87	18,75	26,68	42,68

EXPÉRIENCE XCIII.

VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,68	16,31	23,62	38,18

EXPÉRIENCE XCIV.

VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 11 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,36	15,50	22,50	35,56

EXPÉRIENCE XCV.

VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 33 lig. remou latéral = 9 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,80	14,45	20,95	32,95

EXPÉRIENCE XCVI.

VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou *			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,50	13,60	20,00	31,60

EXPÉRIENCE XCVII.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou *			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	12,20	22,10	31,80	49,80

N^o. 10.

EXPÉRIENCE XCVIII.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 14 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,62	19,71	28,21	44,35

EXPÉRIENCE XCIX.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,87	17,80	26,00	41,00

EXPÉRIENCE C.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,30	17,30	25,00	39,00

EXPÉRIENCE CI.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 11 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	8,25	15,75	22,69	35,75

EXPÉRIENCE CII.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 27 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mou- vement en de- mi-secondes.	0	8,00	14,50	20,64	32,62

EXPÉRIENCE CIII.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 33 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,46	13,39	19,37	30,37

EXPÉRIENCE CIV.

VAISSEAU N ^o . 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 38 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	12,87	18,57	28,87

EXPÉRIENCE CV.

VAISSEAU N ^o . II. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 16 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,62	21,56	29,76	45,62

N^o. II.

EXPÉRIENCE CVI.

VAISSEAU N ^o . II. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,83	18,46	26,16	41,50

EXPÉRIENCE CVII.

VAISSEAU N ^o . II. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 21 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,75	18,00	25,56	39,96

EXPÉRIENCE CVIII.

VAISSEAU N ^o . II. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 6 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,55	16,88	23,90	37,70

EXPÉRIENCE CIX.

VAISSEAU N ^o . II.		POIDS MOTEUR = 20 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 29 lig. remou latéral = 0.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,30	15,10	21,50	33,45

EXPÉRIENCE CX.

VAISSEAU N ^o . II.		POIDS MOTEUR = 24 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 35 lig. remou latéral = 0.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,00	13,60	19,40	30,70

EXPÉRIENCE CXI.

VAISSEAU N ^o . II.		POIDS MOTEUR = 28 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 40 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,20	12,90	18,20	28,50

EXPÉRIENCE CXII.

VAISSEAU N ^o . II.		POIDS MOTEUR = 32 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 45 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,90	12,70	17,60	27,60

EXPÉRIENCE CXIII.

N^o. 12.

VAISSEAU N ^o . 12.		POIDS MOTEUR = 10 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 16 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,35	21,00	29,70	45,50

EXPÉRIENCE CXIV.

VAISSEAU N ^o . 12.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.			
haut. de la flottaison = 1 pied.		remou central = 21 lig. remou latéral = 4 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,12	18,50	26,62	41,12

Unable to display this page

EXPÉRIENCE CXVIII.

VAISSEAU N ^o . 12. haut de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 38 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,70	14,10	19,68	30,81

EXPÉRIENCE CXIX.

VAISSEAU N ^o . 12. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 45 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,17	13,20	18,37	28,62

EXPÉRIENCE CXX.

VAISSEAU N ^o . 12. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 52 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,88	12,34	17,40	27,00

EXPÉRIENCE CXXI.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 17 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,35	17,25	21,70	26,00	41,60

N^o. 13.
1^e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CXXII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 23 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,06	16,25	20,44	23,81	38,18

EXPÉRIENCE CXXIII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 28 lig. remou latéral = 10 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,75	15,06	18,81	21,80	35,37

EXPÉRIENCE CXXIV.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 12 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	14,80	18,35	21,30	33,90

EXPÉRIENCE CXXV.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 35 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecon.	0	6,90	13,40	16,81	19,70	31,95

EXPÉRIENCE CXXVI.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 39 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecon.	0	6,80	13,10	16,40	18,90	30,45

EXPÉRIENCE CXXVII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 13 lig. remou latéral = 2 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,85	22,60	27,05	33,10	52,00

2^e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CXXVIII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 16 lig. remou latéral = 2 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	17,40	21,30	25,05	30,50	47,90

EXPÉRIENCE CXXIX.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 20 lig. remou latéral = 3 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,71	20,00	23,12	28,70	45,12

EXPÉRIENCE CXXX.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 5 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	18,53	21,75	26,52	42,06

EXPÉRIENCE CXXXI.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 7 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	17,67	20,68	25,10	39,87

EXPÉRIENCE CXXXII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 8 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	9,00	16,31	20,01	23,57	37,68

EXPÉRIENCE CXXXIII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 9 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,31	15,50	18,42	22,00	35,50

EXPÉRIENCE CXXXIV.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 10 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,20	15,25	18,30	21,97	34,90

EXPÉRIENCE CXXXV.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 26 marcs. remou central = 38 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,96	14,56	17,75	21,60	34,00

EXPÉRIENCE CXXXVI.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 39 lig. $\frac{1}{2}$.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	7,38	13,81	16,87	20,45	32,37

EXPÉRIENCE CXXXVII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 41 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	7,18	13,40	16,50	19,59	31,05

EXPÉRIENCE CXXXVIII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 8 lig. remou latéral = 2 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	13,83	25,75	31,25	37,25	59,15

EXPÉRIENCE CXXXIX.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 11 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,00	24,10	29,05	34,55	54,60

EXPÉRIENCE CXL.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 14 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,41	22,74	27,37	32,23	51,11

EXPÉRIENCE CXLI.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 15 $\frac{1}{2}$ lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,12	20,55	25,31	29,32	47,20

EXPÉRIENCE CXLII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 17 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,94	23,65	27,52	44,50

EXPÉRIENCE CXLIII.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 18 $\frac{1}{2}$ lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,45	17,57	22,65	25,82	42,00

EXPÉRIENCE CXLIV.

VAISSEAU N ^o . 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 20 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	17,00	21,62	24,82	40,25

EXPÉRIENCE CXLV.

VAISSEAU N ^o . 13.		POIDS MOTEUR = 24 marcs.				
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		remou central = 23 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,67	16,31	20,65	23,67	38,40

EXPÉRIENCE CXLVI.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 10 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 20 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,62	16,25	20,15	23,57	36,57

N^o. 14.
1^e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CXLVII.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 26 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,30	14,81	18,47	22,00	34,00

74 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

EXPÉRIENCE CXLVIII.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 14 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 32 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,00	14,60	17,50	20,92	32,12

EXPÉRIENCE CXLIX.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 16 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 36 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,80	13,80	16,25	19,81	30,41

EXPÉRIENCE CL.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 18 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 40 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	13,29	15,65	19,05	29,20

EXPÉRIENCE CLI.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 20 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 44 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	12,79	15,10	18,26	28,10

EXPÉRIENCE CLII.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 22 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 47 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,60	12,20	14,60	17,32	27,00

EXPÉRIENCE CLIII.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 24 marcs.				
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 50 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,25	11,85	14,40	16,69	26,25

EXPÉRIENCE CLIV.

1^o ligne de
flotation.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 10 marcs.				
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 15 lig. remou latéral = 2 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,81	21,60	25,54	30,46	47,18

EXPÉRIENCE CLV.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.				
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 18 lig. remou latéral = 2 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,00	19,80	23,12	27,50	42,85

EXPÉRIENCE CLVI.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 14 marcs.				
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 20 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,09	17,84	22,00	25,00	39,45

EXPÉRIENCE CLVII.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 16 marcs.				
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,30	16,90	20,10	23,60	37,15

EXPÉRIENCE CLVIII.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 18 marcs.				
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 29 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	15,90	19,00	22,78	35,50

EXPÉRIENCE CLIX.

VAISSEAU N ^o . 14.		POIDS MOTEUR = 20 marcs.				
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 35 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,40	15,00	18,05	22,02	34,00

EXPÉRIENCE CLX.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 40 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,80	14,00	16,70	19,81	31,10

EXPÉRIENCE CLXI.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 45 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	13,04	16,15	18,61	29,30

EXPÉRIENCE CLXII.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 50 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,50	12,20	15,15	17,44	27,55

EXPÉRIENCE CLXIII.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 1 ⁺ lig. remou latéral = - 3 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	12,98	23,76	27,66	33,62	51,50

3^e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CLXIV.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou *.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,90	21,75	25,31	30,47	46,87

EXPÉRIENCE CLXV.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou *.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,85	20,40	24,00	28,50	44,00

EXPÉRIENCE CLXVI.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 5 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvem. en demi-secon.	0	10,20	19,00	26,85	41,50

EXPÉRIENCE CLXVII.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mou- vement en dé- mi-secondes.	0	10,00	18,12	25,27	39,12

EXPÉRIENCE CLXVIII.

VAISSEAU N ^o . 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvem. en demi-secon.	0	9,70	16,62	23,82	36,94

EXPÉRIENCE CLXIX.

VAISSEAU N ^o . 15. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,08	17,21	25,22	41,00

N^o. 15.

EXPÉRIENCE CLXX.

VAISSEAU N ^o . 15. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,00	15,33	23,08	37,50

EXPÉRIENCE CLXXI.

VAISSEAU N ^o . 15. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,90	14,00	20,00	33,32

82 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
 EXPÉRIENCE CLXXII.

VAISSEAU N ^o . 15. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	6,00	12,50	18,84	31,20

EXPÉRIENCE CLXXIII.

N^o. 16.

VAISSEAU N ^o . 16. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,22	17,55	25,25	40,33

EXPÉRIENCE CLXXIV.

VAISSEAU N ^o . 16. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mou- vement en de- mi-secondes.	0	8,22	15,60	22,50	35,95

EXPÉRIENCE CLXXV.

VAISSEAU N ^o . 16.		POIDS MOTEUR = 20 marcs.			
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,22	13,92	20,10	32,15

EXPÉRIENCE CLXXVI.

VAISSEAU N ^o . 16.		POIDS MOTEUR = 24 marcs.			
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,25	12,37	18,05	29,00

EXPÉRIENCE CLXXVII.

VAISSEAU N ^o . 17.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.			
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	13,10	26,15	39,20	65,00

N^o. 17.

EXPÉRIENCE CLXXVIII.

VAISSEAU N ^o . 17. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,10	23,13	34,63	57,50

EXPÉRIENCE CLXXIX.

VAISSEAU N ^o . 17. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,20	19,90	30,13	51,00

EXPÉRIENCE CLXXX.

VAISSEAU N ^o . 17. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	7,60	17,12	27,83	46,80

EXPÉRIENCE CLXXXI.

VAISSEAU N ^o . 18.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.			
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 19 lig. remou latéral = 13 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	11,60	24,00	35,50	59,00

N^o. 18.

EXPÉRIENCE CLXXXII.

VAISSEAU N ^o . 18.		POIDS MOTEUR = 16 marcs.			
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mou- vement en dé- mi-secondes.	0	9,20	20,15	31,50	52,40

EXPÉRIENCE CLXXXIII.

VAISSEAU N ^o . 18.		POIDS MOTEUR = 20 marcs.			
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	9,00	19,10	28,60	47,50

EXPÉRIENCE CLXXXIV.

VAISSEAU N ^o . 18.		POIDS MOTEUR = 24 marcs.			
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,80	18,72	27,79	44,89

RÉSISTANCE
DE QUELQUES SURFACES
COURBES.

EXPÉRIENCE CLXXXV.

N^o. 19.
1^e ligne de
flottaison.

VAISSEAU N ^o . 19.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.			
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		remou central = 26 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	8,06	16,07	22,75	36,00

EXPÉRIENCE CLXXXVI.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 33 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	13,75	20,20	32,20

EXPÉRIENCE CLXXXVII.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 40 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,92	12,68	18,76	29,60

EXPÉRIENCE CLXXXVIII.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 46 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,28	11,83	17,33	27,40

88 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

EXPÉRIENCE CLXXXIX.

2^e ligne de flottaison.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,10	28,00	44,00

EXPÉRIENCE CXC.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 26 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,12	17,18	24,37	38,50

EXPÉRIENCE CXCI.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 32 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,70	16,05	22,60	35,40

EXPÉRIENCE CXCII.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs; remou central = 38 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,10	14,31	21,12	32,69

EXPÉRIENCE CXCIII.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 15 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,31	21,75	31,12	49,31

3^e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CXCIV.

VAISSEAU N ^o . 19. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,20	18,00	26,32	42,62

EXPÉRIENCE CXCIV.

N^o. 20.
1^e ligne de
flottaison.

VAISSEAU N ^o . 20. haut de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 6 marcs. remou central = 14 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,10	20,55	35,70

EXPÉRIENCE CXCVI.

VAISSEAU N ^o . 20. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 8 marcs. remou central = 30 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,87	18,00	31,18

EXPÉRIENCE CXCVII.

VAISSEAU N ^o . 20. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 38 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	15,45	27,90

EXPÉRIENCE CXCVIII.

VAISSEAU N ^o . 20.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		remou central = 48 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,25	14,56	26,50

EXPÉRIENCE CXCIX.

VAISSEAU N ^o . 20.		POIDS MOTEUR = 8 marcs.		
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 33 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,94	20,71	36,69

2^e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CC.

VAISSEAU N ^o . 20.		POIDS MOTEUR = 10 marcs.		
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 36 $\frac{1}{2}$ lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,82	17,89	32,50

EXPÉRIENCE CCI.

VAISSEAU N ^o . 20.		POIDS MOTEUR = 12 marcs.		
haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		remou central = 40 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Temps du mouven. en demi-secon.	0	7,00	17,00	30,75



C H A P I T R E I I I .

*Expériences sur la Résistance des Fluides
dans des canaux étroits.*

1. **D**ANS le bassin qui a servi aux Expériences précédentes , on a établi (Pl. III , Fig. 1 , 2 , 3) , à une certaine profondeur , un plancher bien horizontal qui avoit environ 75 pieds de longueur sur 11 pieds de largeur. Deux cloisons verticales & sans cesse parallèles , s'approchent ou s'éloignent l'une de l'autre pour former un canal plus ou moins étroit ; elles sont soutenues par des traverses qui glissent dans des fentes qu'on a pratiquées à travers des pieux verticaux qui forment deux rangées parallèles , distantes l'une de l'autre d'environ 6 pieds 10 pouces.

Plan. III ;
Fig. 1 , 2 , 3 .

La Figure 1 représente le plan du bassin , du plancher & du canal. La Figure 2 est la coupe verticale & longitudinale du canal ; & la Figure 3 en est la coupe verticale & latitudinale.

2. **LORSQUE** le canal étoit fort étroit , il n'a jamais été possible de faire aller le bateau en ligne droite avec le secours d'un gouvernail. On a employé , pour cela , quatre poulies égales , bien mobiles , assemblées deux à deux dans une même chappe ; l'un des assemblages étoit fixé au milieu de la tête de la proue , l'autre

au milieu de la tête de la poupe; une corde tendue horizontalement avec force à l'aide d'un treuil, suivant la direction du milieu du canal, passoit entre chaque paire de poulies; & le bateau étoit obligé de suivre la direction de cette corde qui faisoit tourner de part & d'autre les poulies en sens contraires, sans frottement bien sensible. Les poulies, qui sont toutes les quatre de bois de buis, ont chacune 1 pouce 7 lignes $\frac{1}{2}$ de diamètre; & leurs tourillons qui sont de cuivre, ainsi que les chappes, ont une ligne $\frac{1}{4}$ de diamètre.

On voit (Fig. 4) le plan d'un assemblage de poulies; & (Fig. 5), sa coupe verticale & perpendiculaire à la direction du mouvement.

3. DANS la plupart des Expériences qui suivent, le canal est ouvert par les deux bouts, pour permettre au Fluide de fuir devant le bateau, & au Fluide postérieur de le suivre, comme cela arrive dans un canal étroit de longueur indéfinie. Mais nous avons fait aussi quelques Expériences, les deux bouts du canal étant fermés, pour comparer les résultats de cette hypothèse avec ceux du premier cas.

Par la profondeur de l'eau dans le canal, nous entendrons toujours la hauteur de l'eau au-dessus du plancher qui forme le fond du canal. Nous avons varié cette profondeur, en introduisant plus ou moins d'eau dans le bassin.



LE CANAL ÉTANT OUVERT
PAR LES DEUX BOUTS.

RÉSISTANCE DIRECTE.

EXPÉRIENCE I.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . I. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 12 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,04	21,61	31,82	50,86	

1^e profondeur & 1^e largeur du canal.

N^o. 1.

EXPÉRIENCE II.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . I. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 21 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,80	20,35	29,70	46,95	

96 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
 EXPÉRIENCE III.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . I. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,85	17,90	26,35	42,30

EXPÉRIENCE IV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . I. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 35 lig. remou latéral = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	17,20	25,20	39,80

EXPÉRIENCE V.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . I. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 40 lig. remou latéral = 34 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,30	16,50	24,25	38,65

EXPÉRIENCE

EXPÉRIENCE VI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	17,08	31,96	45,58	68,83

N^o. 26

EXPÉRIENCE VII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	15,75	29,41	41,50	62,75

EXPÉRIENCE VIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	15,33	27,66	39,41	59,33

EXPÉRIENCE IX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 56 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 26 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	13,70	25,50	36,30	54,80

EXPÉRIENCE X.

N^o. 4.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	17,14	32,75	45,96	69,86

EXPÉRIENCE XI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouven. en demi-secon.	0	15,05	28,40	40,60	61,80

EXPÉRIENCE XII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 21 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvem. en demi-secon.	0	13,65	25,45	36,50	55,65

EXPÉRIENCE XIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	13,00	24,50	35,00	52,50

EXPÉRIENCE XIV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 11 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	16,62	31,46	44,94	68,79

N^o. 5.

EXPÉRIENCE XV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 16 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	15,00	27,90	40,25	61,40	

EXPÉRIENCE XVI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 20 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	13,04	25,29	35,63	54,29	

EXPÉRIENCE XVII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,65	22,95	32,70	49,85	

EXPÉRIENCE XVIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 15 lig. remou latéral = 9 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	14,55	27,65	39,95	61,30

N^o. 6.

EXPÉRIENCE XIX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	12,80	24,25	34,65	53,45

EXPÉRIENCE XX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,05	21,00	30,55	47,45

EXPÉRIENCE XXI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,15	19,95	28,75	44,31

EXPÉRIENCE XXII.

1^e profondeur & 2^e largeur du canal.

N^o. 1.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 1. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,70	18,80	27,90	45,10

EXPÉRIENCE XXIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 1. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,60	16,85	25,25	41,00

EXPÉRIENCE XXIV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 1. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvem. en demi-secon.	0	8,40	16,05	24,10	38,50

EXPÉRIENCE XXV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 1. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 48 lig. remou latéral = 40 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,37	14,30	21,71	34,81

EXPÉRIENCE XXVI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvem. en demi-secon.	0	13,85	26,70	38,30	60,10

N^o. 2.

104 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
EXPÉRIENCE XXVII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	12,25	24,05	35,05	54,75	

EXPÉRIENCE XXVIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 28 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,90	22,65	32,90	51,00	

EXPÉRIENCE XXIX.

N^o. 5.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secon.	0	14,75	28,00	40,75	63,37	

EXPÉRIENCE XXX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 29 lig. remou latéral = 21 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	12,30	23,80	34,75	54,60

EXPÉRIENCE XXXI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	11,50	21,87	31,82	49,62

EXPÉRIENCE XXXII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 38 lig. remou latéral = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,25	20,35	29,95	46,25

106 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
EXPÉRIENCE XXXIII.

N^o. 6.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N^o. 6. haut. de la flot = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 20 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	12,16	22,48	33,19	53,00	

EXPÉRIENCE XXXIV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N^o. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,79	19,59	28,76	46,00	

EXPÉRIENCE XXXV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N^o. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	18,00	26,15	42,00	

Unable to display this page

108 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
EXPÉRIENCE XXXIX.

N^o. 2.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,42	20,00	29,83	47,83

EXPÉRIENCE XL.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 38 lig. remou latéral = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,60	18,70	27,40	44,00

EXPÉRIENCE XLI.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,85	16,85	25,25	40,55

EXPÉRIENCE XLII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 22 lig.		N ^o . 5.	
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20		
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	21,00	31,00	51,07

EXPÉRIENCE XLIII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 34 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	20,00	28,60	46,10

EXPÉRIENCE XLIV.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 39 lig. remou latéral = 32 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,79	17,67	27,00	43,00

110 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
 EXPÉRIENCE XLV.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 48 lig. remou latéral = 40 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,15	17,04	25,00	40,00

EXPÉRIENCE XLVI.

N^o. 6.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,75	19,00	27,90	45,60

EXPÉRIENCE XLVII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 28 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	8,55	16,60	24,60	40,10

EXPÉRIENCE XLVIII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces.		POIDS MOTEUR = 40 marcs.			
VAISSEAU N ^o . 6.		remou central = 44 lig. remou latéral = 34 lig.			
haut. de la flot. = 12 po 8 lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,70	15,10	22,20	36,10

EXPÉRIENCE XLIX.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig. largeur du canal indéfinie.		POIDS MOTEUR = 32 marcs.			
VAISSEAU N ^o . 2.		remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.			
haut. de la flottaison = 1 pied.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	17,00	25,25	41,66

3^e profondeur & 4^e largeur du canal.
N^o. 2.

EXPÉRIENCE L.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig. largeur du canal indéfinie.		POIDS MOTEUR = 40 marcs.			
VAISSEAU N ^o . 2.		remou central = 42 lig. remou latéral = 34 lig.			
haut. de la flottaison = 1 pied.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,87	15,00	22,76	37,56

EXPÉRIENCE LI.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig. largeur du canal indéfinie.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 48 lig.			
VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	14,37	21,62	35,37

EXPÉRIENCE LII.

N^o. 5.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig. largeur du canal indéfinie.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.			
VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,25	17,37	25,56	41,50

EXPÉRIENCE LIII.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig. largeur du canal indéfinie.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 42 lig. remou latéral = 36 lig.			
VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,87	15,20	22,50	37,00

EXPÉRIENCE

EXPÉRIENCE LIV.

PROFON. du canal = 5 po. 4 lig.
largeur du canal indéfinie.

VAISSEAU N^o. 5.

haut. de la flot. = 12 po. 5 1/2 lig.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.

remou central = 48 lig.

remou latéral = 42 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en de- mi-secondes.	0	7,31	14,87	21,87	35,25

EXPÉRIENCE LV.

PROFON. du canal = 17 po. 3 lig.
largeur du canal indéfinie.

VAISSEAU N^o. 2.

haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.

remou central = 30 lig.

remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en de- mi-secondes.	0	8,10	16,45	24,65	40,65

4^e profon-
deur & lar-
geur indéfi-
nie du canal.

N^o. 2.

EXPÉRIENCE LVI.

PROFON. du canal = 17 po. 3 lig.
largeur du canal indéfinie.

VAISSEAU N^o. 2.

haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 40 marcs.

remou central = 39 lig.

remou latéral = 33 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en de- mi-secondes.	0	7,50	13,90	21,10	35,60

EXPÉRIENCE LVII.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 46 lig. remou latéral = 38 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,80	12,80	19,05	32,55	

EXPÉRIENCE LVIII.

N^o. 5.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,50	16,25	23,87	39,00	

EXPÉRIENCE LIX.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N ^o . 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,37	14,56	21,55	35,15	

EXPÉRIENCE LX.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie.		POIDS MOTEUR = 48 marcs.			
VAISSEAU N ^o . 5.		remou central = 42 lig.			
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{7}$ lig.		remou latéral = 32 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	6,46	12,52	19,25	31,83

RÉSISTANCE OBLIQUE.

EXPÉRIENCE LXI.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$.		POIDS MOTEUR = 16 marcs.			
largeur du canal = 18 pouc. $\frac{1}{2}$.		remou central = 14 lig.			
VAISSEAU N ^o . 7.					
haut. de la flottaison = 1 pied.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,90	18,10	26,40	42,80

2^e profondeur & 1^e largeur du canal.

N^o. 7.

116 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
EXPÉRIENCE LXII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,10	16,28	24,12	39,37

EXPÉRIENCE LXIII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 7. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	15,32	22,80	37,25

EXPÉRIENCE LXIV.

N^o. 9.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secon.	0	16,12	29,52	41,87	64,83

EXPÉRIENCE LXV.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{3}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouven. en demi-secon.	0	14,87	26,87	38,47	59,60

EXPÉRIENCE LXVI.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{3}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mou- vement en dé- mi-secondes.	0	13,30	24,50	35,40	54,50



*LE CANAL ÉTANT FERMÉ
PAR LES DEUX BOUTS.*

RÉSISTANCE DIRECTE.

EXPÉRIENCE LXVII.

2^o profon-
deur & 1^e lar-
geur du ca-
nal.

N 1.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 18 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N^o. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Nombre de pieds parcourus.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">10</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">20</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">30</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Tems du mouvement en demi-secondes.</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">10,00</td> <td style="text-align: center;">20,25</td> <td style="text-align: center;">30,00</td> <td style="text-align: center;">49,00</td> </tr> </table>	Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	20,25	30,00	49,00	
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50								
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	20,25	30,00	49,00								

EXPÉRIENCE LXVIII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 18 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N^o. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Nombre de pieds parcourus.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">10</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">20</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">30</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Tems du mouvement en demi-secondes.</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9,60</td> <td style="text-align: center;">18,87</td> <td style="text-align: center;">27,87</td> <td style="text-align: center;">45,12</td> </tr> </table>	Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50	Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,60	18,87	27,87	45,12	
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50								
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,60	18,87	27,87	45,12								

EXPÉRIENCE LXIX.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 1. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,80	17,50	25,81	41,94

EXPÉRIENCE LXX.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	27,40	30,00	43,40	69,80

N^o. 2.

EXPÉRIENCE LXXI.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	14,10	27,11	39,80	64,20

120 RÉSISTANCE DES FLUIDES,
 EXPÉRIENCE LXXII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvem. en demi-secon.	0	13,60	25,80	37,65	60,60

R E M A R Q U E.

Dans les Expériences sur le fluide indéfini, qui font la matière du Chapitre précédent, nous avons employé des gouvernails pour faire aller nos bateaux en ligne droite; dans celles du présent Chapitre, nous avons employé, pour le même objet, une corde tendue qui passoit de la poupe à la proue entre deux paires de poulies mobiles, ainsi qu'il a été expliqué. Reste à favoir si les résistances occasionnées par ces deux moyens sont les mêmes, du moins à peu près, & si elles ne produisent pas des différences sensibles dans les vitesses des bateaux. Pour éclaircir ce doute, nous avons fait les trois Expériences suivantes dans lesquelles chaque vaisseau est dirigé par un gouvernail, & qu'il faut comparer chacune à chacune des Expériences XXXIX, XL & XLI. En faisant cette comparaison, on verra que la résistance occasionnée par les poulies est plus grande que celle qui est occasionnée par le gouvernail; mais la différence est légère, & peut se négliger sans craindre d'erreur sensible.

EXPÉRIENCE LXXIII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,96	29,25	47,15

N^o. 2.

EXPÉRIENCE LXXIV.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	9,35	18,25	27,05	43,80

EXPÉRIENCE LXXV.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N ^o . 2. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Temps du mouvement en demi-secondes.	0	8,65	16,70	25,15	40,45

CHAPITRE IV.

Addition aux deux Chapitres précédents.

1. **L**ES Expériences qui font l'objet de cette addition, nous ayant paru un peu moins exactes que les précédentes, nous avons d'abord résolu de les supprimer. Mais après les avoir discutées, nous avons vu que nonobstant certaines irrégularités auxquelles les mouvements sont ici sujets, comme nous l'observerons plus expressément tout-à l'heure, ces nouvelles Expériences suivent entr'elles la même loi qui règne entre toutes les autres de même nature; c'est ce qui nous détermine à les donner par supplément. Elles ont l'avantage de faire connoître, du moins à peu près, les résistances pour des proues fort étendues en superficie.

Pl. V.
N^o. 21 & 22.

2. LE bateau N^o. 21 est le N^o. 5 qu'on fait mouvoir maintenant, de telle sorte que sa grande face, qui a 4 pieds de largeur, sert de proue; & le N^o. 22 n'est autre chose que le N^o. 21 auquel on a adapté une proue triangulaire dont la hauteur $DQ = 1$ pied.

3. LES bateaux dont il s'agit, vont en serpentant, plus ou moins, soit qu'on employe un gouvernail,

ou une corde tendue , pour les faire aller en ligne droite. Ces serpentements tendent à diminuer la vitesse de translation ; mais sur les 20 derniers pieds, ils sont presque nuls , & on peut alors regarder le mouvement comme sensiblement rectiligne & uniforme. Si donc le tems observé pour une course entière du bateau , est un peu trop long , du moins celui que nous avons trouvé qui répond aux 20 derniers pieds , ne doit pas excéder beaucoup sa vraie valeur.

4. D A N S les quatorze premières Expériences qui suivent , le bateau est dirigé par un gouvernail , & le fluide est indéfini en tous sens. Dans les trois autres , le bateau est dirigé par une corde tendue ; le fluide est indéfini en largeur seulement ; le plancher qui a servi pour les Expériences dans les canaux étroits , existe ici ; & la profondeur du fluide au-dessus de ce plancher , est de 27 pouces 3 lignes.



EXPÉRIENCE I.

N^o. 21.

VAISSEAU N ^o . 21. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 2 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	37,45	55,00	91,00

EXPÉRIENCE II.

VAISSEAU N ^o . 21. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 5 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	34,25	50,50	83,00

EXPÉRIENCE III.

VAISSEAU N ^o . 21. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 7 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	28	42,50	69,00

EXPÉRIENCE IV.

VAISSEAU N ^o . 21.		POIDS MOTEUR = 40 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 11 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	25,00	37,00	60,50

EXPÉRIENCE V.

VAISSEAU N ^o . 21.		POIDS MOTEUR = 50 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 15 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	22,50	34,00	55,00

EXPÉRIENCE VI.

VAISSEAU N ^o . 21.		POIDS MOTEUR = 60 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 20 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	21,00	30,55	50,00

EXPÉRIENCE VII.

VAISSEAU N ^o . 21.		POIDS MOTEUR = 70 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 23 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	20,00	26,00	46,00

EXPÉRIENCE VIII.

N^o. 22.

VAISSEAU N ^o . 22.		POIDS MOTEUR = 16 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 3 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	32,00	50,00	80,00

EXPÉRIENCE IX.

VAISSEAU N ^o . 22.		POIDS MOTEUR = 24 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 7 lig. remou latéral = 2 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	26,00	39,90	65,40

EXPÉRIENCE X.

VAISSEAU N ^o . 22. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 33 marcs. remou central = 12 lig. remou latéral = 6 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	23,40	34,70	57,00

EXPÉRIENCE XI.

VAISSEAU N ^o . 22. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 18 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	22,00	31,00	51,00

EXPÉRIENCE XII.

VAISSEAU N ^o . 22. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 22 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	19,25	29,35	47,50

EXPÉRIENCE XIII.

VAISSEAU N ^o . 22.		POIDS MOTEUR = 56 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 25 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	18,10	28,45	45,00

EXPÉRIENCE XIV.

VAISSEAU N ^o . 22.		POIDS MOTEUR = 64 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 28 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secon.	0	16,15	27,10	42,65

EXPÉRIENCE XV.

N^o. 21.

VAISSEAU N ^o . 21.		POIDS MOTEUR = 32 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 6 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mou- vement en de- mi-secondes.	0	28,50	41,00	67,00

EXPÉRIENCE

EXPÉRIENCE XVI.

VAISSEAU N ^o . 21.		POIDS MOTEUR = 40 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 12 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	25,50	37,15	61,00

EXPÉRIENCE XVII.

VAISSEAU N ^o . 21.		POIDS MOTEUR = 48 marcs.		
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.		remou central = 18 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mou- vement en de- mi-secondes.	0	23,50	33,52	55,52



C H A P I T R E V.

Comparaison de la théorie ordinaire de la Résistance des fluides indéfinis , avec l'expérience.

1. **T**OUTE théorie qu'on veut appliquer à la pratique, doit être simple dans ses principes. Ce caractère se trouve dans celle qu'on a donnée dès le siècle dernier, de la Résistance des fluides indéfinis, & que MM. Jacques Bernoulli, Jean Bernoulli, Daniel Bernoulli, Euler, Bouguer, &c, ont employée dans une foule d'excellents Ouvrages. Ainsi, il est à propos d'examiner, par la voie de l'expérience, si on peut la regarder en général comme vraie, s'il faut la modifier, ou la proscrire entièrement.

2. SUIVANT cette théorie, un corps de figure quelconque, qui se meut dans un fluide avec différentes vitesses, éprouve des résistances proportionnelles aux quarrés de ces vitesses; si plusieurs plans frappent perpendiculairement un fluide avec la même vitesse, ils éprouvent des résistances proportionnelles à leurs étendues ou surfaces; un plan qui étant mu parallèlement à lui-même, avec une même vitesse, frappe successivement un fluide sous différentes obliquités,

éprouve , dans le sens de la perpendiculaire , une résistance qui varie en même raison que le quarré du sinus de l'angle d'incidence du fluide sur le plan. D'après ces rapports généraux , non-seulement on peut comparer entr'elles , dans tous les cas possibles , les résistances qu'éprouvent les surfaces planes , mais encore les résistances des surfaces courbes , en considérant les éléments de ces surfaces comme des plans , & prenant la somme des impulsions élémentaires.

Quant à la mesure absolue de la résistance , les Auteurs la donnent diversement. Les uns prétendent que la résistance perpendiculaire d'un plan est égale au poids d'une colonne fluide qui auroit pour base ce plan , & pour hauteur , la hauteur due à la vitesse avec laquelle il est frappé. Les autres font la résistance double de la même colonne.

3. IL s'est élevé des doutes légitimes sur l'exactitude de cette théorie : car elle suppose que chaque molécule fluide frappe le plan comme si elle étoit un corps isolé & libre ; supposition qui n'est pas conforme à la nature. En effet , chaque tranche qui s'applique contre le plan , est suivie par une seconde tranche , celle-ci par une troisième , &c. Or la première ne pouvant ni s'anéantir , ni s'écouler en un instant par les côtés , elle empêche ou dénature l'action de la seconde , celle-ci trouble pareillement l'action de la troisième , &c. Ainsi la colonne fluide appuyée contre le plan , doit s'élargir par ce bout en toutes sortes de sens ; & la résistance qu'elle oppose au plan , ne doit

pas être la même que si chaque tranche élémentaire ; après avoir donné son coup , étoit subitement anéantie pour permettre à la tranche suivante de donner aussi le sien. Il ne faut donc pas calculer la résistance comme si le plan recevoit immédiatement , & dans toute son intensité , le choc de tous les points fluides qui viennent le couvrir successivement. Mais ne pourroit-il pas se faire que les résistances de différents plans fussent semblablement dénaturées , & que les résistances effectives suivissent entr'elles la même loi , du moins à peu près , que les résistances théoriques ? C'est ce que l'expérience va nous apprendre.

La question qu'il s'agit d'examiner , contient plusieurs branches ou parties qui vont faire l'objet d'autant de discussions particulières.



SECTION I.

Les Résistances qu'éprouve une même surface mue avec différentes vitesses , suivent-elles la raison des quarrés des vitesses ?

4. LE poids P (Pl. I, Fig. 1) partant du repos, Pl. I, Fig. 1a & descendant par sa pesanteur, met en mouvement la masse du bateau, celle de la corde, surmonte le frottement, la résistance de l'eau, & celle que la partie du bateau, extérieure à l'eau, éprouve en frappant l'air. Je comprends dans la masse du bateau, celle du lest qui sert à le faire enfoncer, ou à lui faire prendre la flottaison convenable. Dans les premiers instants, le mouvement s'accélère; & tant que cette accélération a lieu, le poids moteur combat non-seulement le frottement & les résistances de l'eau & de l'air, mais encore l'inertie des masses du bateau & de la corde. La durée de l'accélération n'est pas longue; bientôt le mouvement devient uniforme, du moins sensiblement. Alors le mouvement imprimé à la masse du bateau & à celle de la corde, se perpétue par lui-même; & le poids moteur n'a plus à vaincre à chaque instant que le frottement, la résistance de l'eau, & celle de l'air. On ne doit donc avoir égard à la masse du bateau & à celle de la corde, que relativement à l'accélération

du mouvement. Ces masses n'entrent pour rien dans les rapports des poids moteurs, lorsque les mouvements sont parvenus à l'uniformité.

5. CEUX qui, d'après nos Expériences, voudront soumettre au calcul l'accélération du mouvement, ont toutes les données nécessaires pour résoudre ce Problème. Car la masse du bateau est égale à celle de l'eau qu'il déplace; & celle-ci se connoît facilement d'après les dimensions de chaque bateau, & la quantité dont il s'enfonce dans le fluide. Nous avons dit (Chap. I, N^o. 6) que le cordon pèse 28 onces 7 gros $\frac{1}{2}$ sur 39 $\frac{1}{2}$ toises de longueur; mais comme cette pesée a été faite avant que le cordon eût servi, & eût par conséquent été allongé par l'action des poids employés dans nos Expériences; nous estimons, qu'eu égard à cet allongement qui est considérable, la partie du cordon tendu, depuis le bateau jusqu'au poids moteur, laquelle est de 152 pieds de longueur, peut peser 12 à 13 onces. Le frottement, la résistance de l'eau, & celle de l'air, se détermineront suivant la théorie qu'on jugera la plus conforme à la nature de ces forces. On pourra comparer les résultats qu'on trouvera ainsi, avec l'Expérience, puisque nous avons eu soin de commencer à compter les espaces & les tems avant que l'accélération ait cessé, & d'indiquer que le bateau a déjà parcouru 16 pieds depuis zero de vitesse, lorsqu'il arrive au point auquel répondent, dans nos Tableaux, zero d'espace & zero de tems.

6. Nous nous contentons d'indiquer ces calculs qui

ne font , à proprement parler , qu'un objet de curiosité. La vraie question , celle qui nous occupe , est de déterminer la résistance de l'eau , lorsque le mouvement du bateau est uniforme. Or il est sensiblement tel sur les 30 derniers pieds de l'espace parcouru ; ou du moins , s'il y a encore quelque accélération , elle est comme indéterminable par des expériences où il entre d'autres petits éléments , tels que le frottement & la résistance de l'air , qui peuvent produire des équations comparables avec celles qui dépendroient de l'accélération. Ainsi nous ne pouvons pas nous tromper , du moins sensiblement , en regardant le mouvement du bateau comme uniforme , sur les 20 derniers pieds de l'espace qu'il parcourt. Dans les sept dernières Expériences , qui se rapportent au bateau N^o. 20 , nous regardons , comme uniforme , le mouvement sur les 25 derniers pieds. Il est vrai que si on compare le tems employé à parcourir ces 25 pieds , avec celui qui a été employé à parcourir les 25 premiers pieds , on trouvera que le premier tems est un peu plus court que le second ; d'où l'on pourroit inférer qu'il y a encore une accélération réelle sur les 25 derniers pieds. Mais il faut remarquer que dans ces Expériences , le poids moteur est toujours assez petit ; que la partie du cordon , comprise entre le bateau & la poulie inférieure , fait un ventre qui s'oppose à l'uniformité du mouvement ; que ce ventre est d'autant plus sensible , que le poids moteur est plus petit , & le cordon plus long ; que peu-à-peu il diminue jusqu'à disparaître presque entièrement ; que cette disparition

ou diminution de ventre a lieu sur les 25 derniers pieds, & que, par conséquent, ils doivent être parcourus uniformément, du moins à-peu-près; ce qui suffit pour l'exactitude des conséquences que nous tirons de cette hypothèse.

7. DANS les mouvements naissans, on regarde, pour l'ordinaire, le frottement comme proportionnel, du moins à-peu-près, à la pression. Nous avons reconnu directement la vérité de cette loi; & nous donnerons ci-dessous les Expériences que nous avons faites à cet égard, lorsqu'il s'agira de déterminer la valeur absolue de la résistance d'une surface. La même loi doit avoir sensiblement lieu pour les mouvements uniformes comparés ensemble; du moins, lorsqu'il n'y a pas une grande différence entre les vitesses. Car, si d'un côté, il y a d'autant plus de points qui frottent, que la vitesse est plus grande; d'un autre côté, une plus grande vitesse donne moins de tems à la pression de produire l'engrenage réciproque des pointes & des cavités dans les surfaces frottantes, ce qui tend à diminuer le frottement; de manière qu'il y a une espèce de compensation ou d'équilibre entre la cause qui tend à augmenter le frottement, & celle qui tend à le diminuer. Nous supposons donc que le mouvement étant censé uniforme, le frottement est simplement proportionnel à la pression. Alors les poids moteurs, diminués des effets des frottements, sont entr'eux comme les poids non diminués, puisqu'on a

la proportion $P - \frac{P}{m} : P' - \frac{P'}{m} :: P : P'$. On voit

que le nombre m , constant ou sensiblement tel, exprime le rapport de la pression au frottement, tandis que P ou P' représente la pression absolue.

Nous négligeons ici la résistance de l'air, comme extrêmement petite par rapport à celle de l'eau; mais nous y aurons égard ci-dessous (Sect. IV), lorsqu'il s'agira d'évaluer la résistance absolue de l'eau.

Il y a bien aussi un petit frottement le long des parois & du fond du vaisseau; mais nous verrons (mêm. Sect. IV), qu'il est comme inassignable.

8. D'APRÈS toutes ces observations, on a calculé les deux Tables suivantes. Dans chacune d'elles, la première colonne indique les bateaux qui ont couru; la seconde, les numéros des Expériences; la troisième contient les tems (exprimés en demi-secondes) employés à parcourir les 20 ou les 25 derniers pieds; la quatrième colonne contient les poids (exprimés en marcs) qui représentent les rapports des résistances suivant la théorie; en sorte que pour chaque bateau, il y a un poids qui est donné par l'expérience, & qui sert ensuite d'unité ou de base pour déterminer tous les autres, dans l'hypothèse que les résistances soient comme les quarrés des vitesses. Enfin la cinquième colonne indique les poids qui expriment réellement pour chaque bateau les rapports des résistances suivant l'expérience.



TABLE I. (CHAP. II.)

Rapports des Résistances suivant la théorie & suivant l'expérience, pour une même surface mue avec différentes vitesses, dans un Fluide indéfini.

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 1.	1	17,08	12...base.	12
	2	15,90	13,84	14
	3	14,84	15,89	16
	4	14,00	17,86	18
	5	13,50	19,21	20
	6	12,75	21,53	22
	7	12,45	22,58	24
N ^o . 2.	8	21,11	16,16	16
	9	18,92	20,11	20
	10	17,32	24...base.	24
	11	16,12	27,70	28
	12	15,12	31,49	32
	13	14,19	35,75	36
	14	13,68	38,47	40
	15	13,25	41,01	44
	16	12,59	45,42	48

VAISSEAUX.	EXPERIENC.	TEMPS en demi secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 3. 1 ^o flottais.	17	20,05	10,10	10
	18	18,39	12...base.	12
	19	17,37	13,45	14
	20	16,32	15,24	16
	21	15,30	17,34	18
	22	14,50	19,30	20
	23	14,00	20,71	22
	24	13,47	22,37	24
	25	12,96	24,16	27
	26	12,50	25,97	30
	27	11,32	31,67	36
N ^o . 3. 2 ^o flottais.	28	24,45	10,03	10
	29	22,35	12...base.	12
	30	21,35	13,15	14
	31	19,72	15,41	16
	32	18,50	17,51	18
	33	17,90	18,71	19
	34	17,60	19,35	20
	35	17,19	20,28	22
	36	16,29	22,59	24
	37	15,80	24,01	25
	38	15,50	24,95	26
	39	14,88	27,07	28
	40	14,19	29,77	30
	41	13,80	31,48	32
	42	13,35	33,63	35
	43	13,00	35,47	38

140 RÉSISTANCE DES FLUIDES;

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 3. 3 ^e flottais.	44	19,60	20...base.	20
	45	18,07	23,53	24
	46	16,88	26,96	28
	47	15,88	30,47	32
	48	14,69	35,60	36
	49	14,00	39,20	40
	50	13,67	41,13	44
	51	13,25	43,77	48
N ^o . 4.	52	19,85	16..base.	16
	53	17,84	19,81	20
	54	16,41	23,41	24
	55	15,70	25,58	28
N ^o . 6. 1 ^{re} flottais.	56	25,00	8,71	8
	57	22,28	10,97	10
	58	21,30	12..base.	12
	59	20,16	13,40	14
	60	18,83	15,35	16
	61	16,81	19,27	20
	62	15,23	23,47	24
	63	13,87	28,30	30
	64	12,54	34,62	36
65	11,31	42,56	44	
N ^o . 6. 2 ^e flottais.	66	27,66	8,66	8
	67	25,14	10,49	10
	68	23,50	12...base.	12
	69	22,15	13,51	14
	70	20,75	15,39	16
	71	18,42	19,53	20
	72	16,69	23,79	24
	73	15,25	28,49	30
74	13,75	35,05	36	

Unable to display this page

142 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

VAISSEaux.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 11.	105	15,86	11,22	10
	106	15,34	12. base.	12
	107	14,40	13,62	14
	108	13,80	14,83	16
	109	11,95	19,77	20
	110	11,30	22,11	24
	111	10,30	26,61	28
	112	10,00	28,24	32
N ^o . 12.	113	15,80	10,11	10
	114	14,50	12.. base.	12
	115	13,60	13,64	14
	116	12,87	15,23	16
	117	12,20	16,95	20
	118	11,13	20,37	24
	119	10,25	24,01	28
	120	9,60	27,37	32
N ^o . 13. 1 ^{re} flottais.	121	15,60	10,18	10
	122	14,37	12.. base.	12
	123	13,57	13,45	14
	124	12,60	15,61	16
	125	12,25	16,51	18
	126	11,55	18,57	20
N ^o . 13. 2 ^e flottais.	127	18,90	10,17	10
	128	17,40	12.. base.	12
	129	16,42	13,16	14
	130	15,54	15,04	16
	131	14,77	16,65	18
	132	14,10	18,27	20
	133	13,50	19,94	22
	134	12,93	21,73	24
	135	12,40	23,63	26
	136	11,92	25,57	28
	137	11,46	27,66	30

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 13. 3 ^e flottaisf.	138	21,90	10,06	10
	139	20,05	12...base.	12
	140	18,88	13,53	14
	141	17,88	15,09	16
	142	16,98	16,73	18
	143	16,18	18,43	20
	144	15,43	20,26	22
	145	14,73	22,24	24
N ^o . 14. 1 ^e flottaisf.	146	13,00	10,22	10
	147	12,00	12...base.	12
	148	11,20	13,77	14
	149	10,60	15,38	16
	150	10,15	16,77	18
	151	9,84	17,85	20
	152	9,68	18,44	22
	153	9,56	18,91	24
N ^o . 14. 2 ^e flottaisf.	154	16,72	10,11	10
	155	15,35	12...base.	12
	156	14,45	13,54	14
	157	13,55	15,40	16
	158	12,72	17,47	18
	159	11,98	19,70	20
	160	11,29	22,18	24
	161	10,69	24,74	28
162	10,11	27,66	30	
N ^o . 14. 3 ^e flottaisf.	163	17,88	10,10	10
	164	16,40	12...base.	12
	165	15,50	13,43	14
	166	14,65	15,04	16
	167	13,85	16,82	18
	168	13,12	18,75	20

144 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 15.	169	15,78	16...base.	16
	170	14,42	19,16	20
	171	13,32	22,45	24
	172	12,36	26,07	28
N ^o . 16.	173	15,08	12...base.	12
	174	13,45	15,08	16
	175	12,05	18,79	20
	176	10,95	22,75	24
N ^o . 17.	177	25,80	12...base.	12
	178	22,87	15,27	16
	179	20,87	18,34	20
	180	18,97	22,19	24
N ^o . 18.	181	23,50	12...base.	12
	182	20,90	15,18	16
	183	18,90	18,56	20
	184	17,10	22,66	24
N ^o . 19. 1 ^e flottais.	185	13,25	12...base.	12
	186	12,00	14,63	16
	187	10,84	17,93	20
	188	10,07	20,78	24
N ^o . 19. 2 ^e flottais.	189	16,00	12...base.	12
	190	14,13	15,39	16
	191	12,80	18,75	20
	192	11,57	22,95	24

VAISSEAUX.

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 19.	193	18,19	12...base.	12
3 ^e flottais.	194	16,30	14,95	16

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 25 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 20. 1 ^{re} flottais.	195	15,15	7,45	6
	196	13,18	9,86	8
	197	12,45	11,03	10
	198	11,94	12...base.	12
N ^o . 20. 2 ^e flottais.	199	15,98	8,88	8
	200	14,61	10,62	10
	201	13,75	12...base.	12



TABLE II. (CHAP. IV.)

Rapports des Résistances suivant la théorie & suivant l'expérience, pour une même surface mue avec différentes vitesses, dans un Fluide indéfini.

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^o . 21.	1	36,00	16..base.	16
	2	32,50	19,63	20
	3	26,50	29,53	30
	4	23,50	37,54	40
	5	21,00	47,02	50
	6	19,45	54,81	60
	7	18,00	64,00	70
N ^o . 22.	8	30,00	16..base.	16
	9	25,50	22,15	24
	10	22,30	28,96	32
	11	20,00	36,00	40
	12	18,15	43,72	48
	13	16,55	52,57	56
	14	15,55	59,55	64

R É F L E X I O N .

9. ON voit par les deux Tables précédentes , que les résistances d'une même surface , mue avec différentes vitesses , dans un fluide indéfini , suivent à-peu-près , la raison des quarrés des vitesses. Cette loi s'observe tant pour la résistance directe , que pour les résistances qui proviennent des chocs obliques. Mais il faut remarquer qu'à la rigueur la résistance augmente en plus grand rapport que le quarré de la vitesse. La raison physique de cette augmentation de rapport est facile à trouver : car aussitôt que le corps flottant vient à se mouvoir , le fluide est obligé de se diviser , & de céder pour lui faire place. Or l'eau ne peut pas se prêter , dans un instant indivisible , au mouvement du bateau. Dans le commencement de ce mouvement , la vitesse s'accélère par degrés. Tant qu'elle est fort petite , l'eau se détourne facilement , & 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 du corps dont il s'agit. Mais à mesure que la vitesse augmente , le fluide a plus de peine à se détourner ; il s'amoncèle 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 , & 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 d'ailleurs égales , que la vitesse

est plus grande. Ainsi l'augmentation de vitesse doit faire augmenter la résistance que le bateau éprouve à diviser le fluide.

Il en est de même pour la résistance des corps qui se meuvent dans des fluides où ils sont entièrement submergés. Ainsi, par exemple, la résistance qu'éprouve un boulet de canon à fendre l'air, doit augmenter en plus grande raison que le quarré de sa vitesse. En effet, plus le boulet va vite, plus l'air déplacé par la partie antérieure, a de difficulté à couler par les côtés, & à venir remplir le vuide qui se forme à chaque instant vers la partie postérieure.

SECTION II.

Les Résistances directes ou perpendiculaires, suivent-elles, sous même vitesse, la raison des surfaces ?

10. SOIENT P & P' les résistances perpendiculaires, absolues ou comparatives, de deux plans A & B qui se meuvent avec les vitesses uniformes V & u . On a, suivant la théorie, $P : P' :: AV^2 : Bu^2$. Or, en supposant que les vitesses V & u diffèrent peu l'une de l'autre; il suit de l'article précédent, que le rapport de V^2 à u^2 peut être censé entrer exactement dans celui des résistances. Par conséquent, selon qu'on trouvera alors,

par l'expérience, que la proportion $P : P' :: AV^2 : Bu^2$, a lieu ou non ; on conclura que sous une même vitesse, les plans A & B éprouveroient des résistances proportionnelles ou non proportionnelles à leurs étendues.

11. IL est à propos de distinguer deux cas dans cette recherche : le premier, lorsque les deux plans choqués par le fluide, y sont enfoncés également ; le second, lorsque les enfoncements sont différents. Car il peut se faire que la loi de la résistance ne soit pas exactement la même pour deux plans qui diffèrent en largeur, que pour deux plans qui diffèrent en hauteur.

I. CAS. *Enfoncements égaux, au moins sensiblement.*

12. NOUS allons comparer la résistance du vaisseau N°. 1, avec celles du vaisseau N°. 2, & du vaisseau N°. 3, 2^e flottaison. On a choisi des Expériences où les deux vitesses V & u , toujours prises sur les 20 derniers pieds de l'espace parcouru, diffèrent peu l'une de l'autre dans tous les cas. De plus les enfoncements des vaisseaux N^{os} 1 & 2, sont les mêmes, étant chacun de 1 pied ; les surfaces choquées diffèrent seulement par les largeurs, la première étant la moitié de la seconde. Quant aux enfoncements des vaisseaux N°. 1 & N°. 3, 2^e flottaison, ils diffèrent un peu, le premier étant de 12 pouces, le second, de 12 pouces $5\frac{1}{2}$ lignes ; les largeurs des surfaces choquées sont entr'elles dans le rapport de 144 à 236, & par conséquent les surfaces sont entr'elles dans le

rapport de 1 à 1,7015 à-peu-près. On sent que la différence des enfoncements des vaisseaux N^o. 1 & N^o. 3, 2^e flottaison, est trop petite, pour introduire dans le rapport des résistances, des variations sensibles, supposé qu'en effet la résistance d'un plan varie, toutes choses d'ailleurs égales, à raison de son enfoncement plus ou moins grand dans le fluide.

13. D'APRÈS ce que nous venons de dire, voici une Table construite sur les Expériences du Chapitre II, & dans laquelle la première colonne contient les N^{os} des vaisseaux comparés; la seconde, les N^{os} des Expériences correspondantes; la troisième, les poids (exprimés en marcs) qui devroient être employés à mouvoir le bateau qui est nommé le second, en supposant que les poids employés à mouvoir le bateau, nommé le premier, ayent été déterminés par l'Expérience, & qu'on ait la proportion $P : P' :: AV^2 : Bu^2$; la quatrième colonne contient les poids qui ont été réellement employés à mouvoir le second bateau.



Rapports des résistances directes , pour des surfaces enfoncées également , du moins à-peu-près , dans le Fluide.

VAISSEAUX comparés.	EXPÉRIENC. comparées.	TEMPS comparés, sur les 20 derniers pieds, en demi-secondes.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N ^{os} . 1 & 2.	1 & 10	{ 17,08 17,32	23,33	24
	2 & 11	{ 15,90 16,12	27,24	28
	3 & 12	{ 14,84 15,12	30,83	32
	4 & 13	{ 14,00 14,19	35,04	36
	5 & 14	{ 13,50 13,68	38,95	40
	6 & 15	{ 12,75 13,25	40,74	44
	7 & 16	{ 12,45 12,59	46,93	48
N ^o . 1, & N ^o . 2, 2 ^e flottaison.	1 & 35	{ 17,08 17,19	20,15	22
	2 & 37	{ 15,90 15,80	24,12	25
	3 & 39	{ 14,84 14,88	27,08	28
	4 & 40	{ 14,00 14,19	29,81	30
	5 & 41	{ 13,50 13,80	32,56	32
	6 & 43	{ 12,75 13,00	36,01	38

RÉFLEXIONS.

14. CETTE Table fait voir que pour des surfaces également enfoncées dans le fluide , & qui ne diffèrent que par les largeurs , la résistance , sous même vitesse , est sensiblement proportionnelle à l'étendue de la surface qui est plongée dans l'eau au premier instant du mouvement. Nous disons *sensiblement* ; car la résistance augmente dans une raison un peu plus grande que n'augmente l'étendue de la surface. On sent que la chose doit être ainsi ; car plus la surface est grande , plus l'eau qu'elle pousse continuellement devant elle a de peine à se détourner & à se remettre de niveau avec le reste du fluide.

15. NOUS avons déjà observé qu'en même tems que le fluide s'élève au-devant de la proue du vaisseau , il s'abaisse vers sa partie postérieure. Il y a donc , de l'avant à l'arrière du bateau , une différence de niveau du fluide , laquelle est produite par deux causes , par l'élévation de l'eau au-devant de la proue , & par son abaissement vers la poupe. Si l'on connoissoit le rapport de l'élévation à l'abaissement , on connoîtroit la surface que le corps doit être censé présenter à l'action du fluide ; & par - là on seroit en état de décider si , toutes choses d'ailleurs égales , les résistances suivent la raison des surfaces. Mais ce rapport est comme indéterminable à la rigueur ; il dépend de l'étendue de la proue , de sa figure , de celle de la poupe , de la longueur du vaisseau , de sa forme postérieure , & sur-tout de sa vitesse. Tous ces éléments se compliquent en-

tr'eux de telle manière, qu'il est très-difficile d'observer exactement l'effet qui en résulte, & de soumettre ensuite au calcul la loi de ses variations. Nous voyons seulement en général, & on l'a en effet ainsi observé, que l'abaissement peut être tout au plus égal à l'élévation, & qu'il doit être ordinairement moindre.

16. SUPPOSONS, par exemple, dans les Expériences de la Table précédente, que l'abaissement soit les deux tiers de l'élévation. Il est clair que relativement à la résistance du fluide, le bateau est dans le même cas que si le remou à l'avant étoit les cinq tiers de celui qui a été observé, & que l'eau s'élevât vers la poupe jusqu'à la ligne primitive de flottaison. Si l'on considère donc les hauteurs des remous ainsi corrigés comme faisant partie des hauteurs des surfaces présentées au choc ou à la pression du fluide; on formera la Table qui suit, laquelle n'est autre chose que la précédente où nous avons supprimé la colonne des tems, & où nous avons ajouté une colonne des résistances calculées en ayant égard aux remous. Il y a dans cette colonne, trois lacunes, faute de quelques observations pour les remous.

Nous ne donnons les calculs dont il s'agit, & les autres de même nature, que comme hypothétiques. Néanmoins les éléments sur lesquels ils sont fondés, ne doivent pas s'éloigner beaucoup de la vérité.



VAISSEAUX comparés.	EXPÉRIENC. comparées.	MARCS calculés, sans égard aux remous.	MARCS calculés, eu égard aux remous.	MARCS éprouvés.
Nos. 1 & 2.	1 & 10	23,33	24,19	24
	2 & 11	27,24	28,23	28
	3 & 12	30,83	31,76	32
	4 & 13	35,04	36
	5 & 14	38,95	39,73	40
	6 & 15	40,74	41,54	44
	7 & 16	46,93	48
No. 1, & No. 3, 2 ^e flottaison.	1 & 35	20,15	19,69	22
	2 & 37	24,12	23,77	25
	3 & 39	27,08	26,93	28
	4 & 40	29,81	30
	5 & 41	32,56	31,05	32
	6 & 43	36,01	35,52	38

R É F L E X I O N .

17. ON voit, par la première partie de la Table précédente, qu'en évaluant le remou de la manière que nous avons proposée, les résistances calculées approchent beaucoup des résistances trouvées par l'expérience. L'accord seroit encore plus parfait, si l'on supposoit que l'abaissement de l'eau derrière la proue, est les trois quarts de son élévation au-devant de la proue. La seconde partie de notre Table ne donne pas tout-à-fait les mêmes résultats; mais si l'on fait attention qu'il est très-facile de se tromper de plusieurs

lignes dans l'observation du remou, & que cette différence de niveau varie par la forme des vaisseaux, la vitesse étant d'ailleurs la même, au moins sensiblement; on sera porté à croire que les remous étant estimés & introduits dans le calcul, de la manière convenable, les résistances peuvent être censées proportionnelles aux surfaces. Cette proportionnalité doit avoir lieu, du moins à très-peu de chose près, pour les corps entièrement submergés. Mais il faut bien observer que les remous étant sur-tout dépendants des vitesses, la raison des résistances s'éloignera de celle des surfaces, s'il y a entre les vitesses des différences un peu considérables.

On évaluera ci-dessous l'effet de la résistance de l'air.

II. CAS. *Enfoncements inégaux dans le fluide.*

18. LE vaisseau N^o. 3, par ses trois lignes de flottaison, nous donne trois surfaces qui ont la même largeur, & qui ne diffèrent que par les profondeurs. Ces trois surfaces enfoncées dans le fluide, sont entr'elles comme les nombres 940, 1495, 1900. Nous avons calculé le rapport des résistances qu'elles éprouvent, comme on le voit dans la Table suivante, laquelle est construite de la même manière que celle du numero 13. Dans chaque comparaison, les deux vitesses diffèrent peu l'une de l'autre.



Unable to display this page

R É F L E X I O N S.

19. CETTE Table fait voir que les résistances des surfaces inégalement enfoncées dans le fluide, suivent un ordre opposé à celui des résistances des surfaces également enfoncées. Pour celles-ci, la vitesse étant la même, la résistance augmente en plus grande raison que la surface primitivement enfoncée dans le fluide; pour celles-là, il arrive tout le contraire. D'où nous devons conclure, qu'en ayant simplement égard à la surface présentée au choc du fluide, & tout étant d'ailleurs le même, les corps entièrement submergés doivent éprouver une résistance un peu moindre que celles des corps qui ne le font qu'en partie.

20. COMME on a employé un même bateau dans les Expériences de la Table précédente, & qu'on a seulement fait varier ses enfoncements dans le fluide; il paroît que sous même vitesse, le remou doit être le même, au moins sensiblement; car la cause efficace & prochaine du remou est à la surface du fluide. C'est ce qui a été en effet observé. Il y a cependant des différences dans certaines Expériences correspondantes; mais elles peuvent être attribuées sans peine aux erreurs des observations. Alors il faut prendre un milieu entre les hauteurs des remous. Nous avons fait une telle réduction dans la Table suivante qui n'est autre chose que celle du numero 18, où l'on a supprimé la colonne des tems, & où l'on a ajouté les résistances calculées en ayant égard à l'élévation de l'eau au-devant de la proue, & à son abaissement

158 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

derrière la proue. On suppose que l'abaissement soit environ les deux tiers de l'élévation; & par-là on estime que la différence de niveau de l'avant à l'arrière est

pour les Expériences 17, 44, 31 26 lig.
 pour les Expériences 18, 45, 32 30
 pour les Expériences 19, 46, 34 34
 pour les Expériences 20, 47, 36 38
 pour les Expériences 21, 48, 38 43
 pour les Expériences 22, 49, 39 48
 pour les Expériences 23, 50, 40 53
 pour les Expériences 24, 51, 41 58

VAISSEAUX comparés.	EXPÉRIENCES comparées.	MARCS calculés, sans égard aux remous.	MARCS calculés, eu égard aux remous.	MARCS éprouvés.
N ^o . 3, 1 ^{re} & 3 ^e ligne de flottais.	17 & 44	21,15	18,84	20
	18 & 45	25,12	22,05	24
	19 & 46	29,96	25,95	28
	20 & 47	34,15	29,09	32
	21 & 48	39,47	33,21	36
	22 & 49	43,37	35,96	40
	23 & 50	46,64	38,15	44
	24 & 51	50,24	40,56	48
N ^o . 3, 1 ^{re} & 2 ^e ligne de flottais.	17 & 31	16,44	15,12	16
	18 & 32	18,86	17,17	18
	19 & 34	21,69	19,55	20
	20 & 36	25,54	22,81	24
	21 & 38	27,89	24,64	26
	22 & 39	30,20	26,41	28
	23 & 40	34,06	29,50	30
	24 & 41	36,37	31,22	32

R É F L E X I O N .

21. ON voit dans cette Table , que la dernière colonne tient une espèce de milieu entre les deux précédentes , & que par conséquent la considération des remous peut servir encore ici à ramener les résultats de l'expérience à ceux de la théorie. La conformité entre ces deux sortes de résultats , pourroit devenir plus grande par le choix d'un autre rapport entre l'élévation de l'eau au-devant de la proue , & son abaissement derrière la poupe. Mais nous ne nous arrêterons pas davantage à ces calculs , qui sont extrêmement hypothétiques ; car il sera toujours très-difficile , pour ne pas dire impossible , de fixer exactement , dans tous les cas , le rapport dont il s'agit , par la voie des observations.

Nous calculerons ci-dessous l'effet de la résistance de l'air.



SECTION III.

En quel rapport varient les Résistances qui proviennent des chocs obliques?

Planc. V,
Fig. M.

22. SOIT ADB (Pl. V, Fig. M.) un triangle isoscèle qui se meut dans un fluide indéfini, selon la direction de sa hauteur QD . La face AD éprouve, suivant la théorie, une impulsion perpendiculaire FE , telle qu'en nommant π l'impulsion perpendiculaire & directe que recevrait la demi-base AQ , mue avec la même vitesse que le triangle, on a, Force $FE =$

$$\pi \times \frac{AD \times (\sin. ADQ)^2}{AQ \times (\sin. tot.)^2} = \pi \times \frac{AD \times \overline{AQ}^2}{AQ \times \overline{AD}^2} =$$

$$\pi \times \frac{AQ}{AD}; \text{ \& semblablement on a pour l'autre face}$$

$$BD, \text{ Force } fe = \pi \times \frac{BQ}{BD} = \pi \times \frac{AQ}{AD}. \text{ Décom-}$$

posons chacune des deux Forces égales FE, fe , en deux autres FH, FK, fh, fk ; l'une perpendiculaire, l'autre parallèle à la base AB du triangle. Il est clair que les deux Forces égales, & directement opposées FK, fk , se détruisent, & que le triangle est simplement tiré, selon la direction QD , par une Force $= FH +$

$$fh = 2FH = 2FE \times \frac{AQ}{AD} = 2\pi \times \frac{\overline{AQ}^2}{\overline{AD}^2}. \text{ Ainsi;}$$

des

en nommant p cette Force $2FH$, P l'impulsion perpendiculaire & directe que recevrait la base entière AB mue avec la même vitesse que le triangle, on aura

$$p = P \times \frac{\overline{AQ}^2}{\overline{AD}^2}.$$

23. POUR pouvoir comparer facilement cette formule avec l'expérience, nous prendrons (Chap. II), parmi les Expériences comprises sous le titre général de *Résistance directe*, & parmi celles qui sont comprises sous le titre général de *Résistance oblique*, deux bateaux qui ayent même largeur & même flottaison. De plus, nous déterminerons les deux poids moteurs des deux bateaux, pour une même vitesse. L'un de ces poids, par exemple, celui qui est relatif à la résistance directe, est donné immédiatement par l'expérience. L'autre (s'il ne se trouve pas dans la Table) se calcule au moyen des Expériences pour la résistance oblique, & de cette loi, que les résistances d'un même bateau sont sensiblement proportionnelles aux quarrés des vitesses, lorsqu'il n'y a pas une grande différence entre les vitesses.

24. COMPARONS donc, par exemple, le bateau N^o. 2 successivement avec chacun des bateaux N^{os}. 8, 9, 10, 11, 12, qui ont même largeur & même flottaison que lui.

D'abord, suivant l'Expérience 10, le poids moteur P étant 24 marcs, le bateau N^o. 2 parcourt uniformément 20 pieds en 17,32 demi - secondes. On

trouvera par le moyen de l'Expérience 86, & de la loi citée pour les vitesses, que le poids moteur p du bateau N°. 8, doit être 20,18 marcs, environ, afin que ce bateau parcoure aussi uniformément 20 pieds en 17,32 demi-secondes. Or la formule théo-

rique $p = P \times \frac{\overline{AQ}^2}{\overline{AD}^2}$, donne $p = 19,20$ marcs.

En prenant toujours pour base l'Expérience 10, relative au bateau N°. 2; & cherchant successivement, au moyen des Expériences 91, 97, 105, 113, & de la loi des vitesses, les poids moteurs p des bateaux N°s 9, 10, 11, 12, afin que ces bateaux aient la même vitesse que le bateau N°. 2, on trouvera

N°. 9 $p = 12,96$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 12$ marcs.

N°. 10 $p = 10,80$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 7,38$ marcs, environ.

N°. 11 $p = 8,39$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 4,80$ marcs.

N°. 12 $p = 8,32$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 3,31$ marcs, environ.

Comparons encore les deux bateaux, N°s. 1 & 7, qui ont même largeur & même flottaison. Suivant l'Expérience 6, le poids moteur P étant 22 marcs; le bateau N°. 1 parcourt uniformément 20 pieds en 12,75 demi-secondes. On trouvera, par le moyen de l'Expérience 75, & de la loi des vitesses, que le poids moteur p du bateau N°. 7, devrait être 8,68

marcs, environ, afin que ce bateau parcourût aussi uniformément 20 pieds en 12,75 demi-secondes. La formule théorique donne $p = 1,29$ marcs, environ.

25. SANS multiplier davantage ces sortes de comparaisons, nous voyons que relativement à la loi du carré du sinus de l'angle d'incidence du fluide sur le plan, la théorie s'éloigne de plus en plus de l'expérience, à mesure que l'angle en question devient plus petit. Les poids moteurs, relatifs aux chocs obliques, sont toujours plus grands, suivant l'expérience, qu'ils ne devroient l'être, suivant la théorie. Lorsque l'angle d'incidence est un peu grand, comme, par exemple, pour le bateau N°. 8, où il est de $63^{\circ} 28'$, & même pour le bateau N°. 9, où il est de 45° ; les résultats de la théorie ne s'éloignent pas extrêmement de ceux de l'expérience. Mais pour le bateau N°. 10, où l'angle d'incidence est de $33^{\circ} 41'$; pour le bateau N°. 11, où il est de $26^{\circ} 34'$; pour le bateau N°. 12, où il est de $21^{\circ} 49'$; pour le bateau N°. 7, où il est de $14^{\circ} 3'$: la différence entre les résultats de l'expérience & ceux de la théorie, devient très-sensible, & d'autant plus grande que l'angle d'incidence est plus petit. On ne peut donc pas alors employer, dans la pratique, la théorie pour déterminer les résistances ou les percussions qui proviennent des chocs obliques. Semblablement la théorie est absolument insuffisante pour la détermination des résistances qu'éprouvent les surfaces courbes, si ce n'est pour le

cas très-limité où les surfaces ne présenteroient point de petits angles d'incidence au choc du fluide.

26. DANS la nécessité où nous sommes d'abandonner en général la loi du quarré du sinus de l'angle d'incidence, voyons si on ne pourroit pas substituer à la seconde puissance de ce sinus, quelque autre puissance qui satisfît aux phénomènes. Je suppose donc (N^o. 22) qu'au lieu de l'équation, Force $FE = \pi \times \frac{AD \times (\sin. ADQ)^2}{AQ \times (\sin. tot.)^2}$, on ait en général,

$$\text{Force } FE = \pi \times \frac{AD \times (\sin. ADQ)^n}{AQ \times (\sin. tot.)^n} = \pi \times \frac{AD \times AQ^{\overline{n}}}{AQ \times AD^{\overline{n}}}$$

$$p = P \times \frac{AQ^{\overline{n}}}{AD^{\overline{n}}}. \text{ Cette dernière équation donne}$$

$$n = \frac{\log. P - \log. p}{\log. AD - \log. AQ}. \text{ Or, par le résultat moyen}$$

de cinq applications successives de cette formule à cinq expériences faites avec chacun des six bateaux N^{os}. 8, 9, 10, 11, 12, 7, & comparées à des expériences faites avec les bateaux N^{os}. 2 & 1; nous trouvons,

pour le bateau N ^o . 8	n = 1,79
pour le bateau N ^o . 9	n = 1,59
pour le bateau N ^o . 10	n = 1,29
pour le bateau N ^o . 11	n = 1,08
pour le bateau N ^o . 12	n = 0,92
pour le bateau N ^o . 7	n = 0,66.

Unable to display this page

Unable to display this page

le poids moteur ; & par conséquent en retranchant le premier poids du second, le reste sera la valeur des résistances de l'eau & de l'air.

Le raïon de la poulie, augmenté de celui du cordon, est au raïon du tourillon, à-peu-près dans le rapport de 31 à 2. D'où l'on verra, par la Table suivante, que le frottement est environ la cinquième partie de la pression. Cette détermination du frottement est pour l'état d'équilibre ; dans l'état de mouvement, le frottement doit être un peu moindre.

Table pour la détermination du frottement.

S O M M E des deux poids suspendus.	SOMME des poids, en y comprenant celui du cordon.		POIDS ajoutés pour vaincre le frottement.	
	Mars.	Mars. Onces.	Onces.	Gros.
16	17	4	1	5
20	21	4	2	0
24	25	4	2	4
28	29	4	3	0
32	33	4	3	3
36	37	4	3	7
40	41	4	4	3
44	45	4	4	6
48	49	4	5	2
52	53	4	5	5
56	57	4	6	0

SOMME des deux poids suspendus.	SOMME des poids, en y comprenant celui du cordon.		POIDS ajoutés pour vaincre le frottement.	
Mars.	Mars.	Onces.	Onces.	Gros.
60	61	4	6	3
64	65	4	6	6
68	69	4	7	2
72	73	4	7	6
76	77	4	8	2
80	81	4	8	6
84	85	4	9	2
88	89	4	9	6
92	93	4	10	1
96	97	4	10	4
100	101	4	11	0

RÉFLEXION.

29. Il n'est question dans cette Table que du frottement pour la poulie supérieure; nous devons encore avoir égard au frottement de la poulie inférieure; mais celui-ci est un peu moindre que l'autre, parce que les deux cordons, pour la poulie inférieure, forment entr'eux un angle droit. Tout considéré, nous estimons que s'il n'y avoit point du tout de frottement, les poids moteurs de nos Expériences devroient être réduits comme il suit:

Pour 6 mars. ou 48 onces. . . mettez $46\frac{1}{2}$ onc.
 pour 8. 64. 62
 pour 10. 80. $77\frac{1}{2}$

pour 12 marcs . . . ou 96 onces . . . mettez	93 onc.
pour 14	112 108 $\frac{1}{2}$
pour 16	128 124
pour 18	144 139 $\frac{1}{2}$
pour 20	160 155
pour 22	176 170 $\frac{1}{2}$
pour 24	192 186
pour 26	208 201 $\frac{1}{2}$
pour 28	224 217
pour 30	240 232 $\frac{1}{2}$
pour 32	256 248
pour 34	272 263 $\frac{1}{2}$
pour 36	288 279
pour 38	304 294 $\frac{1}{2}$
pour 40	320 310
pour 42	336 325 $\frac{1}{2}$
pour 44	352 341
pour 46	368 356 $\frac{1}{2}$
pour 48	384 372
pour 50	400 387 $\frac{1}{2}$
&c.	

30. AYANT ainsi déterminé à-peu-près les effets du frottement, on déterminera aussi à-peu-près la résistance de l'air pour chaque bateau, en mesurant la surface que ce bateau présente au choc de l'air, & en partant de ce principe, que sous même vitesse, les chocs de l'eau & de l'air, contre des plans différents, sont en raison composée des surfaces choquées & des densités ou pesanteurs spécifiques des deux fluides.

Appliquons ceci à quelques exemples, pris d'ailleurs au hafard, parmi les réfistances perpendiculaires & directes.

31. SOIENT propofées les Expériences 1, 12, 20, 34, 48, (Chap. II); & 6 (Chap. IV); Expériences dans lesquelles nous confidérons toujours le mouvement fur les 20 derniers pieds de l'efpace parcouru. Nommons en général, pour chaque bateau, Q le poids moteur diminué de la quantité relative au frottement; R & r les réfistances de l'eau & de l'air.

Cela pofé, 1°. pour l'Expérience 1, où l'on employe le bateau N°. 1, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, font entr'eux dans le rapport de 12 pouces à 6 pouces, ou de 2 à 1. Ainfi, en fupofant que les denfités de ces deux fluides foient entr'elles dans le rapport de 850 à 1, on aura $R:r::2 \times 850:1::1700:1$. Or $R+r=Q$. Donc $r=Q \times \frac{1}{1701}$, & $R=Q \times \frac{1700}{1701}$.

2°. Pour l'Expérience 12, où l'on employe le bateau N°. 2, les deux plans choqués par l'eau & par l'air font encore entr'eux dans le rapport de 2 à 1.

Donc $r=Q \times \frac{1}{1701}$, & $R=Q \times \frac{1700}{1701}$.

3°. Pour l'Expérience 20, où l'on employe le bateau N°. 3, 1^{re} flottaiſon, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, font entr'eux dans le rapport de 7 pouces 10 lignes à 11 pouces 10 lignes, ou de 47 à 71. Donc $R:r::850 \times 47:71::39950:71$.

Donc $r=Q \times \frac{71}{40021}$, & $R=Q \times \frac{39950}{40021}$.

4°. Pour l'Expérience 34, où l'on employe le bateau N°. 3, 2^e flottaison, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, sont entr'eux dans le rapport de 12 pouces 5 $\frac{1}{2}$ lignes à 7 pouces 2 $\frac{1}{2}$ lignes, ou de 299 à 173. Ainsi $R:r::850 \times 299 : 1 \times 173 :: 254150 :$

$$173. \text{ Donc } r = Q \times \frac{173}{254323}, \text{ \& } R = Q \times \frac{254150}{254323}.$$

5°. Pour l'Expérience 48, où l'on employe le bateau N°. 3, 3^e flottaison, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, sont entr'eux dans le rapport de 15 pouces 10 lignes à 3 pouces 10 lignes, ou de 95 à 23. Donc $R:r::850 \times 95 : 23 :: 80750 : 23.$

$$\text{Ainsi } r = Q \times \frac{23}{80773}, \text{ \& } R = Q \times \frac{80750}{80773}.$$

Enfin pour l'Expérience 6 (Chap. IV), où l'on employe le bateau N°. 21, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, sont entr'eux dans le rapport de 12 pouces 5 $\frac{1}{2}$ lignes à 7 pouces 2 $\frac{1}{2}$ lignes, ou de 299 à 173. Ainsi $R:r::850 \times 299 : 1 \times 173 :: 254150 :$

$$173. \text{ Donc } r = Q \times \frac{173}{254323}, \text{ \& } R = Q \times$$

$$\frac{254150}{254323}.$$

Il est clair que dans tous les cas, on aura les valeurs de r & de R , en mettant pour Q la valeur déterminée au moyen de l'article précédent. Ces calculs font voir que la résistance de l'air est extrêmement petite par rapport à celle de l'eau. Contentons-nous de mettre ici les expressions numériques de R .

	onces		onces.
Si (Exp. 1),	$Q = 93$	on aura	$R = 92,94$
fi (Exp. 12),	$Q = 248$		$R = 247,85$
fi (Exp. 20),	$Q = 124$		$R = 123,78$
fi (Exp. 34),	$Q = 155$		$R = 154,90$
fi (Exp. 48),	$Q = 279$		$R = 278,92$
fi (Exp. 6 Ch. IV),	$Q = 465$		$R = 464,69$

32. EXAMINONS maintenant la valeur du poids R , relativement à la surface que le bateau présente au choc de l'eau, & à la vitesse de ce choc.

On fait qu'un pied cube d'eau douce pèse 70 livres environ. Nommons en général M le volume d'un pied cube de cette eau; N , le volume d'une quantité d'eau du même poids que R exprimé en livres; ss , la surface présentée au choc du fluide; & h , une hauteur telle qu'on ait $hss = N$; h' , la hauteur due à la vitesse avec laquelle se meut le bateau. On aura $N = M \times \frac{R}{70}$; & par conséquent $hss = M \times \frac{R}{70}$, ou $h = \frac{M}{ss} \times \frac{R}{70}$.

On cherchera la valeur de h' , pour la comparer avec celle de h . Nous exprimerons ces deux lignes en pouces. En exécutant ces calculs pour les Expériences de l'article précédent, on trouvera

	pouces.		pouces.
Exp. 1	$h = 0,99$	+	$h' = 1,08$
Exp. 12	$h = 1,32$		$h' = 1,39$
Exp. 20	$h = 1,28$		$h' = 1,19$
Exp. 34	$h = 1,01$		$h' = 1,03$
Exp. 48	$h = 1,43$		$h' = 1,47$
Exp. 6 (Chp. IV) . .	$h = 1,44$		$h' = 0,84$

33. ON voit par ces calculs que les valeurs de h & de h' ne diffèrent jamais beaucoup entr'elles. Leurs différences peuvent être attribuées, ou aux erreurs inévitables dans les observations ou aux déterminations, toujours un peu hypothétiques ou incertaines, du frottement & de la résistance de l'air. Ainsi dans la pratique, on peut supposer, sans craindre d'erreur sensible, que *la résistance perpendiculaire & directe d'une surface plane, qui se meut parallèlement à elle-même dans un fluide indéfini, est égale au poids d'une colonne du même fluide, laquelle auroit pour base la surface choquée; & pour hauteur, celle qui est due à la vitesse avec laquelle se fait la percussion.*

La résistance ou la percussion des fluides dans des canaux étroits ou dans des courriers, est plus grande que dans les fluides indéfinis, comme nous le verrons ci-dessous (Chap. VI).

34. IL ne nous reste plus ici qu'à dire quelque chose de la tenacité des fluides, & du frottement qu'un bateau éprouve dans la direction de sa longueur, de la part de l'eau.

Nous avons voulu déterminer la tenacité de l'eau, en mesurant, par un poids, la force qu'il faut employer pour mettre en mouvement un corps en repos, flottant sur le fluide; & nous avons observé que du moment que le frottement est vaincu, la plus légère force met le bateau en mouvement. D'où nous avons conclu que la tenacité de l'eau est extrêmement petite, & que cette résistance doit être regardée com-

me absolument nulle par rapport à celle qui provient de l'inertie.

35. IL en est de même du frottement de l'eau le long des parois & du fond d'un bateau. Ce frottement est très-léger, & son effet ne peut pas être démêlé d'avec celui du frottement des poulies, ou de la résistance de l'air, à moins que le bateau n'eût une très-grande longueur. On peut se convaincre de la justesse de cette remarque, en comparant respectivement les Expériences 52, 53, 54, 55, avec les Expériences 31, 34, 36, 39.

Il y a plus. Par la comparaison que nous venons d'indiquer, on voit que le bateau des Expériences 52, 53, 54, 55, éprouve un peu plus de résistance que celui des Expériences 31, 34, 36, 39, quoique le premier bateau soit plus court que le second auquel il est d'ailleurs égal pour toutes les autres dimensions. Il y a donc ici un effet contraire à celui qu'on devoit attendre du frottement de l'eau. La raison de cet effet est qu'un corps en mouvement sur un fluide doit avoir une certaine longueur, pour que le creux qui se forme dans le fluide, vers sa partie postérieure, puisse être rempli ou diminué par le fluide latéral, & que par le refoulement de l'eau, la différence de son niveau, de l'avant à l'arrière du corps flottant, soit moins grande.

CONCLUSION GÉNÉRALE DE CE CHAPITRE.

IL résulte, de tout ce qui a été dit dans le cours du présent Chapitre :

1°. Que les résistances qu'éprouve un même corps de figure quelconque, mu avec différentes vitesses dans un fluide indéfini, sont sensiblement proportionnelles aux quarrés des vitesses. La restriction *sensiblement* a été expliquée. On a vu que les résistances croissoient dans une raison un peu plus grande que celle des quarrés des vitesses. L'expérience est donc à-peu-près d'accord sur ce point avec la théorie.

2°. Que les résistances perpendiculaires & directes, de plusieurs surfaces planes, mues avec la même vitesse, sont sensiblement proportionnelles aux étendues de ces surfaces. Les deux rapports peuvent être beaucoup rapprochés de l'égalité, en ayant égard convenablement aux différents remous que les bateaux éprouvent en divisant le fluide. Ainsi l'expérience peut être censée encore d'accord sur ce second point avec la théorie.

3°. Que les résistances qui proviennent des mouvements obliques, ne diminuent pas, à beaucoup près, toutes choses d'ailleurs égales, dans la raison des quarrés des sinus des angles d'incidence; que par conséquent sur ce troisième point, la théorie ordinaire de la résistance des fluides doit être entièrement abandonnée, lorsque les angles d'incidence sont petits, puisqu'alors elle donneroit nécessairement des résultats très-fautifs. On voit aussi qu'elle ne peut pas être employée pour trouver le solide de la moindre résistance, ni en général pour déterminer aucune courbe propre à remplir un objet proposé; puisque dans ces sortes de Problèmes, la loi de la courbure est un élément in-

connu. Mais pour les cas où les angles d'incidence seroient grands, comme dans l'intervalle de 50 à 90 degrés, on peut, en attendant mieux, se servir de la théorie ordinaire pour déterminer les résistances, en observant néanmoins qu'elle donnera pour ces résistances, des quantités un peu moindres qu'on ne les trouveroit par l'expérience, & d'autant moindres que les angles d'incidence s'éloigneront davantage de 90 degrés.

4°. Que la résistance perpendiculaire & directe d'un plan, dans un fluide indéfini, est sensiblement égale au poids d'une colonne de ce fluide, laquelle auroit pour base la surface choquée, & pour hauteur, celle qui est due à la vitesse avec laquelle se fait le choc.

5°. Que la tenacité de l'eau est une force que l'on doit regarder comme infiniment petite par rapport à la résistance qui provient de l'inertie. La même chose doit s'entendre du frottement de l'eau le long des parois du corps flottant. Ce frottement ne pourroit devenir sensible que dans le cas extraordinaire où le bateau auroit une longueur excessive par rapport à sa largeur.



C H A P I T R E VI.

Comparaison de la Résistance des Fluides , dans des canaux étroits , avec celle des Fluides indéfinis.

1. **U**N corps en repos , flottant sur un fluide , est soulevé verticalement avec la même force , quelles que soient les dimensions du fluide. D'après ce principe d'Hydrostatique , quelques personnes pourroient croire qu'il est indifférent , quant à l'effet de la résistance , qu'un bateau se meuve dans un fluide plus ou moins étendu. On sent que la différence ne peut être en effet que légère , lorsque la vitesse du bateau est extrêmement petite. Mais on sent aussi que si la vitesse du bateau est un peu grande dans un canal étroit , le fluide que ce corps pousse devant lui , n'ayant pas une entière liberté de se répandre par les côtés , ni même par le bas , si le canal est peu profond , doit opposer naturellement au bateau plus de résistance , qu'il ne lui en opposeroit , s'il n'étoit pas contenu par le fond & par les parois du canal. L'expérience va bientôt décider si ce raisonnement est solide.

2. AVANT de rapporter (Chap. III) nos Expériences sur la résistance des fluides dans des canaux

Planc. III,
Fig. 1.

étroits, nous avons indiqué la manière dont elles ont été faites. Nous ajouterons ici, sur ce dernier point, que les parois verticales du canal étroit n'arrivent pas jusqu'à la face AK du bassin (Pl. III, Fig. I); que leurs extrémités en sont distantes d'une quantité $y x$ qui est d'environ 4 pieds; d'où retranchant un peu moins de 1 pied pour l'épaisseur de la paillasse appliquée contre AK , & destinée à empêcher que les bateaux ne se brisent en arrivant, reste de part & d'autre plus de 3 pieds pour la communication de l'eau du canal avec le reste du bassin. Le canal étant donc supposé ouvert par les deux bouts, le fluide que le bateau pousse devant lui a la liberté de fuir & de s'échapper par les ouvertures $y x$; tandis que le fluide du bassin a la liberté d'entrer par l'autre bout du canal, & de suivre le bateau. Ainsi ce cas est entièrement analogue à celui d'un bateau qui se meut dans un canal étroit, de longueur indéfinie. Après avoir examiné amplement ce cas, nous avons aussi déterminé la résistance, lorsque le canal est fermé par les deux bouts.

3. EN comparant entr'elles les résistances qu'éprouve un même bateau, mu avec différentes vitesses dans des canaux de différentes largeurs ou profondeurs, nous avons trouvé que pour chaque canal, les résistances étoient sensiblement proportionnelles aux carrés des vitesses, comme dans les fluides indéfinis. C'est ce qu'on voit dans la Table suivante, qui a été construite de la même manière que celle du N°. 8 (Chap. précéd.)

La première colonne contient les dimensions transversales du canal depuis le fond jusqu'à la surface de l'eau ; avec les noms des bateaux qui ont couru.

La seconde colonne , les N^{os} des Expériences.

La troisième , les tems (en demi - secondes) des mouvements sur les 20 derniers pieds , qu'on suppose parcourus uniformément.

La quatrième , les poids (en marcs) calculés d'après un poids donné par l'Expérience , & d'après l'hypothèse , que les résistances sont dans chaque cas proportionnelles aux quarrés des vitesses.

Enfin la cinquième colonne contient les poids donnés par l'Expérience.

On n'a pas compris dans cette Table, les Expériences 73 , 74 , 75 , parce qu'elles se rapportent à d'autres qui y sont contenues , & qu'elles ont simplement pour objet d'éclaircir la question proposée dans la remarque qui les précède. Ajoutons à cette remarque , quoique cela y soit déjà dit implicitement , que les trois Expériences dont on vient de parler , ont été faites dans un canal ouvert par les deux bouts.



Rapport de la Résistance théorique à la Résistance effective, pour une même surface mue avec différentes vitesses, dans des canaux étroits.

CANAL OUVERT PAR LES DEUX BOUTS.

PROFOND. & larg. du canal. VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
1 ^{re} Prof. & 1 ^{re} larg. du canal. Vaif. N ^o . 1.	1	19,04	16..base.	16
	2	17,25	19,49	20
	3	15,95	22,80	24
	4	14,60	27,21	28
	5	14,40	27,98	32
(id.) Vaifseau N ^o . 2.	6	23,25	32..base.	32
	7	21,25	38,31	40
	8	19,92	43,60	48
	9	18,50	50,54	56
(id.) Vaifseau N ^o . 4.	10	23,90	24...base.	24
	11	21,20	30,50	32
	12	19,15	37,38	40
	13	17,50	44,76	48
(id.) Vaifseau N ^o . 5.	14	23,85	24..base.	24
	15	21,15	30,52	32
	16	18,66	39,21	40
	17	17,15	46,41	48

PROFOND. & larg. du canal. VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
(id.) Vaisseau N ^o . 6.	18	21,35	24...base.	24
	19	18,80	30,95	32
	20	16,90	38,30	40
	21	15,56	45,18	48
1 ^{re} Prof. & 2 ^e larg. du canal. Vaif. N ^o . 1.	22	17,20	16...base.	16
	23	15,75	19,08	20
	24	14,40	22,82	24
	25	13,10	27,58	32
(id.) Vaisseau N ^o . 2.	26	21,80	32...base.	32
	27	19,70	39,19	40
	28	18,10	46,42	48
(id.) Vaisseau N ^o . 5.	29	22,62	24...base.	24
	30	19,85	31,16	32
	31	17,80	38,76	40
	32	16,30	46,22	48
(id.) Vaisseau N ^o . 6.	33	19,81	24...base.	24
	34	17,24	31,69	32
	35	15,85	37,49	40
2 ^e Prof. & 3 ^e larg. du canal. Vaif. N ^o . 1.	36	15,25	16...base.	16
	37	13,75	19,68	20
	38	13,00	22,01	24
(id.) Vaisseau N ^o . 2.	39	18,00	32...base.	32
	40	16,60	37,62	40
	41	15,30	44,29	48

182 RÉSISTANCE DES FLUIDES,

PROFOND. & larg. du canal. VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
(id.) Vaisseau N ^o . 5.	42	20,07	24...base.	24
	43	17,50	31,57	32
	44	16,00	37,76	40
	45	15,00	42,97	48
(id.) Vaisseau N ^o . 6.	46	17,70	24...base.	24
	47	15,50	31,29	32
	48	13,90	38,92	40
3 ^e Prof. & 4 ^e larg. du canal. Vaif. N ^o . 2.	49	16,41	32...base.	32
	50	14,80	39,34	40
	51	13,75	45,58	48
(id.) Vaisseau N ^o . 5.	52	15,94	32...base.	32
	53	14,50	38,67	40
	54	13,38	45,42	48
4 ^e Prof. & larg. indéfi. du canal. Vaif. N ^o . 2.	55	16,00	32...base.	32
	56	14,50	38,96	40
	57	13,50	44,95	48
(id.) Vaisseau N ^o . 5.	58	15,13	32...base.	32
	59	13,60	39,60	40
	60	12,58	46,29	48
2 ^e Prof. & 1 ^{re} larg. du canal. Vaif. N ^o . 7.	61	16,40	16...base.	16
	62	15,25	18,50	20
	63	14,45	20,61	24
(id.) Vaisseau N ^o . 9.	64	22,96	32...base.	32
	65	21,13	37,78	40
	66	19,10	46,24	48

CANAL FERMÉ PAR LES DEUX BOUTS.

PROFOND. & larg. du canal. VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMPS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
2 ^e Prof. & 1 ^{re} larg. du canal. Vaif. N ^o . 1.	67	19,00	16...base.	16
	68	17,25	19,41	20
	69	16,13	22,20	24
(id.) Vaif. N ^o . 2.	70	26,40	32...base.	32
	71	24,40	37,46	40
	72	22,95	42,34	48

RÉFLEXIONS.

4. CETTE Table, comparée avec la première de l'article 8 (Chap. V), offre un moyen facile de trouver le rapport de la résistance dans un canal étroit, avec la résistance dans un fluide indéfini. Car nous n'avons qu'à prendre un même bateau, qui ait couru dans les deux cas ; chercher par la loi des résistances proportionnelles aux quarrés des vitesses, le poids moteur nécessaire pour que ce bateau se meuve dans le canal étroit, avec la même vitesse qu'il s'est mu dans le fluide indéfini, au moyen d'un poids connu : alors les deux poids moteurs correspondants seront entr'eux, du moins sensiblement, dans le rapport cherché des

résistances. Nous allons appliquer cette méthode à plusieurs exemples que nous discuterons séparément, parce que chacun d'eux fournira des remarques particulières. On nommera en général F la résistance dans le canal étroit, f la résistance correspondante ou relative à la même vitesse, dans le fluide indéfini. De plus, pour abrégé, nous distinguerons plusieurs canaux étroits, à raison de leurs différentes sections transversales ou perpendiculaires à la longueur constante.

Résistance directe ; canaux ouverts par les deux bouts :

I. CANAL. 5. I. CANAL. Premièrement, soit le bateau N^o. 1. Suivant l'Expérience 1 (Chap. V, N^o. 8, Tabl. I), le poids moteur étant 12 marcs, ce bateau parcourt 20 pieds en 17,08 demi-secondes, ou 40 pieds en 17'',08, dans le fluide indéfini ; & suivant la Table précédente (Exp. 2), la force motrice étant 20 marcs, il parcourt 20 pieds en 17,25 demi-secondes, ou 40 pieds en 17'',25, dans le canal étroit. Donc, pour qu'il y parcourût 20 pieds en 17,08 demi-secondes, il faudroit employer un poids moteur de 20,40 marcs. Ainsi, on aura $F:f::20,40:12$. Le dernier rapport est un peu trop grand, à raison d'une petite différence dans les frottements. Mais on peut supposer qu'on a sensiblement $F:f::5:3$. D'où l'on voit que le bateau éprouve beaucoup plus de résistance dans le canal étroit, que dans le fluide indéfini.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau sous le bateau, ou la distance du fond du bateau au fond du canal, est de 3 pouces 2 lignes ; & la distance de cha-

cune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal est de 8 pouces $\frac{1}{4}$. L'eau qui a choqué le bateau, n'ayant pas une liberté suffisante pour s'échapper, soit par-dessous le bateau, soit le long de ses côtés, est forcée de rétrograder, ou de fuir en partie devant le bateau, du moins jusqu'à une certaine distance. C'est ce qui produit l'excès de F sur f .

2°. Soit le vaisseau N°. 2. L'Expérience 8 (Ch. V, N°. 8, Tab. I) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 21'', 11; & on trouve, au moyen de l'Expérience 7 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal étroit, si l'on employe un poids moteur de 40,54 marcs. On aura donc $F:f::40,54:16$; ou bien (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::5:2$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau sous le bateau est de 3 pouces 2 lignes; & la distance de chacune des parois latérales du bateau, à chacune des parois latérales du canal, est seulement de 2 pouces $\frac{1}{4}$. D'où l'on voit que l'excès de F sur f doit être ici plus grand que dans le premier cas.

3°. Soit le vaisseau N°. 4. L'Expérience 52 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, le bateau parcourt 40 pieds en 19'', 85; & on trouve, au moyen de l'Expérience 11 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse, dans le canal étroit, si l'on employe un poids moteur de 36,50 marcs. On aura donc $F:f::36,50:16$; ou

(en diminuant un peu le second rapport), $F:f::9:4$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la hauteur de l'eau sous le bateau, est de 2 pouces $8\frac{1}{2}$ lignes; & la distance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, est de 4 pouces 5 lignes. On voit que la diminution de la profondeur de l'eau sous le bateau fait augmenter sensiblement le rapport de F à f .

4°. Soit le bateau N°. 6. L'Expérience 60 (Ch. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, le bateau parcourt 40 pieds en $18''{,}83$, dans le fluide indéfini; & on trouve au moyen de l'Expérience 19 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal étroit, si l'on employe un poids moteur de 31,90 marcs. On aura donc $F:f::31,90:16$, ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::33:17$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau, sous la quille du bateau, est de $2\frac{1}{2}$ pouces; & la plus courte distance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, est de 4 pouces 5 lignes. L'eau a ici un peu plus de facilité à s'échapper, que dans le cas précédent; de-là vient que le rapport de F à f est un peu moindre que tout-à-l'heure.

II. CANAL. 6. II. CANAL. Premièrement, soit le vaisseau N°. 1. L'Expérience 1 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 12 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en $17''{,}08$, dans le fluide indéfini;

& on trouve, au moyen de l'Expérience 22 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal étroit, si l'on employe un poids moteur de 16,22 marcs. Ainsi on aura $F:f::16,22:12$; ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::4:3$.

Ici la profondeur de l'eau dans le canal, au-dessous du bateau, est de 3 pouces 2 lignes; & la distance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, est de 14 pouces. En comparant ce cas avec le premier de l'article précédent, on voit que l'élargissement du canal, (la profondeur demeurant la même), fait diminuer sensiblement la résistance.

2°. Soit le vaisseau N°. 2. L'Expérience 8 (Ch. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 21'',11; & on trouve, au moyen de l'Expérience 26 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal étroit, si l'on employe un poids moteur de 34,12 marcs. Ainsi on a $F:f::34,12:16$; ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::19:9$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau, sous le bateau, est de 3 pouces 2 lignes; & la distance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, est de 8 pouces. Comparez ce cas avec le second de l'article précédent: vous verrez diminuer la résistance à mesure que le canal s'élargit.

3°. Soit le vaisseau N°. 6. L'Expérience 60 (Ch. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs,

Unable to display this page

&c.) fait voir que le poids moteur étant 24 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 17'',32, dans le fluide indéfini; & on trouve, au moyen de l'Expérience 39 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal, si le poids moteur est de 34,56 marcs. On aura donc $F:f::34,56:24$, ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::18:13$, à-peu-près.

La profondeur de l'eau du canal, sous le bateau, est de $3\frac{1}{2}$ pouces; & la distance de chacune des parois du bateau à chacune des parois du canal, est de $25\frac{1}{2}$ pouces. On voit que l'eau est gênée, non-seulement par-dessous le bateau, mais encore par les côtés.

8. IV. CANAL. SOIT le bateau N°. 2. L'Expé- IV. CANAL
 rience 11 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids mo-
 teur étant 28 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds
 en 16'',12, dans le fluide indéfini; & on trouve,
 au moyen de l'Expérience 49 de la Table précédente,
 qu'il aura la même vitesse dans le canal, si l'on em-
 ploie un poids moteur de 33,16. On aura donc $F:$
 $f::33,16:28$, ou (en diminuant un peu le second
 rapport), $F:f::9:8$, à-peu-près.

La largeur du canal est indéfinie; mais la profon-
 deur de l'eau sous le bateau, n'est que de $3\frac{1}{2}$ pouces,
 & c'est ce qui produit l'excès de F sur f .

9. V. CANAL. SOIT encore le bateau N°. 2. L'Ex- V. CANAL
 périence 11 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids
 moteur étant 28 marcs, notre bateau parcourt 40
 pieds en 16'',12, dans le fluide indéfini; & on trouve,

au moyen de l'Expérience 55 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal, si l'on emploie un poids moteur de 31,52 marcs. On aura donc $F:f::31,52:28$; ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::11:10$, à-peu-près.

La largeur du canal est indéfinie. La profondeur de l'eau sous le bateau, est de $15\frac{1}{4}$ pouces. Il paroît que cette profondeur gêne encore un peu le mouvement du bateau, à raison de l'étendue de son fond: peut-être faut-il attribuer l'excès de F sur f , aux erreurs des observations.

Résistance oblique; canal ouvert par les deux bouts.

VI. CANAL. 10. VI. CANAL. 1°. SOIT le vaisseau N°. 7. L'Expérience 75 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 10 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en $11''{,}88$, dans le fluide indéfini; & on trouve, au moyen de l'Expérience 61 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal, si l'on emploie un poids moteur de 30,49 marcs. On aura donc $F:f::30,49:10$, ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::34:11$, à-peu-près.

La profondeur de l'eau du canal, sous le bateau, est de $3\frac{1}{2}$ pouces; & la distance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, est de $8\frac{1}{4}$ pouces. En comparant ce cas avec le premier de l'article 5, on verra que toutes choses d'ailleurs égales, une proue angulaire & tranchante fait diminuer considérablement moins la résistance dans un canal étroit que dans un fluide indéfini. La

raison s'en présente d'elle-même. Dans le canal étroit, le fluide divisé par le tranchant de la proue est soutenu par les parois du canal, & réagit contre le bateau; au lieu que dans un fluide indéfini, l'eau divisée par la proue se répand de part & d'autre, sans obstacle, dans le fluide environnant. On reconnoîtra, d'une manière encore plus sensible, la vérité de cette observation, par l'exemple suivant.

2°. Soit le vaisseau N°. 9. L'Expérience 91 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 12 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 18'',00, dans le fluide indéfini; & on trouve, au moyen de l'Expérience 64 de la Table précédente, qu'il aura même vitesse dans le canal, si l'on employe un poids moteur de 52,06 marcs. Ainsi $F : f :: 52,06 : 12$; ou (en diminuant un peu le second rapport), $F : f :: 51 : 12$.

Résistance directe ; canal fermé par les deux bouts.

11. VI. CANAL. SOIENT les vaisseaux N^{os} 1 & 2. VI. CANAL
Si, au moyen de la Table précédente, on compare chacune à chacune, 1°. les Expériences 67, 68, 69 aux Expériences 1, 2, 3; ensuite les Expériences 70, 71, 72 aux Expériences 6, 7, 8: on verra que pour le bateau N°. 1, la résistance est à-peu-près la même, lorsque le canal est fermé, ou lorsqu'il est ouvert, par les deux bouts; mais que pour le bateau N°. 2, elle est sensiblement plus grande dans le canal fermé que dans le canal ouvert. En effet, le fluide poussé par chaque bateau étant soutenu par la paroi antérieure &

transversale du canal, a bien plus la liberté de refluer par les côtés, pour le bateau N^o. 1, que pour le bateau N^o. 2, qui est deux fois plus large.

Les deux canaux comparés ont la même largeur; seulement celui dont il est ici question, est de 4 lignes plus profond que le premier; ce qui tend à diminuer un peu la résistance.

CONCLUSION GÉNÉRALE DE CE CHAPITRE.

12. IL résulte des Expériences & des calculs que nous venons d'exposer, que la résistance des fluides contenus dans des canaux étroits ou peu profonds, est plus grande que celle des fluides indéfinis en tous sens. La différence peut aller très-loin; elle dépend des dimensions transversales du canal & de la forme des vaisseaux de comparaison.

13. Nous avons observé que dans un canal étroit, le fluide poussé par le bateau, fuit, du moins en partie, devant lui, & forme un courant plus ou moins rapide, selon que le bateau se meut plus ou moins vite. Ce courant doit avoir lieu, d'une manière plus ou moins marquée, dans toutes sortes de canaux étroits. Car si le bateau remplissoit exactement le canal, il pousseroit toute l'eau devant lui, à-peu-près de même que le piston d'une seringue chasse l'eau qu'elle contient. Mais comme il y a toujours du vuide par les côtés & par-dessous le fond du bateau, une partie du fluide s'écoule par ce vuide, l'autre partie est refoulée par le bateau; ce qui produit des courants
contraires

contraires , lesquels font susceptibles de plusieurs variétés , à raison de la variété des causes qui tendent à les former , & de la longueur du canal dans lequel se fait le mouvement. Moins l'eau a de facilité pour passer de l'avant à l'arrière du bateau , plus le courant contraire est grand , & moins le bateau est soutenu vers sa partie postérieure ; d'où résulte une augmentation de résistance.

14. ON voit par - là combien il est essentiel de donner aux canaux de navigation , le plus de largeur & de profondeur , qu'il est possible , sans se jeter néanmoins dans une dépense superflue. On doit donc éviter , à moins qu'on n'y soit forcé par des circonstances locales , extrêmement rares , de construire des canaux souterrains. Car si l'on veut donner à ces sortes de canaux , les dimensions requises pour y établir une navigation sûre & commode , ils coûteront souvent des sommes énormes , tant pour l'extraction des terres , que pour la construction des voûtes , presque toujours indispensablement nécessaires pour soutenir le ciel & les parois de l'excavation. Il ne s'agit pas ici de se proposer la gloire de vaincre des difficultés. Un canal est un objet d'utilité , & non pas un monument d'ostentation. Si les frais , pour sa construction & pour son entretien , l'emportent sur les avantages qu'on en espère , aucune considération ne peut déterminer à l'entreprendre. Les canaux à ciel ouvert méritent en général toute préférence sur les canaux souterrains. Il est vrai qu'au moyen de ceux-ci , on peut quelquefois dimi-

nuer beaucoup le trajet de la navigation; mais cet avantage prétendu n'est le plus souvent qu'une illusion. Car le but qu'on se propose dans le transport d'un bateau, n'est pas simplement d'abrèger l'espace qu'il parcourt, mais d'arriver d'un point à un autre dans le moindre tems possible. Or la navigation est incomparablement plus facile & plus prompte dans un canal à ciel ouvert, que dans un canal souterrain. Ajoutons que le premier, s'il est bien entendu, bien adapté au terrain, coûtera ordinairement beaucoup moins que le second, malgré les différences qui peuvent se trouver dans les longueurs des deux canaux.

F I N.



ESSAI

D'UNE MÉTHODE

*Pour trouver les loix des Phénomènes d'après
les Observations.*

Par M. le Marquis DE CONDORCET.

M. DE LA GRANGE a donné, dans les Mémoires de l'Académie, année 1772, une très-belle Méthode pour former des Tables des planètes par les seules observations, ou plus généralement, pour déduire les loix des phénomènes d'après les observations.

Celle que je propose ici, n'a d'autre avantage que d'être beaucoup moins savante; mais comme il seroit utile que tous les Savans qui s'occupent de Physique, pussent employer ces méthodes, & les appliquer à leurs expériences, j'ai cru pouvoir proposer celle-ci, qui m'a paru d'un usage très-simple, & n'exiger que des connoissances très-élémentaires. D'ailleurs, lorsqu'il s'agit de méthodes, qui doivent devenir d'une pratique générale, on ne sauroit trop les multiplier: parce qu'il n'y a guère que l'habitude qui puisse apprendre quelle est celle, qui dans l'usage, mérite la préférence.

Il falloit toutes ces raisons pour me déterminer à

traiter une matière dont M. de la Grange s'étoit occupé.

L'avantage qu'ont les Méthodes algébriques de réduire, à des opérations pour ainsi dire techniques, des recherches qui demanderoient sans cela des connoissances étendues, ou de la sagacité, suffiroit peut-être pour faire préférer ces Méthodes dans les applications des Mathématiques aux Sciences naturelles.

Ce Mémoire sera divisé en plusieurs articles, selon les différentes manières de représenter les loix que l'on cherche, & suivant la marche des observations d'après lesquelles on détermine ces loix.

I^{er} CAS.

La quantité cherchée ϕ est exprimée par une fonction d'une seule quantité variable x . Cette fonction est composée d'un nombre fini de termes $Ax^m e^{fs}$, où m est un nombre entier positif; & l'on connoît par l'observation des valeurs particulières de ϕ ,

$$V, V', V'', V''', \dots, V''''q,$$

répondantes à $x = r, r + s, r + 2s, r + 3s \dots r + qs$; ces valeurs de x étant en progression arithmétique.

I.

Supposons que l'on ait en général $V + aV' + bV'' \dots + qV^n = 0$, $V' + aV'' + bV''' \dots + qV^{n+1} = 0$; & ainsi de suite pour toutes les valeurs de V . L'on pourra supposer que l'on ait en général $\phi + a\phi(x + \Delta x) + b\phi(x + 2\Delta x) \dots + q\phi(x + n\Delta x) = 0$, $\Delta x = s$. On aura donc,

si on fait $\phi = A e^{fx}$, l'équation $1 + a e^{fs} + b e^{2fs} \dots$
 $\dots + q e^{nfs} = 0$, qui servira à déterminer les valeurs de e^f .

Appellons $e^f, e^{f'}, e^{f''}, \&c$, les racines inégales; m , le nombre des racines e^f ; m' , celui des racines $e^{f'}$; m'' , celui des racines $e^{f''}$; on aura, pour valeur générale de ϕ , la fonction,

$$\begin{aligned} & (A x^{m-1} + B x^{m-2} \dots \dots \dots) e^{fx}, \\ & + (A' x^{m'-1} + B' x^{m'-2} \dots \dots \dots) e^{f'x}, \\ & + (A'' x^{m''-1} + B'' x^{m''-2} \dots \dots \dots) e^{f''x}. \\ & \dots \dots \dots \end{aligned}$$

Cette valeur contiendra $m + m' + m'' = n$ termes, & l'on déduira les valeurs des n quantités, $A, B \dots A', B' \dots A'', B'' \dots$ par les conditions que faisant successivement dans cette valeur de ϕ , $x = r, x = r + s, x = r + 2s, x = r + 3s \dots \dots \dots x = r + ns$, on ait $\phi = V, \phi = V', \phi = V'' \dots \phi = V''' \dots$. Cette Théorie a été exposée dans plusieurs Ouvrages.

Il en résulte que si l'on a par l'observation, une suite de valeurs V de la fonction ϕ ; c'est la même chose de chercher si la fonction ϕ peut être supposée égale à un nombre n de termes de la forme $A x^m e^{fx}$; ou si l'on a continuellement entre les V , les équations

$$\begin{aligned} & V + a V' \dots \dots \dots + q V'^n, \\ & V' + a V'' \dots \dots \dots + q V''^{n+1}. \\ & \dots \dots \dots \end{aligned}$$

I I.

Supposons que l'on ait un nombre $p + 1$ de va-

leurs observées de V , depuis $x=r$ jusqu'à $x=r+p$, & que $n+1$ soit le nombre des V renfermé dans chaque équation linéaire en V ; n fera le nombre des quantités indéterminées; a, b, c, q , & $p-n+1$, celui des équations en V . Donc pourvu que $n = \frac{p+1}{2}$ ou $\frac{p+2}{2}$, selon que p est pair ou impair, on pourra satisfaire à toutes les valeurs de V , d'où il résulte qu'une fonction en x , de n termes, pourra toujours satisfaire à $2n$ observations. Mais souvent une fonction d'un moindre nombre de termes satisfera, lors sur-tout que les quantités V étant données par l'observation, ne le sont point avec une exactitude rigoureuse, puisqu'il suffit alors que la valeur de la fonction ϕ satisfasse aux valeurs observées, à des quantités près du même ordre que l'erreur des observations, ou qu'elle satisfasse exactement aux valeurs de V , augmentées ou diminuées de l'erreur des observations.

Si la valeur de la fonction qui est exactement d'accord avec $p+1$ observations, contient $\frac{p+1}{2}$ ou $\frac{p+2}{2}$ termes, comme alors, quelles qu'eussent été les observations, une fonction de ce genre y eût satisfait, il n'y a aucune probabilité que les valeurs que d'autres observations doivent faire connoître, puissent être représentées par la même formule. Si on a au contraire, pour le même nombre d'observations, une fonction de n termes, il est clair qu'elle auroit satisfi-

fait nécessairement à $2n$ observations, il y en a donc $p + 1 - 2n$, qui se trouvent d'accord avec la valeur de ϕ , & qui auroient pu n'y pas être.

Regardons les valeurs possibles & inconnues de V , qui se trouvent convenir avec la formule, comme des boules blanches, & comme des boules noires, les valeurs de V qui diffèrent de la formule, la probabilité qu'une observation quelconqué conviendra avec la formule, fera donc celle de tirer une boule blanche d'un sac rempli de boules blanches & noires, où l'on ignore le rapport du nombre des unes à celui des autres; mais d'où l'on a tiré $p + 1 - 2n$ boules blanches sans une noire, c'est-à-dire, qu'elle fera

$$\frac{p + 1 - 2n}{p + 1 - 2n}.$$

Mais si l'on cherchoit la probabilité que la même formule satisfait à m observations, on l'auroit égale à $\frac{p + 1 - 2n}{p + 1 - 2n + m}$, d'où l'on voit que dès que $m > p + 1 - 2n$, la probabilité devient contraire. Supposons n égal à 1, c'est-à-dire, la loi exprimée par un seul terme, ce qui est la supposition la plus favorable à la probabilité, on aura $m = p$; c'est-à-dire, que la probabilité cesse d'être favorable à l'uniformité de la loi pour un nombre d'observations égal à celui qui a confirmé cette loi: & s'il est question de phénomènes qui durent perpétuellement, elle cesse d'être favorable pour un tems plus grand que celui pendant lequel ils ont été observés.

Si maintenant nous supposons qu'il y ait une suite

de m , phénomènes différens, tels que chacun se trouve suivre une certaine loi, & que cette loi ait été confirmée par $p, p', p'', p''', \&c$, observations, la probabilité que cette loi sera confirmée par une nouvelle observation dans chaque phénomène, sera $\frac{p + p' + p'' \dots + 1}{p + p' + p'' \dots + m + 1}$, pour un phénomène isolé, dont la loi seroit confirmée par p expériences, elle auroit été $\frac{p + 1}{p + 2}$. Comparons ces deux expressions pour connoître les différens cas où l'une de ces probabilités est plus grande que l'autre; nous aurons, pour le cas des phénomènes liés entr'eux, $p + 1 \cdot (p + p' + p'' \dots + 1) + p + p' + p'' + 1$, & pour le cas du phénomène isolé, $p + 1 (p + p' + p'' \dots + 1) + (p + 1) m$; retranchant ce qui se détruit, il reste pour les phénomènes liés, $p + p' + p'' \dots + 1$, & pour le phénomène isolé, $(p + 1) m$; c'est-à-dire, que pour avoir une plus grande probabilité à considérer les phénomènes liés, il faut que $p + p' + p'' \dots + 1 > p + 1 \cdot m$, ou $p < \frac{p' + p'' + p''' \dots}{m - 1} - 1$; c'est-à-dire, que la somme des $m - 1, p', p'', p'''$, surpasse $m - 1 \cdot p$ plus que $m - 1$ unités.

Cette considération est nécessaire pour montrer comment il arrive souvent, dans les sciences naturelles, que l'on regarde comme certaines, des loix qui n'ont pu être confirmées que par un petit nombre d'observations. Lorsque des phénomènes du même genre, assujettis à des loix semblables, ont été ob-

fervés un très-grand nombre de fois, & se font trouvés toujours d'accord avec ces loix ; l'esprit lie ensemble toute cette classe de phénomènes, & ne juge plus d'après la probabilité que chacun en particulier est assujetti à des loix certaines, mais d'après la probabilité que le système entier y est assujetti.

Un plus long détail sur cet objet seroit ici superflu.

I I I.

Examinons maintenant ce qui doit arriver de la formule $V + aV' + bV'' \dots + qV'''^n = 0$, qui doit avoir lieu continuellement entre les quantités observées V , lorsque la fonction ϕ est composée d'un nombre n de termes.

1°. Si la valeur de ϕ ne contient qu'un seul terme, on aura $V + aV' = 0$, $V' + aV'' = 0$, $V'' + aV''' = 0$; d'où éliminant a on aura,

$$\left. \begin{aligned} V V'' - V' V' &= 0, \\ V' V''' - V'' V'' &= 0. \end{aligned} \right\} \text{ (A)}$$

.....

Donc pour que ϕ puisse être représenté par un seul terme, il faudra que tous les termes (A) soient nuls, & le nombre des V étant $p + 1$, celui de ces conditions sera $p - 1$.

2°. Si la loi doit avoir deux termes, on formera les suites de quantités :

$$\begin{aligned} 1^c \quad V V'' - V'^2 &= A, \\ V' V''' - V''^2 &= A', \\ V'' V^{iv} - V'''^2 &= A'', \end{aligned}$$

.....

$$\text{II}^{\text{e}} \quad \begin{aligned} V^I V^{II} - V^{II2} &= A_I, \\ V^{II} V^{III} - V^{III2} &= A_{II}', \\ &\dots \end{aligned}$$

$$\text{III}^{\text{e}} \quad \begin{aligned} V^I V^{II} - V^{III} V^I &= A_{II}, \\ V^{II} V^{III} - V^{IV} V^{II} &= A_{II}', \\ &\dots \end{aligned}$$

& ainsi de suite ; de manière que A_q^q soit formé en mettant , 1^o. dans la valeur de A , V^q pour V , V^{q+1} pour V^I , V^{q+2} pour V^{II} ; & ensuite dans les premiers produifans V , & V^I , qui font devenus V^q , V^{q+1} , $V^{q+q'}$ au lieu de V^I , $V^{q+q'+1}$ au lieu de V^{II} ; & l'on aura les équations de condition

$$\begin{aligned} A A_{II}' - A' A_{II} &= 0, \\ A' A_{II}'' - A'' A_{II}' &= 0, \\ A'' A_{II}''' - A''' A_{II}'' &= 0, \\ &\dots \end{aligned}$$

pour que la loi puisse être exprimée par deux termes. Ces conditions feront au nombre de $p - 3$.

3^o. Si ces équations ne peuvent avoir lieu , on formera les quantités $B = A A_{II}' - A' A_{II}$, $B' = A' A_{II}'' - A'' A_{II}'$, & ainsi de suite ; de manière que B_q^q soit ce que devient B en y mettant d'abord , au lieu de A , A^q ; au lieu de A' , A^{q+1} ; au lieu de A_{II} , A_{II}^q ; au lieu de A_{II}' , A_{II}^{q+1} ; & ensuite au lieu des deux premiers , produifans A , & A' devenus A^q & A^{q+1} , A_q^q pour A^q , & A_q^{q+1} pour A^{q+1} ; & l'on aura , pour que la loi puisse être exprimée par trois termes $p - 5$, équations de condition , $B B_{III}' - B' B_{III} = 0$, $B' B_{III}'' - B'' B_{III}' = 0$

Unable to display this page

Unable to display this page

le nombre des termes étant $m + m' + m'' \dots \dots \dots = n$; & on déterminera les coefficients $AB \dots \dots \dots A'B' \dots \dots$ par la condition que lorsque $x = r, r + s, r + 2s \dots \dots \dots r + (n - 1)s$. $\phi = V, V', V'', V''' \dots \dots \dots V''^{n-1}$.

S'il n'y a que des racines réelles, il n'y aura aucune difficulté; s'il y a des racines imaginaires, soit e^f une de ces racines, & e^f l'imaginaire correspondante; en sorte que $m = m'$.

$$e^{fr} = G + H\sqrt{-1} \quad e^{f'r} = G - H\sqrt{-1},$$

$$e^{fs} = g + h\sqrt{-1} \quad e^{f's} = g - h\sqrt{-1},$$

$$e^{2fs} = g' + h'\sqrt{-1} \quad e^{2f's} = g' - h'\sqrt{-1}.$$

Donc A sera successivement multiplié par $G + H\sqrt{-1}$, $G + H\sqrt{-1} \times g + h\sqrt{-1}$, $G + H\sqrt{-1} \times g' + h'\sqrt{-1}$, &c, ou $G + H\sqrt{-1} Gg - Hh + (gH + hG)\sqrt{-1}$, $Gg' - Hh' + (hG + gH)\sqrt{-1}$, &c. Tandis que A' sera multiplié successivement par $G - H\sqrt{-1}$, $G - H\sqrt{-1} \times g - h\sqrt{-1}$, $G - H\sqrt{-1} \times g' - h'\sqrt{-1}$, &c, ou $G - H\sqrt{-1}$, $Gg - Hh - (hG + hG)\sqrt{-1}$, $Gg' - Hh' - (h'G + g'H)\sqrt{-1}$, &c. $A + A'$ sera donc successivement $2G$, $2(Gg - Hh)$, $2(Gg' - Hh')$, & $A - A'$, $2H\sqrt{-1}$, $2.(Gh + Hg)\sqrt{-1}$, $2.(Gh' + Hg')\sqrt{-1}$. &c.

Faisant donc $A + A' = R$. $A - A' = R'\sqrt{-1}$, ce qui

$$\text{donne } A = \frac{R + R'\sqrt{-1}}{2}, \quad A' = \frac{R - R'\sqrt{-1}}{2};$$

on mettra cette partie de la valeur du ϕ sous la forme $(Rx^{m-1} + Bx^{m-2} \dots) e^{fx} + e^{f'x}, + \sqrt{-1}(R'x^{m-1} +$

$B' x^{m-2} \dots \dots \dots) e^{fx} - e^{f'x}$; & par conséquent ,
 comme par l'hypothèse , $e^{fx} + e^{f'x}$ est réel , & que
 $e^{fx} - e^{f'x}$ est purement imaginaire ; on pourra avoir
 les $R, B \dots R', B' \dots$ par des équations linéaires
 & toutes réelles.

La solution de l'équation en e^{sf} nous donne des
 valeurs de e^{sf} . Si donc on appelle $e^{sf} = G$, & $e^f = g$,
 on aura l'équation $g^s - G = 0$, si $e^{fr} = g$, on aura
 $g^{\frac{s}{r}} - G = 0$; si $e^{fx} = g$, $g^{\frac{s}{x}} - G = 0$. Donc la quan-
 tité g peut avoir plusieurs valeurs pour une même
 valeur de G .

Supposons ici que r, s & x soient des nombres
 rationnels, ou même des nombres entiers, ce qui peut
 toujours se supposer lorsque les quantités x sont don-
 nées par des observations ; on aura en général $g^s -$
 $G^x = 0$; & s valeurs de g répondant à chaque valeur
 de G . Mais si les valeurs de x sont renfermées dans la
 formule $r + ns$, n étant un nombre entier positif ou
 négatif , la valeur de ϕ n'aura réellement pas plus de
 termes que G n'a de valeurs ; en effet soient $e^{f_1}, e^{f_2}, e^{f_3},$
 &c , les valeurs de e^f , lorsque $e^{fs} - G = 0$. Au lieu
 d'un terme $A e^{fx}$, on aura une suite de termes $A_1 e^{f_1 x} +$
 $B_1 e^{f_2 x} + C_1 e^{f_3 x}$; mais par l'hypothèse $x = r + ns$,
 donc ce terme deviendra $A_1 e^{f_1 r} e^{f_1 ns} + B_1 e^{f_2 r} e^{f_2 ns} +$
 $C_1 e^{f_3 r} e^{f_3 ns}$, &c. Or comme en général $e^{f ns} = e^{f_1 ns} =$
 $e^{f_2 ns} \dots \dots$ ce terme se réduira à $A' e^{f_1 r} + B_1 e^{f_2 r} \dots$
 $\dots e^{f ns}$; & la fonction $A_1 e^{f_1 r} + B_1 e^{f_2 r} \dots$ demeu-
 rant toujours la même , peut être considérée comme
 une seule constante arbitraire.

On auroit trouvé le même résultat par la seule observation, que selon les principes du Calcul Intégral aux différences finies ; les quantités $A, B, C, \&c.$, ne sont point des quantités absolument constantes : mais seulement des quantités qui ne varient point, lorsque x est augmenté d'une quantité $s, 2s, \dots ns$.

Il résulte de la remarque précédente que, supposons que l'on ait trouvé une valeur générale de ϕ qui convienne à p observation, & que l'on se propose de chercher si elle convient également à de nouvelles observations, il faudra examiner d'abord si ces nouvelles observations répondent à une valeur de x qui soit contenue dans la formule $r, r+s, r+2s, \dots, r+ns$, n étant un nombre entier positif ou négatif. Dans ce cas, il faut que la valeur de ϕ , telle qu'elle a été trouvée, donne pour ϕ une valeur égale à la valeur observée. Mais si au contraire la valeur de x ne se trouve pas renfermée dans cette suite, chaque coefficient constant A, B, \dots pourra être supposé

de la forme $A_1 + B_1 \frac{\sin. \Pi x}{s} + C_1 \frac{\sin. 2 \Pi x}{s} \dots$

$$+ Q_1 \frac{\sin. \frac{s-1}{2} \Pi x}{s} + B_{11} \frac{\cos. \Pi x}{s} + C_{11} \frac{\cos. 2 \Pi x}{s}$$

$$+ Q_{11} \frac{\cos. \frac{s-1}{2} \Pi x}{s}, \text{ si } s \text{ est impair ; si } s \text{ est pair,}$$

les deux séries s'arrêteront à $\frac{\sin. \frac{s}{2} \Pi x}{s}, \frac{\cos. \frac{s}{2} \Pi x}{s},$

Π étant la circonférence du cercle, & comme si s est

pair, $\frac{\sin. \frac{s}{2} \Pi x}{s} = \frac{\sin. \Pi x}{2}$, est toujours zero tant que x est entier, ce terme disparoît, & le nombre des termes est également s dans les deux cas; & l'on aura en général $A_1 + B_1 \frac{\sin. \Pi r}{s} + C_1 \frac{\sin. 2 \Pi r}{s}, \&c, + B'' \frac{\cos. \Pi r}{s} + C'' \frac{\cos. 2 \Pi r}{s} \&c, = A.$

Soit maintenant $n + 1$ le nombre des V qui sont entrés dans l'équation linéaire en $V, V', \&c$; réduisant x, r & s au même dénominateur, soit t le numérateur de s ; le nombre des racines e^{fx} étant n , la quantité d'observations à laquelle la formule en ϕ peut satisfaire $(t - 1)n$.

Ainsi il faudra, lorsque l'on aura des observations pour une suite de valeurs de x , non contenues dans la série $r, r + s, \dots, r + ns$, déterminer d'abord les coefficients indéterminés par la condition que la valeur de ϕ doit satisfaire à $(t - 1)n$. de ces observations; & ensuite il faudra que la valeur de ϕ , ainsi déterminée, convienne au reste des valeurs observées. Au reste, il faut observer que les $(t - 1)n$ valeurs données par l'observation, doivent répondre à des valeurs de x , telles que la série en x qui multiplie e^{fx} , & les autres séries de cette espèce ne se réduisent pas à un moindre nombre de termes; ou que dans les équations qui servent à déterminer les inconnues $A, B, C, \&c$, plusieurs de ces variables ne se réduisent pas à une seule.

VI.

Si nous voulons maintenant employer la méthode précédente à déterminer la loi d'un phénomène ; soit x une quantité supposée connue dans chaque cas particulier , & ϕ une autre quantité dont il faille connoître la valeur en x pour avoir la loi du phénomène.

1°. On cherchera d'abord , par l'observation , les valeurs de ϕ correspondantes à

$$x=r, r+s, r+2s, r+3s \dots r+ps,$$

& j'appellerai ces }
valeurs de ϕ } $V, V', V'', V''' \dots V^p;$

supposant toujours que r & s sont des nombres entiers , ce qui ne limite en rien la question : parce que je puis toujours prendre pour l'unité de la quantité x , telle valeur que je voudrai.

2°. On formera les quantités $A, A', A'' \dots A''^{p-2}$, art. III, ci-dessus, jusqu'à ce qu'on trouve une de ces quantités qui ne soit ni zero , ni telle qu'on puisse la regarder comme nulle. Si toutes sont zero , ou peuvent être regardées comme nulles , alors on

$$\text{aura } 1 - \frac{V}{V'} e^{fs} = 0, e^{fs} = \frac{V'}{V}; \text{ \&}$$

$$\phi = \frac{V'^{\frac{x}{s}}}{V} \times A, + B, \frac{\sin. \Pi x}{s},$$

$$+ B'' \frac{\cos. \Pi x}{s};$$

$$\begin{aligned}
 &+ C_1 \frac{\sin. 2 \Pi x}{s} + \dots + Q_1 \frac{\sin. \frac{s-1}{2} \Pi x}{s}, \\
 &+ C_{\#} \frac{\cos. 2 \Pi x}{s} \dots \dots \dots Q_{\#} \frac{\cos. \frac{s-1}{2} \Pi x}{s};
 \end{aligned}$$

si s est impair : ce terme sera terminé par $\frac{\sin. s \Pi x}{2}$, & $\frac{\cos. s \Pi x}{2}$ si s est pair. Si x est toujours de la forme $r \pm ns$,

le facteur de $\frac{V'^{\frac{x}{s}}}{V}$, se réduira évidemment à un seul terme ; si parmi les valeurs de x non comprises dans la formule $r \pm ns$, il n'y en a moins de $s - 1$, la formule y satisfera, il restera des coefficients indéterminés ; & il n'y aura de nouvelles conditions, que lorsqu'il y aura plus de $s - 1$ valeurs observées de ϕ , auxquelles il faudra que l'expression de ϕ en x satisfasse.

3°. Si on a trouvé une valeur de $A, A', A'' \dots$ qui ne soit pas zero, on formera les valeurs $B, B', B'' \dots B''^{s-4}$, jusqu'à ce qu'il s'en trouve une qui ne soit pas zero ; si toutes sont zero, alors j'aurai (art. IV) l'équation $b e^{2fs} + a e^{fs} + 1$,

$$\begin{aligned}
 b &= - \frac{A}{A_{\#}}, \\
 a &= - \frac{V'' b + V}{V'}.
 \end{aligned}$$

Tirant de cette équation les deux valeurs M & M' de e^{fs} , on aura $\phi =$

$$M^{\frac{x}{s}} \times A_1 + B_1 \frac{\text{fin. } \Pi x}{s} + C_1 \frac{\text{fin. } 2 \Pi x}{s}, \&c.$$

$$+ B_{II} \frac{\text{cof. } \Pi x}{s} + C_{II} \frac{\text{cof. } 2 \Pi x}{s};$$

$$+ M'^{\frac{x}{s}} \times A_{II} + B_{III} \frac{\text{fin. } \Pi x}{s} + C_{III} \frac{\text{fin. } 2 \Pi x}{s}, \&c.$$

$$+ B_{IV} \frac{\text{cof. } \Pi x}{s} + C_{IV} \frac{\text{cof. } 2 \Pi x}{s}.$$

Les séries se réduisent chacune à un terme tant que $x = r \pm ns$, & la formule satisfera nécessairement à $(s - 1) \cdot 2$, valeurs quelconques de ϕ , répondant à des valeurs de x prises hors de la série.

E X E M P L E.

Supposons que pour les valeurs de x ,

	0	3	6	9	12	15	18;
on ait } — 1	— 1	+ 1	11	49	179	601,	
$\phi = \{$	V	V'	V''	V'''	V^{IV}	V^V	V^{VI} .

On formera la suite des $A, A' \dots$ & comme ils ne sont pas zero, celle des $A_{II}, A'_{II}, \&c.$

$$A = - 2$$

$$A' = - 12 \quad A_{II} = 12,$$

$$A'' = - 72 \quad A'_{II} = 72,$$

$$A''' = - 432 \quad A''_{II} = 432;$$

$$A^{IV} = - 2208 \quad A'''_{II} = + 2208;$$

d'où l'en tirera celles des B ,

$$B = 0,$$

$$B' = 0,$$

$$B'' = 0;$$

on aura donc $b e^{2fs} + a e^{fs} + 1 = 0$, $b = -\frac{A}{A''} =$

$\frac{1}{6}$, $a = -\frac{V' b + V}{V'} = -\frac{5}{6}$; & $e^{2fs} - 5 e^{fs} + 6 = 0$, ou $e^{fs} = 3$, $e^{fs} = 2$. On aura donc $\phi = A e^{\frac{fx}{s}} + B e^{\frac{fx}{s}}$; soit $x = 0$, $\phi = A + B = -1$; soit $x = 3$, $\phi = 3A + 2B = -1$. On aura donc $A = 1$, $B = -2$; & la valeur générale de ϕ , tirée de ces sept observations, sera $\phi = 3^{\frac{x}{s}} - 2 \cdot 2^{\frac{x}{s}}$.

Supposons maintenant que nous ayons la suite d'observations suivantes pour x ,

$$\begin{array}{cccc} x = & 1 & 2 & 5 & 18, \\ V = & 3 & -2 & +1 & +7; \end{array}$$

comme $r = 0$, nous aurons $A_I = A = 1$, $A_{II} = B = -2$; & par conséquent les quatre équations

$$(1 + B_I \sin. 120 + B_{II} \cos. 120) 3^{\frac{1}{3}} + (-2 + B_{III} \sin. 120 + B_{IV} \cos. 120) 2^{\frac{1}{3}} = 3,$$

$$(1 + B_I \sin. 240 + B_{II} \cos. 240) 3^{\frac{2}{3}} + (-2 + B_{III} \sin. 240 + B_{IV} \cos. 240) 2^{\frac{2}{3}} = -2,$$

$$(1 + B_I \sin. 240 + B_{II} \cos. 240) 3^{\frac{5}{3}} + (-2 + B_{III} \sin. 240 + B_{IV} \cos. 240) 2^{\frac{5}{3}} = 1,$$

$$(1 + B_I \sin. 120 + B_{II} \cos. 120) 3^{\frac{10}{3}} + (-2 + B_{III} \sin. 240 + B_{IV} \cos. 240) 2^{\frac{10}{3}} = 7;$$

nous pouvons regarder ici les fonctions

$$\begin{aligned} 1 + B_I \sin. 120 + B_{II} \cos. 120 &= D, \\ -2 + B_{III} \sin. 120 + B_{IV} \cos. 120 &= D', \\ 1 + B_I \sin. 240 + B_{II} \cos. 240 &= D'', \\ -2 + B_{III} \sin. 240 + B_{IV} \cos. 240 &= D''', \end{aligned}$$

comme étant chacune une inconnue, nous aurons donc 1°. les deux équations $D 3^{\frac{1}{3}} + D' 2^{\frac{1}{3}} = 3$, $D 3^{\frac{10}{3}} + D' 2^{\frac{10}{3}} = 7$; d'où l'on tirera

$$D = \frac{3 \cdot 2^{\frac{10}{3}} - 7 \cdot 2^{\frac{1}{3}}}{2^{\frac{10}{3}} \cdot 3^{\frac{1}{3}} - 3^{\frac{10}{3}} \cdot 2^{\frac{1}{3}}},$$

$$D' = \frac{3 \cdot 3^{\frac{10}{3}} - 7 \cdot 3^{\frac{1}{3}}}{2^{\frac{1}{3}} \cdot 3^{\frac{10}{3}} - 2^{\frac{10}{3}} \cdot 3^{\frac{1}{3}}}.$$

2°. Par la même raison,

$$D'' = \frac{-2 \cdot 2^{\frac{5}{3}} - 1 \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{2^{\frac{5}{3}} \cdot 3^{\frac{2}{3}} - 3^{\frac{5}{3}} \cdot 2^{\frac{2}{3}}},$$

$$D''' = \frac{-2 \cdot 3^{\frac{5}{3}} - 1 \cdot 3^{\frac{2}{3}}}{3^{\frac{5}{3}} \cdot 2^{\frac{2}{3}} - 2^{\frac{5}{3}} \cdot 3^{\frac{2}{3}}}.$$

La valeur de ϕ fera donc en général, lors $x = 3n$, $\phi = 3^n - 2 \cdot 2^n$; lorsque $x = 3n + 1$, $\phi = D 3^{n+\frac{1}{3}} + D' 2^{n+\frac{1}{3}}$; lorsque $x = 3n + 2$, $\phi = D'' 2^{n+\frac{2}{3}} + D''' 2^{3n+\frac{2}{3}}$; & il faudra que toutes les nouvelles observations soient d'accord avec ces formules.

3°. Si les fonctions B ne sont pas toutes zero, on formera les fonctions,

$$C = B B' - B' B'' ,$$

$$C' = B' B'' - B'' B''' ;$$

[.....]

jusqu'à C^{p-6} . Si toutes sont zero, on aura $c e^{3sf} + b e^{2sf} + a e^{sf} + 1 = 0$,

$$c = - \frac{B}{B_1} ,$$

$$b = - \frac{A''' c + A}{A_1} ,$$

$$a = - \frac{(V''' c + V'' b + V)}{V'} ;$$

& le reste comme ci-dessus. Si tous les C ne sont pas zero, on formera des fonctions D , & ainsi de suite.

V I I.

J'ai considéré jusqu'ici la formule $\phi = A x^{m-1} + B x^{m-2} \dots e^{fx} + A' x^{m'-1} + B' x^{m'-2} \dots e^{f'x} \dots = 0$, en supposant les racines quelconques.

Supposons maintenant que l'on veuille avoir cette formule en sinus & cosinus, ce qui ne fait aucun autre changement que de supposer toutes les racines e^{sf} , de la forme e^{FV-1} , avec une racine correspondante e^{-FV-1} ; l'équation en $e^{sf} = y$ aura donc également pour racines $y = G$, $y = \frac{1}{G}$, & par conséquent les facteurs du second degré de la forme $y^2 + G' y + 1$.

En général, l'équation en y sera donc de la forme $y^n + n y^{n-1} + m y^{n-2} + \dots + m y^2 + n y + 1$, nous aurons donc $V + a V' + b V'' \dots$

$$bV''^{n-2} + aV'''^{n-1} + V''^n = 0, (V + V''^n) + (V' + V'''^{n-1})a + (V'' + V''''^{n-2})b \dots = 0;$$

faisant donc pour cette formule les mêmes raisonnements que ci-dessus, nous aurons, pour que l'équation ne soit que du second degré, les équations

$$(V + V'')V'' - (V' + V''')V' = 0, \\ (V' + V''')V''' - (V'' + V''''V'' = 0;$$

.....

si l'équation est du quatrième degré, à cause de $V + V^{iv} + a(V' + V''') + bV'' = 0, V' + V^v + a(V'' + V^{iv}) + bV''' = 0, \&c$, nous formerons les séries des termes

$$(V + V^{iv}).V''' - (V' + V^v).V'' = A, \\ (V' + V^v).V^{iv} - (V'' + V^{vi}).V''' = A';$$

.....

$$(V' + V''').V''' - (V'' + V^{iv}).V'' = A'', \\ (V'' + V^{iv}).V^{iv} - (V''' + V^v).V''' = A''';$$

.....

& nous aurons les équations de condition en $A \dots$ comme dans l'art. III.

Si l'équation est du sixième degré, nous formerons la série des A ,

$$(V + V^{vi}).V^{iv} - (V' + V^{vii}).V''' = A, \\ (V' + V^{vii}).V^v - (V'' + V^{viii}).V^{iv} = A';$$

.....

la série des A'' ,

$$(V' + V^v).V^{iv} - (V'' + V^{vi}).V''' = A'', \\ (V'' + V^{vi}).V^v - (V''' + V^{vii}).V^{iv} = A''';$$

.....

celle des A_{III} ,

$$(V^{II} + V^{IV}).V^{IV} - (V^{III} + V^V).V^{III} = A_{III};$$

$$(V^{III} + V^V).V^V - (V^{IV} + V^{VI}).V^{IV} = A'_{III};$$

.....

L'on formera les B & les C comme ci-dessus, & l'on aura les conditions en C .

Il fera très-facile de continuer ces formules; toute la différence se borne à trouver les séries en A or il est clair, en considérant les termes précédents, que pour degré $2n$, la valeur de A sera $(V + V^{2n})V^{n+1} - (V^1 + V^{2n+1}).V^n$; celle de A^p_q , en augmentant de p unités, le nombre qui désigne le rang des V dans toute la valeur de A , & en mettant en suite au lieu de $V + V^{2n}$, & $V^1 + V^{2n+1}$, devenus $V^p + V^{2n+p}$, & $V^{p+1} + V^{2n+p+1}$, $V^{p+q-1} + V^{2n+p-q+1}$, & $V^{p+q} + V^{2n+p-q+2}$.

Soient maintenant conservées les mêmes dénominations que dans l'art. V, nous aurons également $e^{2nsf} + 1 + a.e^{nsf} + p(e^{n+1sf} + e^{n-1sf}) + n(e^{n+2sf} + e^{n-2sf}) + m(e^{(n+3)sf} + e^{(n-3)sf}) \dots$ & les $p, n, m \dots$ seront donnés en $P, N, M \dots$ comme ci-dessus, jusqu'à $a = \frac{(V^{n+1} + V^{n-1})p + (V^{n+2} + V^{n-2})n \dots + V^{2n} + V^1}{V^n}$.

VIII.

Comme souvent on pourroit préférer une méthode de construction par les lignes, à une méthode qui exige des calculs, & que, malgré la forme technique donnée aux opérations de la méthode pré-

cédente , elle pourroit encore être regardée comme trop compliquée , j'ai cru devoir proposer ici la méthode suivante ; soit une suite de termes

$$x = r, r+s, r+2s, r+3s, r+4s \dots$$

& les valeurs $V \quad V' \quad V'' \quad V''' \quad V^{iv} \dots$ données par l'observation.

PROBLEME I.

Trouver 1°. si la valeur générale de ϕ peut être exprimée par un seul terme de la forme déterminée au commencement de ce Mémoire ?

2°. Quelle est la valeur de ϕ ?

1°. Soient sur la ligne AC , (Fig. X, Pl. 5) prises les deux quantités $AB=V, AC=V'$, & menées les parallèles indéfinies BB^{iv}, CC^{iv} ; soient menées ensuite les lignes $AB'=V', AB''=V'', AB'''=V''', \&c$, & que ces lignes soient prolongées , jusqu'à ce qu'elles coupent la ligne CC^{iv} en $C', C'', C''' \dots$ décrivons ensuite du point A & des rayons $AC, AC', AC'' \dots$ des arcs de cercle , ils couperont la ligne BB^{iv} aux points $B', B'', B''' \dots$ toutes les fois que la loi pourra être exprimée par un seul terme.

2°. Pour avoir la valeur de ϕ , soit pris $AC=1, AC'=V, AB'=V', AB=\frac{V'}{V}$, & $\phi=A(AB)^{\frac{x}{s}}$;

mais si $x=r, \phi=V=A(-AB)^{\frac{r}{s}}$. Donc $A=\frac{V}{(-AB)^{\frac{r}{s}}}$. Soit donc $x=r+ns, \phi=V.(-AB)^n$;

n étant (art. IV) un nombre entier.

REMARQUE.

La différence de signe ne doit faire aucune difficulté dans la première partie du Problème. On voit qu'il faut que tous les VV' , $V'V''$, $V''V'''$ soient toujours ou tous deux du même signe, ou tous deux de signes différents; toutes les fois que cela a lieu, on peut au commencement regarder les termes comme étant tous un nombre positif.

Quant à la seconde partie, si V & V' font de même signe, AB est positif & $-AB$ négatif; sinon AB est négatif & $-AB$ positif.

PROBLÈME II.

Trouver si la loi peut être exprimée par deux termes; & dans ce cas, trouver en lignes les coefficients de l'équation en e^{st} ?

Soit (Fig. X) $AC = 1$, $CC' = V'$. $Ab = V'$, $CC'' = V''$. $AB = V$, on aura $BB'' - bb' = A$, on formera les quantités A_{II} , A_{III} , A_{IV} par des constructions semblables en faisant successivement $AB = V''$, V''' , V^{IV} ; $Ab = V'''$, V^{IV} ; formant ensuite des séries de A' , A_{II}' , A_{III}' de A'' , A_{II}'' , A_{III}'' , &c, en faisant, dans des suites de constructions semblables à la première, successivement CC' , $Ab = V'$, V''' . . . $CC'' = V'''$, V^{IV} . . . $AB = V'$, V'' . Cela posé, soit fait $AB = A$, $AB' = A'$, $AB'' = A''$, $AC = A_{II}$; & soient prolongés les AB' , AB'' , &c, jusqu'à la ligne CC^{IV} , il faudra que $AC' = A_{II}'$, $AC'' = A_{II}''$, & ainsi de suite.

2°. La valeur du coefficient de e^{2fs} étant $-\frac{A}{A_{11}} = a$, & celle de e^{sf} étant $-\frac{V''a}{V'} - \frac{V}{V'}$, on n'aura aucune difficulté à les construire.

R E M A R Q U E.

Il n'y aura aucune difficulté pour les signes des quantités A d'après ce qui a été dit ci-dessus.

Quant à la recherche de ces quantités, si bb' & BB'' , au lieu d'être de même signe, sont de signes différents, il faudra prendre leur somme au lieu de leur différence; c'est-à-dire, qu'au lieu que bb' & BB'' soient du même côté de AC , elles se trouveront de deux côtés opposés.

II^e C A S.

Les valeurs de x ne sont plus supposées en progression arithmétique.

Supposons que nous ayons des valeurs de ϕ pour les valeurs de $x, r, r', r'', r''' \dots$ & que toutes les valeurs soient représentées par des nombres entiers; supposons même que x soit égal successivement à $r_{111}, r_{11}, r_1, r, r', r'', r''' \dots$ & que la suite des $r_1, r_{11}, r_{111} \dots$ représente les valeurs négatives, les $r, r', r'', r''' \dots$ les valeurs positives, que $r < r' < r'' < r''' \dots$ $r' < r_{11} < r_{111} \dots$ en faisant abstraction des signes, il est clair que toutes ces suppositions ne nuisent pas à la généralité de la question. Cela posé, si les différences de deux termes successifs dans la série ci-dessus, n'ont pas de diviseur commun, on pourra regarder x comme un terme d'une série à laquelle répondent les

valeurs de ϕ , comme dans la formule suivante, où chaque valeur de ϕ est au-dessous de la valeur de x qui y répond,

$$\begin{aligned}
 & r-n_1-m_1 \dots r-n_1-1 \cdot r-n_1 \cdot r-2 \cdot r-1 \cdot r \cdot r+1 \\
 & V_{n_1+n_1+m_1} \dots V_{n_1+n_1+1} \cdot V_{n_1+n_1} \cdot V_{n_1} \cdot V_1 \cdot V \cdot V' \\
 & \dots \dots r+n, r+n+1 \dots r+n+m; \\
 & \dots \dots V^n \cdot V^{n+1} \dots \dots V^{n+m};
 \end{aligned}$$

mais où l'on connoît seulement les valeurs de V , de V^n , de V^{n+m} , de $V_{n_1+n_1}$, de $V_{n_1+n_1+m} \dots$. Supposons donc toujours à ϕ la même forme & les mêmes équations en V ,

$$\begin{aligned}
 & V + aV' + bV'' + cV''' \dots = 0, \\
 & V' + aV'' + bV''' + cV^{iv} \dots = 0, \\
 & V'' + aV''' + bV^{iv} + cV^v \dots = 0.
 \end{aligned}$$

Il faut non-seulement pour avoir l'équation de condition en V , faire disparaître les a, b, c , &c; mais aussi les $V' V'' \dots$ qui sont inconnues, & ne laisser que les $V^n, V^{m+n} \dots$ qui sont donnés par l'observation.

Supposons donc que la loi ne doit avoir qu'un terme, alors on aura

$$\begin{aligned}
 & V + aV' = 0, \\
 & V' + aV'' = 0, \\
 & \dots \dots \dots \\
 & \dots \dots \dots \\
 & V^{n-1} + aV^n = 0;
 \end{aligned}$$

d'où en général $V \pm a^n V^{n+n} = 0$, où le premier signe a lieu si n est impair, & le second si n est pair; on aura donc, par la même raison, $V^{m+m} \pm a^n V^{m+n} = 0$.

L'on aura donc $V(V^n + m)^{\frac{n}{m}} \mp (V^n)^{1 + \frac{n}{m}}$, ou $(V)^m(V^{m+n})^n \mp (V^n)^{m+n}$, où le premier signe a lieu, si n & m sont tous deux pairs ou impairs ; & le second, si l'un est pair & l'autre impair. Ainsi l'on aura facilement en V toutes les équations de condition.

Si la loi doit avoir deux termes, alors on aura

$$\begin{aligned} V + aV' + bV'' &= 0, \\ V' + aV'' + bV''' &= 0, \\ V'' + aV''' + bV^{iv} &= 0. \end{aligned}$$

On en tirera donc une équation de la forme $V + AV^n + BV^{n+1}$, & comme par la même raison, on a une équation linéaire en V^n, V^{n+1}, V^{n+2} , en V^n, V^{n+2}, V^{n+3} , V^n, V^{n+3}, V^{n+4} ; on éliminera successivement $V^{n+1}, V^{n+2}, V^{n+3} \dots$ & l'on aura une équation linéaire en V, V^n, V^{n+m} , qui contiendra a & b . Si donc le nombre des valeurs observées de V est $p + 1$, on aura $p - 1$ équations semblables, & éliminant a & b , $p - 3$ équation de condition entre les V .

On trouvera de même, pour que la loi soit exprimée par trois termes, une équation entre $V, V^n, V^{n+m}, V^{n+m+q}$, $p - 2$ équations semblables, & $p - 5$ équations de condition.

Mais il y a ici une différence essentielle à observer, entre ce cas & celui que nous avons traité plus haut ; les équations en a, b , &c, n'étant plus linéaires, il y a des cas où plusieurs des coefficients en V des équations en a ou b étant nuls à la fois, ces quantités

a ou b ont plusieurs valeurs, de manière que l'équation en e^{sf} , qui est de la forme $1 + ae^{sf} + be^{2sf}$, &c, représente autant d'équations semblables que ces quantités a ou b ont de valeurs; ce ne fera donc pas seulement le nombre des V , mais le nombre des racines de cette équation en e^{sf} qui décidera véritablement du nombre des termes de la loi.

La voie que donne cette Méthode pour parvenir à trouver la valeur de ϕ , demanderoit, comme on le voit, des calculs très-longes; d'ailleurs comme ce n'est plus ici une hypothèse particulière comme celle des observations en progression arithmétique, mais une hypothèse générale, on ne peut donner de formes techniques.

Il faut donc avoir recours à d'autres moyens.

D'abord combinant deux à deux les observations, & supposant que l'on ait, par exemple, $V + aV^{m+n} = 0$, $V + aV^{n+m} = 0$, $V^n + aV^{n+m} = 0$, & $e^{sf} = \frac{V^n}{V}$, ou bien $e^{sf} = \frac{V^{n+m}}{V^n}$, $e^{sf} = \frac{V^{n+m}}{V}$, on aura à cause du coefficient en x qu'il faut donner à e^{sf} , une valeur de ϕ qui répondra nécessairement à n , à m , ou à $m+n$, valeurs de V observées. Ainsi pourvu que l'on combine deux observations V^n , V^{m+n} assez éloignées pour que m soit aussi grand que le nombre des observations, on pourra supposer ϕ de cette forme, sans qu'il y ait d'équations de condition, ni par conséquent de probabilité que la valeur hypothétique de ϕ soit la vraie valeur. Soit donc $p+1$ le nombre des termes, la probabilité qu'une nouvelle expérience soit com-

prise dans la formule de ϕ sera $\frac{p+2-m}{p+3-m}$.

Si lorsqu'on a choisi deux termes V^n, V^{n+m} pour faire $e^{sf} = \frac{V^{n+m}}{V^n}$, il y a d'autres termes tels que $V^{n \pm qm}$, q étant un nombre entier positif; il est clair

que pour ce terme, la valeur de $\phi = Ae^{\frac{fs}{s}}$ sera réduite à un terme. Mais ce cas est celui où l'on a une partie des termes en progression arithmétique; & alors il faut procéder comme dans l'article du cas précédent. Dans ce cas, soit m la différence, q le nombre des termes de la progression arithmétique, $p+1$ le nombre total des termes, la probabilité sera

$\frac{p-2q-m+2}{p-2q-m+3}$; ainsi pour qu'il y ait quelque probabilité, il faut que les $p+1$ observations soient en plus grand nombre que $2q+m$.

Il n'est pas nécessaire que les observations soient en progression arithmétique pour que la méthode développée ci-dessus, puisse leur être appliquée; en effet le principe sur lequel elle est fondée, c'est qu'on puisse avoir une suite d'équations linéaires en a, b, \dots, q , Ces quantités étant les coefficients de l'équation en e^{sf}, \dots dont chaque racine doit fournir un terme de la valeur de ϕ .

Soit donc une suite d'observations

$$\begin{array}{ccccccc} V^m & V^{m+m'} & V^{m+m''} & V^{m+m'''} & \dots & \dots & \dots \\ V^{m_1} & V^{m_1+m'} & V^{m_1+m''} & V^{m_1+m'''} & \dots & \dots & \dots \\ V^{m_{11}} & V^{m_{11}+m'} & V^{m_{11}+m''} & V^{m_{11}+m'''} & \dots & \dots & \dots \\ V^{m_{111}} & V^{m_{111}+m'} & V^{m_{111}+m''} & V^{m_{111}+m'''} & \dots & \dots & \dots \end{array}$$

ainsi de suite; l'on aura également

$$0 = V^m + aV^{m+m'} + bV^{m+m''} + cV^{m+m'''};$$

$$0 = V^{m_1} + aV^{m_1+m'} + bV^{m_1+m''} + cV^{m_1+m'''};$$

.....

$$\text{ou } V^m + a'V^{m'} + b'V^{m''} + c'V^{m'''},$$

$$V^{m+m'} + a'V^{m'+m_1} + b'V^{m'+m_{11}} + c'V^{m'+m_{111}};$$

.....

en effet, en faisant $V^m = Ae^{fx}$, $V^{m_1} = A'e^{fx}$, &c; toutes les équations de la première suite donneront l'équation $1 + ae^{m'sf} + be^{m''sf} + ce^{m'''sf} \dots$ & en faisant $V^m = Ae^{fx}$, $V^{m_1} = A'e^{fx} \dots$ toutes celles de la seconde donneront également $1 + a'e^{sf.m_1-m} + b'e^{sf.m_{11}-m} + c'e^{sf.m_{111}-m} \dots = 0$.

La loi générale des observations est ici facile à saisir. Soient en effet deux suites de termes quelconques $V^m V^{m+m'} V^{m+m''} V^{m+m'''} \dots V^m V^{m_1} V^{m_{11}} V^{m_{111}}$; il faut que trois de ces termes étant pris deux dans une série, & un dans l'autre, la valeur de ϕ qui répond à un exposant égal à une quatrième proportionnelle aux exposants de ces trois termes, soit connue par l'observation.

III^e C A S.

ϕ est toujours supposé fonction de x , mais la fonction n'est plus composée de puissances de x & d'exponentielles simples.

Quelle que soit la forme de la fonction de x qui est égale à ϕ ; ou même quelle que soit l'équation entre ϕ & x , pourvu que cette forme soit telle qu'on puisse, par des différentiations successives aux différences finies, faire

faire évanouir x & les transcendantes, en sorte que x & les coefficients des fonctions de x & de ϕ puissent être éliminés, on pourra appliquer la méthode précédente à rechercher la forme de l'équation en ϕ & x ; ainsi toutes les fois que la valeur de ϕ pourra être exprimée en termes finis par une équation aux différences finies qui soit intégrable, la méthode précédente pourra servir à découvrir la loi des phénomènes.

Le nombre des observations étant toujours $p+1$, supposons ici que l'équation en ϕ & ses différences soient du second degré; si elle contient ϕ & $\phi+\Delta\phi$, le nombre des coefficients indéterminés sera, comme l'on sait, de 5; si elle contient de plus $\phi+2\Delta\phi+\Delta^2\phi$, il sera de neuf; de quatorze, si elle contient $\phi+3\Delta\phi+3\Delta^2\phi+\Delta^3\phi$, & en général, si elle contient n , ϕ consécutifs de $\frac{n+1 \cdot n+2}{2} - 1$, il n'y aura que $n-1$ constantes arbitraires dont chacune pour toute la suite des x , se réduira à un seul terme. Le nombre total des indéterminées sera donc

$\frac{n+1 \cdot n+2}{2} + n - 2$. Ainsi on pourra toujours satisfaire aux $p+1$ observations, pourvu que $\frac{n+1 \cdot n+2}{2} + n - 2 - p - 1$ soit un nombre positif.

Si donc n est le nombre des V contenus dans l'équation, le rapport de probabilité sera

$$p - \frac{n+1 \cdot n+2}{2} - n + 4$$

$$p - \frac{n+1 \cdot n+2}{2} - n + \xi$$

termes qu'il auroit fallu prendre, en supposant l'équation linéaire, on auroit eu la probabilité $\frac{p - 2n' + 2}{p - n' + 3}$.

Ainsi pour qu'il y ait de l'avantage à choisir une équation

du second degré, il faut que $\frac{p - \frac{n+1 \cdot n+2}{2} - n + 4}{p - \frac{n+1 \cdot n+2}{2} - n + 5} >$

$\frac{p - 2n' + 2}{p - 2n' + 3}, \frac{n+1 \cdot n+2}{2} + n - 2 < 2n'$. Sup-

posons maintenant que l'équation soit du troisième degré, le nombre des coefficients indéterminés sera toujours le nombre des termes qui entre dans l'équa-

tion étant $n, \frac{n+1 \cdot n+2 \cdot n+3}{2 \cdot 3} + n - 2$; il est

clair qu'on satisfera toujours à l'équation, en prenant $\frac{n+1 \cdot n+2 \cdot n+3}{2 \cdot 3} + n - 2 > p + 1$; & en conti-

nuant le même raisonnement, il faudra, pour que la nouvelle hypothèse donne une loi plus probable, que les loix précédentes, si n'', n' désignent le nombre des termes qui entrent dans l'équation linéaire, & dans celle du second degré, il faudra, dis-je, que

$\frac{n+1 \cdot n+2 \cdot n-3}{2 \cdot 3} + n - 2 < \frac{n'+1 \cdot n'+2}{2} + n'$

$- 2 < 2n''$, & ainsi de suite. Soit enfin m en général le degré de l'équation; si on n'emploie que deux termes, alors le nombre des coefficients indéterminés sera

$\frac{m+1 \cdot m+2}{2} - 1$. Donc si $\frac{m+1 \cdot m+2}{2} - 1 > p,$

la loi représentera toujours les $p+1$ observations. D'où

l'on voit que , soit pour le nombre des ϕ qui entrent dans l'expression de la loi, soit pour le degré de l'équation entre les termes, le nombre des formules à éprouver est nécessairement fini & déterminé dès que le nombre $p + 1$ des observations est fini & donné.

Ainsi on trouvera par ce moyen les équations les plus simples en ϕ , & ses différences finies qui puissent représenter la loi d'un phénomène observé.

Cette expression de la loi des phénomènes, par une équation en un certain nombre de ϕ , est aussi commode pour faire des tables, que si l'on avoit l'expression de ϕ en x , & les deux expressions dépendent d'un même nombre de valeurs observées.

On peut également en tirer une valeur des ϕ pour les termes intermédiaires, & l'on trouvera encore qu'elle dépendra d'un même nombre de termes.

Si cependant on cherche la valeur de ϕ en x ; comme on n'a point de méthode générale de résoudre toutes ces équations; puisque plusieurs ne sont pas susceptibles d'intégrales finies, qu'il n'y a point de moyen de les distinguer des autres, & qu'ainsi une méthode qui seroit générale pour les trouver dans le cas où elles sont possibles en termes finis, ne donneroit qu'en séries celles qui n'en sont pas susceptibles: au lieu de chercher les formes d'équations aux différences finies, les plus simples qui puissent représenter la loi des quantités observées, il fera plus commode de chercher les formes d'intégrales finies les plus simples.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de celles qui peuvent convenir à tous les ordres; il suffit de

favoir que m étant un nombre positif qui désigne l'ordre de l'équation, & par conséquent le nombre des arbitraires, & n le nombre des coefficients indéterminés de la formule intégrale, il faut que $m + n > p + 1$ pour avoir quelque probabilité.

Il sera facile d'après cela, & les principes établis dans les Mémoires de l'Académie, année 1770, de classer toutes les formules qu'il faudra essayer pour trouver la loi la plus simple; mais comme nous nous sommes proposés de donner une méthode élémentaire, & immédiatement applicable à des observations données, il faudroit des détails trop étendus pour y rappeler ces nouvelles recherches.

IV^e CAS.

ϕ est fonction de x & de y . On a un nombre p de valeurs de ϕ observées, que l'on appelle

$$\begin{array}{cccccc} V & V' & V'' & V''' & V'''' & V'''''' \\ rr' & r+s.r' & r.r'+s' & r+2s.r' & r+s.r'+s' & r+r'+2s' \\ V'''' & V'''' & V'''' & V'''' & & \\ r+3s.r' & r+2s.r'+s' & r+s.r'+2s' & r.r'+3s' & & \&c, \end{array}$$

répondantes aux valeurs de x , r , $r+s$, $r+2s$. . . & aux valeurs de y , $r'+s'$, $r''+s''$, &c.

I. Nous chercherons, comme ci-dessus, si l'on peut avoir la série d'équations

$$\begin{array}{l} V + aV' + bV'' , \\ V' + aV'' + bV''' , \\ V'' + aV''' + bV'''' ; \end{array}$$

ce qui donnera la fonction de V , V' , V'' , V''' , V'''' , V'''''' , qui devra être 0, & autant de fonctions semblables en

mettant successivement au lieu de V ; V' , V'' , V''' , V'''' , &c, & semblablement pour les autres V ; si ces conditions n'ont pas lieu, on cherchera pour les suites d'équations

$$V + aV' + bV'' + cV''' + eV'''' + gV'''''' = 0,$$

$$V' + aV'' + bV''' + cV'''' + eV'''''' + gV'''''''' = 0,$$

$$V'' + aV''' + bV'''' + cV'''''' + eV'''''''' + gV'''''''''' = 0,$$

.....

les équations de condition, & ainsi de suite.

II. Lorsque l'on aura toutes ces équations de conditions égales à zero, ce qui arrive toujours à un certain point, on aura la valeur de a , b , c , e , f , g , &c, on fera $+a(\phi + \Delta\phi) + b(\phi + \Delta'\phi) + c(\phi + \Delta\Delta\phi) + e(\phi + \Delta\Delta'\phi) + g(\phi + \Delta'\Delta'\phi) = 0$, où les Δ marquent les différences de ϕ par rapport à x , & Δ' les différences par rapport à y ; & faisant $\phi = Ae^{fx+f'y} \dots$ on aura A arbitraire, & l'équation $1 + ae^f + be^{f's'} + ce^{2fs} + ee^{fs+f's'} + ge^{2f's'} \dots$ &c. Supposons donc que les valeurs $e^{f's'}$ en e^{fs} soient appellées Y , Y' , $Y'' \dots$ on aura $\phi = e^{\frac{fx}{s}} \left(AY^{\frac{y}{s'}} + BY'^{\frac{y}{s'}} + CY''^{\frac{y}{s'}} \right)$, plus une infinité de termes semblables répondants à toutes les valeurs possibles de e^{fs} . Pour déterminer ces fonctions, supposons que $y = 0$, nous aurons $\phi = A'e^{\frac{fx}{s}} + A''e^{\frac{fx}{s}}$, &c. Recherchant donc la valeur de ϕ par les observations répondantes à $x = r$, $x = r + s$, $x = r + 2s \dots$ on trouvera les valeurs de e^{fx} , $e^{f,x}$, $e^{f,x}$, &c; d'où l'on tirera le nombre des termes qui doivent entrer dans

la valeur de ϕ en x & y , & il ne restera que les coefficients constans à déterminer.

Les bornes que nous nous sommes prescrites dans ce Mémoire, ne nous permettent pas d'entrer dans de plus longues recherches sur cet objet, il suffit d'avoir donné les principes d'après lesquels on peut donner par le cas de ϕ fonction, de x & de y , une méthode technique, comme celle qui a été exposée ci-dessus pour le premier cas.

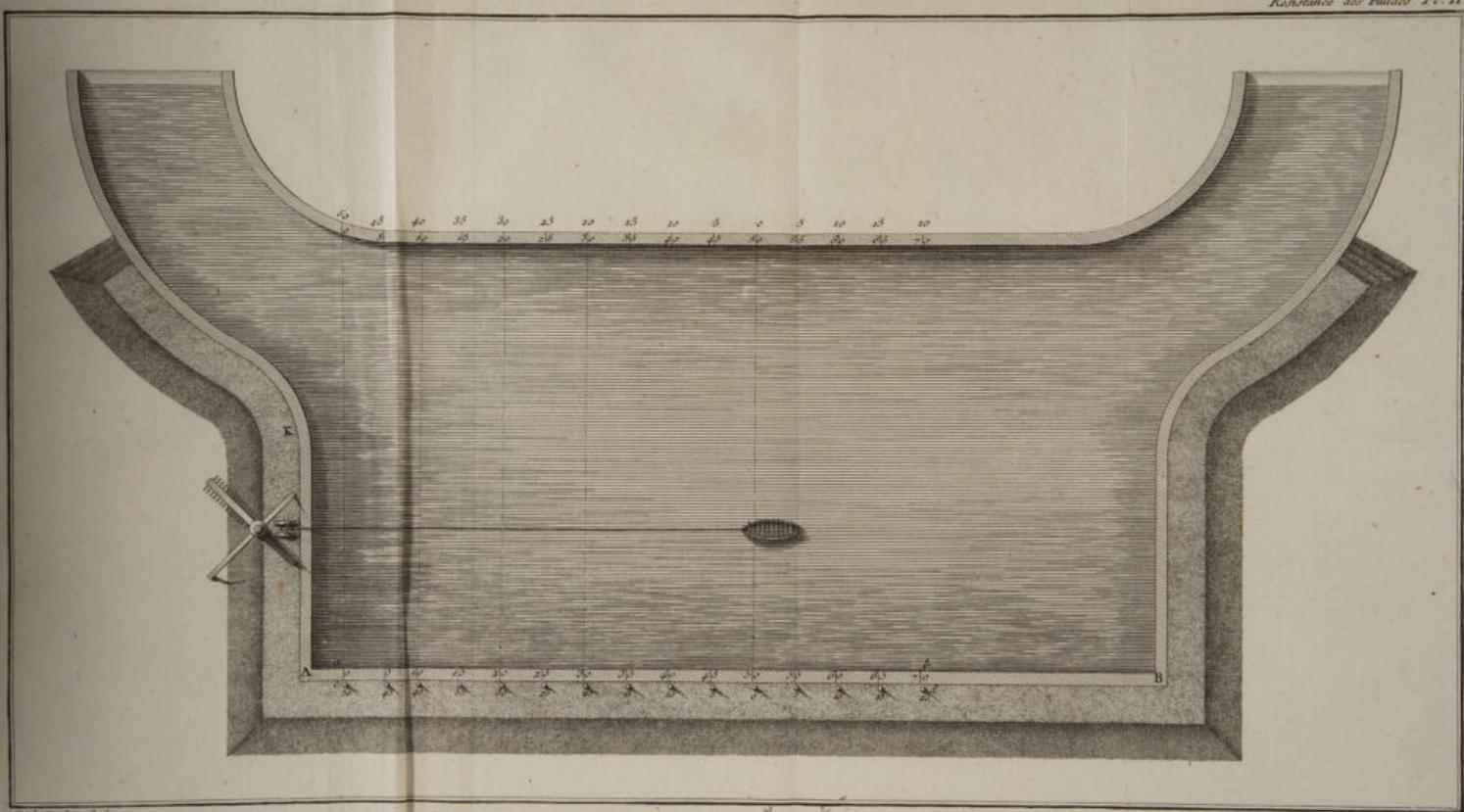
F I N.

*EXTRAIT des Registres de l'Académie
Royale des Sciences.*

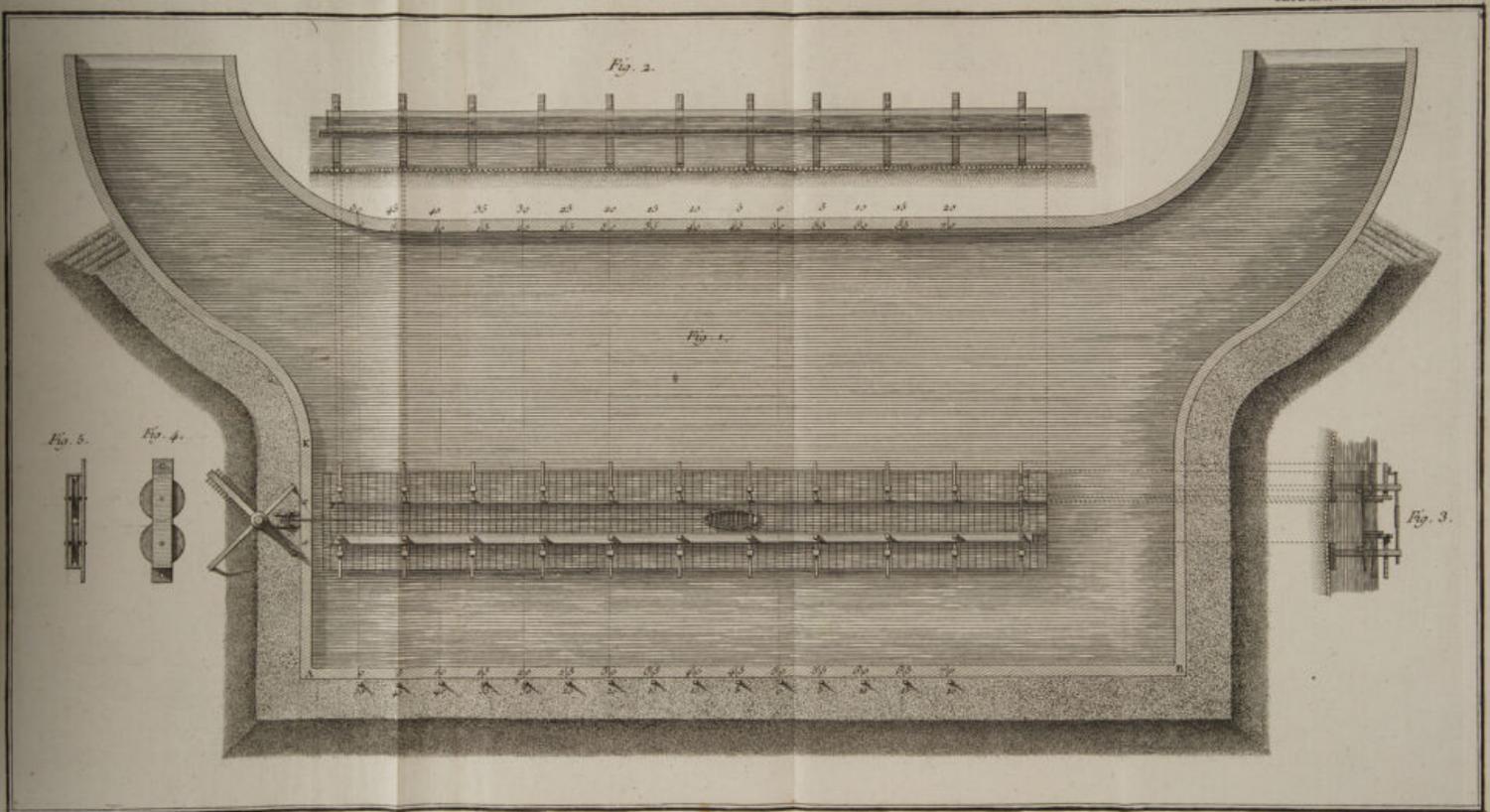
Du 12 Février 1777.

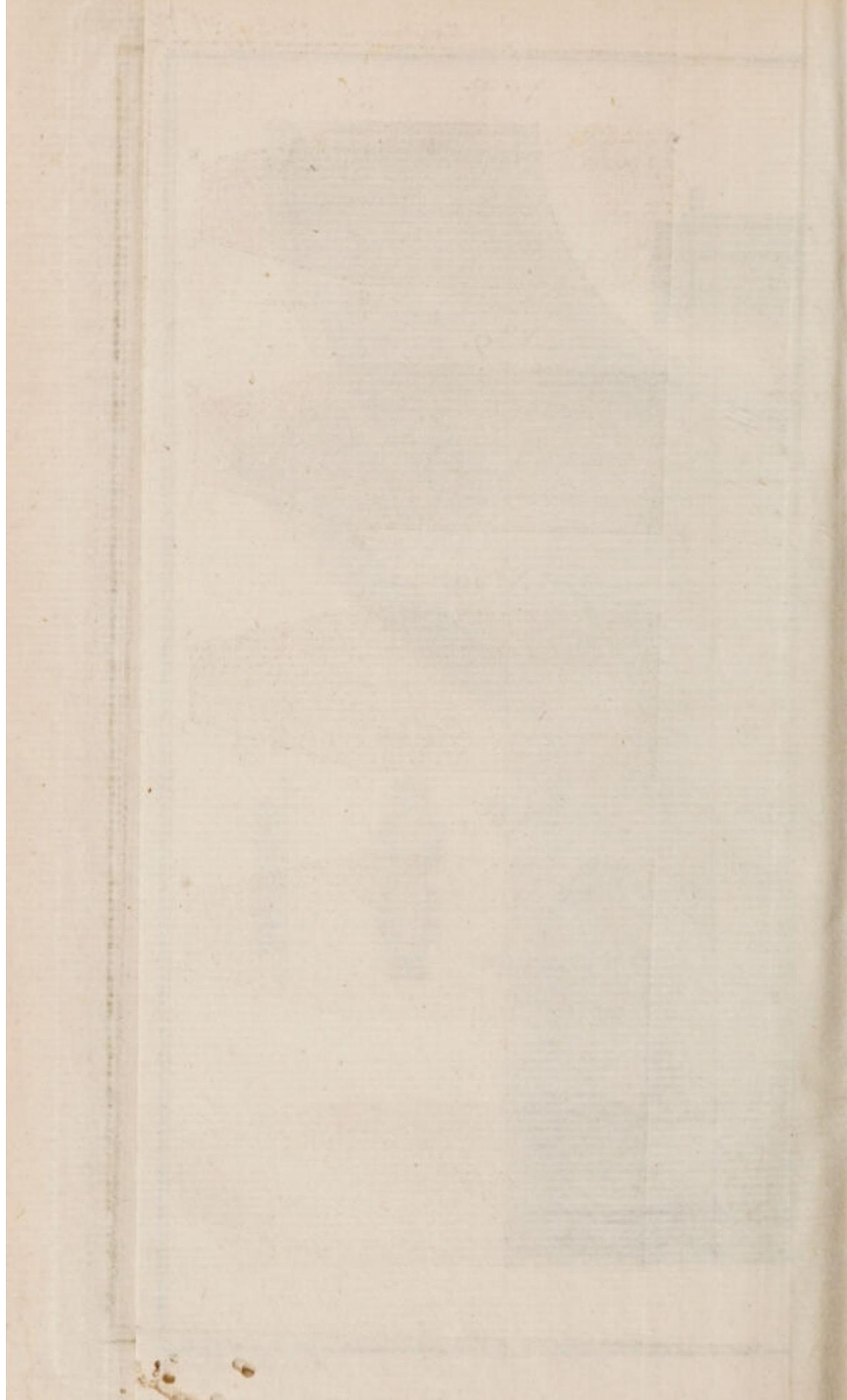
MESSIEURS DE MONTIGNY & VANDERMONDE, qui avoient été nommés pour examiner un Ouvrage intitulé: *Nouvelles Expériences sur la Résistance des Fluides*, par MM. D'ALEMBERT, le Marquis DE CONDORCET & l'Abbé BOSSUT, en ayant fait leur rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impression. En foi de quoi j'ai signé le présent Certificat. A Paris, ce 12 Février 1777.

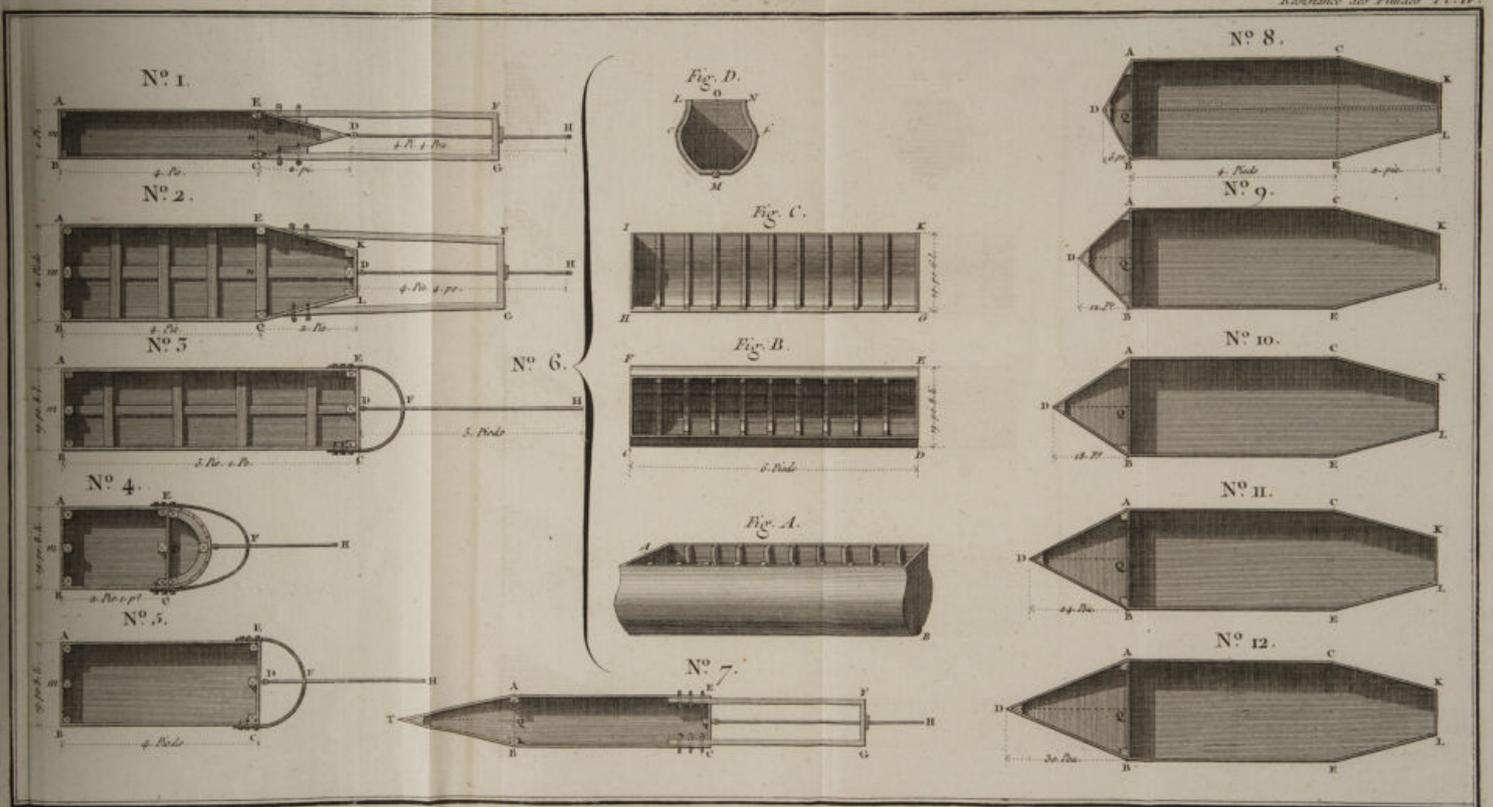
Le Marquis DE CONDORCET,
Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences,



De la Courtois Sculp.



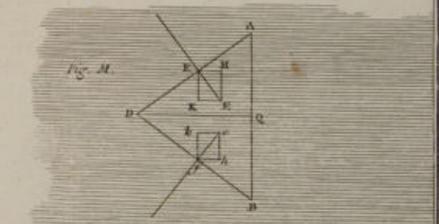
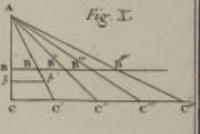
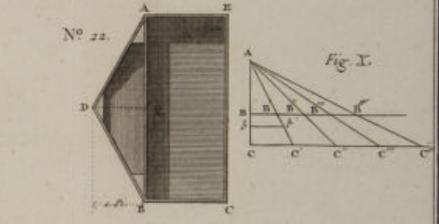
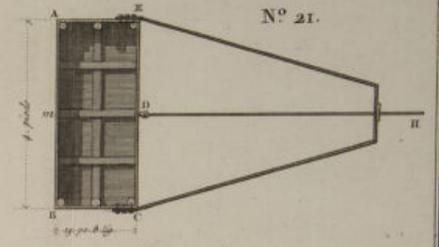
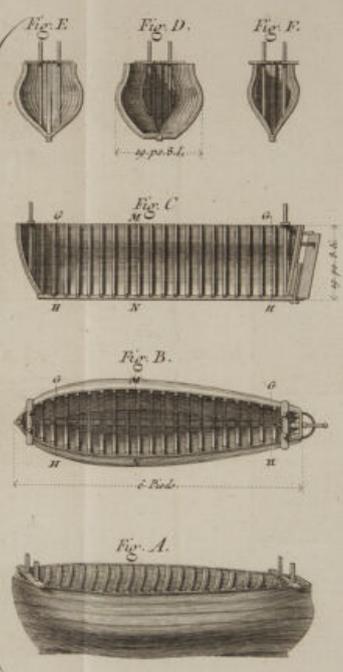
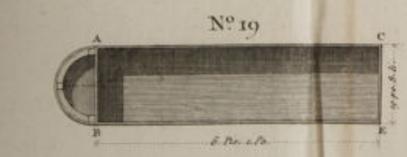
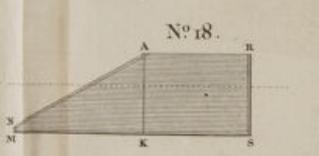
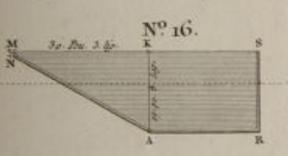
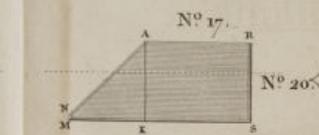
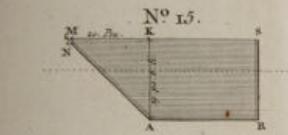
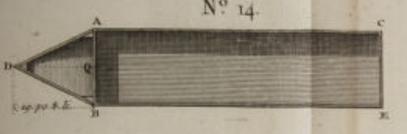
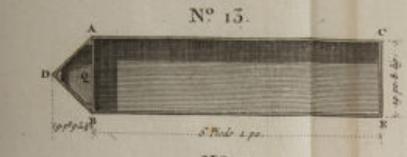




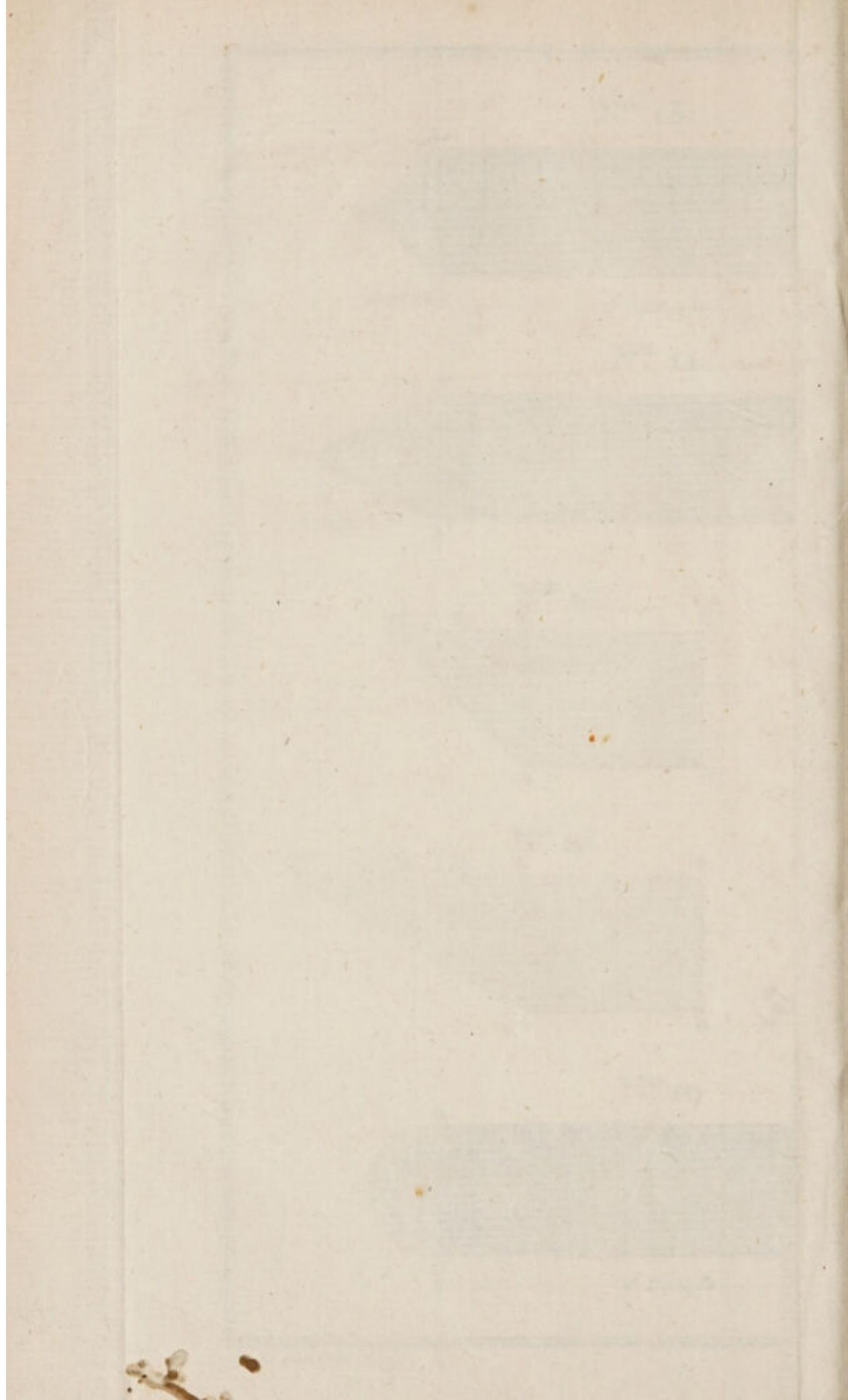
M. de la Harpe del.

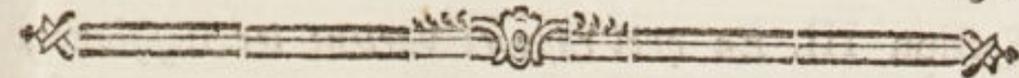
MS. 171





De la courbe Selp.





TABLE

DES MATIERES.

NOUVELLES EXPÉRIENCES SUR LA RÉSISTANCE DES FLUIDES.

DISCOURS préliminaire, page **I**

C HAPITRE I. <i>Préparation aux Expériences,</i>	1^r
C HAP. II. <i>Expériences sur la Résistance des Fluides indéfinis,</i>	23
C HAP. III. <i>Expériences sur la Résistance des Fluides dans des canaux étroits,</i>	93
C HAP. IV. <i>Addition aux deux Chapitres précédents,</i>	122
C HAP. V. <i>Comparaison de la théorie ordinaire de la Résistance des fluides indéfinis, avec l'expérience,</i>	130
S ection I. <i>Les Résistances qu'éprouve une même surface mue avec différentes vitesses, suivent-elles la raison des quarrés des vitesses?</i>	133
S ection II. <i>Les Résistances directes ou perpendiculaires, suivent-elles, sous même vitesse, la raison des surfaces?</i>	148

232 TABLE DES MATIERES.

Section III. *En quel rapport varient les Résistances
qui proviennent des chocs obliques ?* 160

Section IV. *Quelle est la mesure absolue de la Résis-
tance perpendiculaire & directe ?* 166

CHAP. VI. *Comparaison de la Résistance des fluides,
dans des canaux étroits, avec celle des Fluides in-
définis,* 177

*Essai d'une méthode pour trouver les loix des Phéno-
mènes d'après les Observations,* 195

Fin de la Table.

