

JOURNAL
DE
MATHÉMATIQUES
PURES ET APPLIQUÉES

FONDÉ EN 1836 ET PUBLIÉ JUSQU'EN 1874

PAR JOSEPH LIOUVILLE

COMBES

PHILLIPS

DE SAINT-VENANT

Rapport à l'Académie des Sciences sur une communication de M. Vallès, faite le 21 décembre 1868, sous ce titre: Expériences faites à l'écluse de l'Aubois, pour déterminer l'effet utile de l'appareil à l'aide duquel M. de Caligny diminue dans une proportion considérable la consommation d'eau dans les canaux de navigation

Journal de mathématiques pures et appliquées 2^e série, tome 14 (1869), p. 321-331.

http://www.numdam.org/item?id=JMPA_1869_2_14__321_0

 gallica

NUMDAM

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

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

Rapport à l'Académie des Sciences sur une communication de M. VALLÈS, faite le 21 décembre 1868, sous ce titre : Expériences faites à l'écluse de l'Aubois, pour déterminer l'effet utile de l'appareil à l'aide duquel M. de Caligny diminue dans une proportion considérable la consommation d'eau dans les canaux de navigation ; par MM. COMBES, PHILLIPS, DE SAINT-VENANT rapporteur.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXVIII, séance du 18 janvier 1869.)

M. Vallès, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, connu par divers Ouvrages de Mathématiques et d'Hydrologie, avait fait partie, en 1866, d'une Commission d'Ingénieurs et d'Inspecteurs du même corps, chargée de rendre compte d'expériences officielles exécutées en grand aux bassins de Chaillot, sur les effets de l'appareil inventé par M. de Caligny, et dont nous venons de dire l'objet. Son installation avait été ordonnée par M. le Ministre des Travaux publics, à la suite de Rapports de deux précédentes Commissions, appelées en 1849 et en 1869 à assister à des épreuves faites en petit.

D'après l'avis très-favorable de la nouvelle Commission, dont M. Vallès était le rapporteur [*], M. de Caligny a été invité par le Ministre à rechercher, sur un des canaux de la France, une localité convenable, et à concerter avec les ingénieurs les dispositions à

[*] Le résumé officiel de son Rapport a été imprimé au *Journal de Mathématiques* (voir t. XI, 2^e série, p. 412), et au *Bulletin de la Société Philomathique* du 2 février 1867.

prendre pour la construction d'un appareil destiné à fonctionner habituellement.

Le choix a porté sur l'écluse de l'Aubois, du canal latéral à la Loire (près de la célèbre usine de Fourchambault), parce que le niveau de son bief d'amont, qui a très-peu de longueur, est sujet à baisser notablement à chaque passage de bateau, de sorte qu'il importait, là plus qu'ailleurs, d'économiser beaucoup la dépense de volume d'eau que tout passage exige.

M. l'Inspecteur Vallès, désireux de reconnaître l'établissement définitivement donné à l'appareil qui avait fait dans un état provisoire l'objet de son étude, et d'en déterminer exactement l'effet utile, s'est rendu en 1868 à l'écluse de l'Aubois, où les travaux venaient d'être exécutés. Il y a séjourné une semaine, formant des agents à la double manœuvre du remplissage et de la vidange du sas, et se livrant journellement à des expériences relatives d'abord à la vidange.

Il vous en a adressé les résultats le 21 décembre, par les mains de M. le Maréchal Vaillant. Sa communication a été renvoyée à une Commission composée de M. Combes, de M. Phillips et de moi. Et, depuis quelques jours, M. Vallès nous a remis, pour l'y annexer, deux Compléments.

Le premier donne un tableau des résultats analogues relatifs au remplissage, observés depuis son retour à Paris, et conformément à ses instructions, par M. Perrault, conducteur des Ponts et Chaussées. Les chiffres que donne cet agent intelligent et soigneux [*] sont les mêmes que ceux qui figurent dans une lettre adressée à l'inventeur par M. de Marne, Ingénieur en chef du canal, certifiant ainsi qu'on peut les regarder comme exacts.

Le deuxième Complément donne, avec une description des procédés de mesurage, un détail, que nous lui avons demandé, des chiffres relatifs à la vidange, dont M. Vallès n'avait d'abord présenté qu'une moyenne générale. Il y a joint les résultats d'observations relatives à une manœuvre qui économise le temps en sacrifiant une partie de l'effet

[*] M. le conducteur Perrault s'est employé à toutes les opérations et à une intelligente mise en train du procédé avec un dévouement digne d'éloges.

utile : manœuvre particulière dont on pourra faire usage dans des moments de presse, si alors l'eau ne manque pas.

On voit qu'il n'est pas précisément question, comme en 1849, 1860 et 1866, d'essayer un système nouvellement inventé et de s'assurer de la possibilité de son usage. L'appareil de M. de Caligny reçoit un premier emploi, et il s'agit aujourd'hui d'en apprécier les avantages, plus exactement que jusqu'ici on n'a pu faire.

Commençons par en donner quelque idée d'après la description très-claire qu'en fait M. Vallès, en parlant d'abord des autres appareils ou procédés qui ont été précédemment proposés pour le même objet.

Dans son état habituel, le sas de toute écluse reste généralement vide. On le remplit, puis on le vide de nouveau pour chaque passage de bateau, soit descendant, soit montant. Cette manœuvre consomme, c'est-à-dire fait descendre du bief d'amont au bief d'aval, un volume d'eau égal à la capacité du sas.

Pour diminuer cette consommation, à laquelle l'alimentation supérieure ne suffit pas toujours, divers moyens ont été proposés. Il en est un qui date de 1643, dont on a, depuis, fait quelque usage en Angleterre. C'est celui de l'écluse de Bouzingués, en Belgique, à savoir : la construction et l'emploi d'un *bassin d'épargne* latéral au sas et d'une superficie au moins égale. On y met en réserve (comme dit M. Minard dans son *Cours de navigation intérieure*) le tiers du volume d'eau de chaque écluse pour en faire profiter l'écluse suivante ; avec deux bassins on en réserverait la moitié, et, avec trois (toujours de la même superficie que le sas), les trois cinquièmes. Mais les frais de ce procédé et ses inconvénients, entre autres celui de ralentir sensiblement la manœuvre, ont empêché d'en faire en France aucun usage. On n'a pas non plus suivi le conseil que donnait feu Girard, de multiplier les écluses en atténuant leurs chutes.

Divers autres procédés ont été successivement proposés sans avoir jamais été l'objet d'essais en grand. Ainsi, MM. Solage et Bossut rendaient le sas mobile. M. Burdin fermait par un couvercle un grand bassin latéral où l'eau entraît et dont elle sortait avec l'aide d'un piston. M. de Betancourt, ingénieur français d'origine, qui était au service de l'Espagne au commencement de ce siècle, déterminait l'enfoncement,

aussi dans un grand bassin, d'un volumineux flotteur faisant passer l'eau de ce bassin dans le sas pour le remplir, et il l'en retirait pour que le sas s'y vidât. M. Busby, ingénieur anglais, prenait, en 1813, une patente (*Repertory of Arts*, t. XXIII et XXIV) où le flotteur était creux, à deux compartiments superposés, recevant par des siphons, l'un de l'eau d'amont, l'autre de l'eau d'aval, et restituant ensuite ces quantités d'eau presque entières à leurs biefs respectifs. C'est ce même procédé qui, ingénieusement perfectionné en 1843, ou pour mieux dire inventé à nouveau et généralisé pour des écluses doubles, etc., par M. l'Ingénieur civil D. Girard, lui a fait décerner en 1845 le grand prix de Mécanique, sur le Rapport très-favorable de M. Poncelet, qui, après y avoir indiqué une amélioration de détail, s'est plu à faire une étude approfondie et savante de ce système, qui semble porter l'économie d'eau à son maximum. L'administration en fit l'acquisition, mais elle n'en a pas exécuté de spécimen.

L'appareil de M. de Caligny, ou de l'écluse de l'Aubois, que nous avons à examiner ici, est fondé sur un tout autre principe. Il produit son économie d'eau immédiatement ou pour l'éclusée même qui est en jeu, au lieu d'opérer comme le bassin de Bouzingues, pour l'éclusée suivante, une réserve que des fuites peuvent diminuer sensiblement.

Il revient à user, de suite, du travail produit par la chute de l'eau soit du bief d'amont dans le sas, soit du sas dans le bief d'aval, pour faire remonter à un niveau supérieur une certaine autre quantité de ce liquide. Tout récepteur hydraulique, tel que serait une roue à aubes en y adaptant toute machine élévatoire telle qu'une pompe, produirait plus ou moins un effet de ce genre; mais il importait que l'appareil adopté fût simple, d'un bon rendement malgré la variabilité de la force motrice, d'une manœuvre facile et de courte durée, enfin peu ou point sujet aux dérangements, et susceptible de laisser passer de l'eau chargée de vase ou de menus corps flottants, sans jamais s'encombrer. Les expériences de 1866 ont fait présumer que l'appareil exécuté en 1868 à l'Aubois, et que nous avons à apprécier, remplirait ces conditions. Il consiste essentiellement : 1° en un gros tuyau horizontal en maçonnerie, placé en contre-bas de la tenue d'eau d'aval et débouchant dans le sas vers l'extrémité inférieure de celui-ci; 2° en un fossé de décharge commençant aussi vers l'amont et allant déboucher en aval au-dessous

de l'écluse. Les seules pièces mobiles sont deux manchons ou larges tubes verticaux en tôle, de faible hauteur, ouverts aux deux extrémités, et reposant sur deux ouvertures circulaires de même diamètre faites au ciel du tuyau horizontal. Si leur manœuvre se fait entièrement à la main, l'éclusier les soulève sans effort avec des leviers du premier genre, portant d'un côté un secteur sur lequel s'applique une chaîne de suspension, et de l'autre une tiraude avec contre-poids. Bien que ces deux tubes verticaux soient placés très-proches l'un de l'autre, l'un d'eux peut être appelé *tube d'amont*, parce que son soulèvement fait descendre dans le tuyau horizontal l'eau prise à l'amont, dont il est entouré; l'autre sera nommé *tube d'aval*, parce que l'espace qui entoure sa paroi extérieure se trouve en communication avec le fossé de décharge qui est comme une annexe du bief d'aval.

S'agit-il de vider le sas supposé déjà rempli? On soulève le tube dit *d'aval*; les eaux du sas parcourent le tuyau et se précipitent dans le fossé de décharge en passant de tous côtés par l'ouverture annulaire que produit le soulèvement de cette espèce de soupape sans pression. Or, si, après avoir tenu le tube ainsi soulevé pendant quelques secondes, on le laisse retomber sur son siège, l'eau du long tuyau horizontal, animée d'une grande vitesse, ne pouvant continuer de s'échapper par l'ouverture qui lui était faite et qu'on vient d'intercepter, monte, en vertu de son inertie ou de sa force vive acquise, par l'intérieur de ce tube d'aval, et aussi du tube d'amont, et cela sans brusquerie et sans coup de bélier. Il en résulte, si les bouts supérieurs de ces tubes s'élèvent à quelques centimètres au-dessus du niveau de l'eau d'amont, et s'ils sont entourés d'une bâche convenablement disposée, qu'une portion de l'eau *monte du sas dans le bief d'amont de l'écluse*. Ainsi commence à se trouver utilisé le travail de la descente d'eau opérée.

Lorsque l'eau a cessé de monter ainsi et que ce qui en reste dans les tubes est redescendu par une oscillation en retour, on soulève de nouveau le tube d'aval, puis au bout de quelques secondes on le laisse retomber. Il en résulte, dans le sas qui est à vider, un nouvel abaissement de l'eau, dont une première portion descend dans le bief d'aval, et dont ensuite une autre portion monte encore dans le bief d'amont. Et l'on continue cette manœuvre périodique jusqu'à ce que l'ascension

d'eau qu'on veut obtenir soit devenue insignifiante pour l'épargne; alors on laisse écouler librement vers l'aval, en tenant le tube soulevé, le reste de l'eau du sas.

S'agit-il, au contraire, de remplir le sas supposé vide? On le fait par une opération inverse et qui, malgré sa simplicité, est si singulière dans son effet, que l'on a vu des ingénieurs expérimentés rester longtemps sans la comprendre. On soulève le tube dit *d'amont*; l'eau du bief supérieur se précipite, par l'espace annulaire ainsi ouvert, dans le long tuyau, et de là dans le sas. Au bout de quelques secondes on laisse retomber le tube d'amont sur son siège et on soulève le tube d'aval; l'eau qui, dans le long tuyau, a acquis une grande vitesse, continue sa marche *et fait dans ce tuyau un vide* qui appelle, par l'ouverture du dessous du tube d'aval soulevé, l'eau du fossé de décharge, c'est-à-dire *l'eau du bief d'aval*. Quand ce reflux artificiel cesse, on laisse retomber le tube d'aval et on soulève de nouveau le tube d'amont, et ainsi de suite. A chacune de ces doubles opérations successives, le sas se remplit, comme on voit, partie avec de l'eau prise en amont à un niveau supérieur, et partie avec de l'eau *prise en aval à un niveau inférieur*, grâce à cette espèce de machine pneumatique, ou de pompe aspirante sans piston ni clapet, dans laquelle se transforme spontanément le long tuyau horizontal chaque fois qu'on abaisse le tube d'aval après l'avoir tenu quelques instants soulevé.

L'épargne d'eau produite par l'appareil ainsi décrit sera la somme des quantités du fluide soulevé du bief d'aval dans le sas pendant le remplissage, et du fluide soulevé du sas dans le bief d'amont pendant la vidange, car ce sera là ce qu'un passage de bateau exigera de moins que l'écluse complète habituellement dépensée. Et le *rendement*, ou effet utile proportionnel, aura pour mesure la fraction obtenue en divisant cette somme par le volume de l'écluse, ou, ce qui revient au même, en divisant par la hauteur de la chute la somme des hauteurs d'eau du sas : les unes obtenues du bief d'aval, les autres passées au bief d'amont. Ces hauteurs sont celles d'abaissement et d'élévation qu'on mesure dans le sas, les premières pendant qu'un tube est levé, les autres pendant qu'il est baissé.

M. Vallès a fait, pour obtenir ces hauteurs, une suite nombreuse d'expériences de vidange du sas, dans lesquelles le nombre des périodes,

c'est-à-dire des soulèvements et des abaissements du tube d'aval, a varié de dix à douze.

Il donne, dans sa Note de décembre, un tableau des abaissements totaux qui en sont résultés dans l'eau du sas pour les huit premières expériences faites, afin seulement de montrer leur presque constance, car ils n'ont guère varié que de 1^m,70 à 1^m,75, la chute totale de l'écluse étant de 2^m,40 à 2^m,45. Et, dans sa deuxième Note complémentaire, il fournit le détail des abaissements partiels ayant lieu pendant chacune des moitiés des douze périodes dont se sont composées les quatre expériences les plus sûres. Ils ont été observés, comme il le dit, en introduisant un bateau dans l'écluse pour diminuer l'agitation du fluide, et en comparant, après chaque demi-période, à l'aide de deux perches, la hauteur du bateau avec celle du sommet des bajoyers.

Il donne les abaissements observés à l'extrémité supérieure du sas et ceux qui ont été observés à l'extrémité inférieure : ceux-ci sont beaucoup plus forts que ceux-là dans les premières périodes ; ils ne deviennent sensiblement égaux que dans les dernières. Ces différences prouvent simplement que l'eau dans le sas avait une pente très-sensible pendant les forts écoulements, comme naturellement cela devait être ; et la demi-somme des deux abaissements mesurés donnait ce qu'il fallait pour calculer les volumes.

M. Vallès regrette de ne pouvoir faire connaître en particulier les nombres appartenant à chacune des quatre expériences dont on parle ; il n'en a pas conservé la note, les moyennes partielles pour toutes quatre ayant été composées sur les lieux avec des nombres qu'il se rappelle très-bien avoir différencié très-peu d'une expérience à l'autre pour les mêmes périodes. Ces moyennes partielles ; données *pour chaque perche*, peuvent donc être considérées comme fournissant tout ce qu'il faut avec une approximation suffisante ; surtout quand on compare le résultat avec celui de Chaillot où l'on avait d'autres moyens d'observation et en même temps des causes de pertes d'effet ; et aussi, en faisant la comparaison avec ce qui a pu être mesuré lors du remplissage du sas, où il y a plus de régularité et moins d'agitation.

Quant aux chiffres relatifs au remplissage, ils sont donnés avec tout leur détail dans le premier Complément, pour deux expériences à huit

périodes. Il y a eu un tel accord entre ces deux expériences, que le conducteur Perrault a cru inutile d'en faire d'autres.

Il résulte de ces moyennes générales que la portion de l'effet utile, ou rendement, obtenue pendant le remplissage est $\frac{1^m, 101}{2^m, 43} = \dots 0,412$ et la portion pendant la vidange est moyennement $\frac{0,926}{2,40} = \dots 0,386$

Effet utile total. 0,798

soit 0,80 ou les *quatre cinquièmes*.

M. Vallès avait prévu, dès avant les dernières expériences, que l'effet utile partiel devait être plus considérable pendant le remplissage que pendant la vidange. Cela tient à ce que la variabilité du niveau des eaux dans le bief d'amont, exceptionnellement très-court comme on a dit, a obligé d'élever le bord supérieur des tubes à 10 centimètres plus haut qu'il ne faudrait dans les localités où les tenues d'eau sont à l'état ordinaire. Il pense que, dans ces localités normales, on obtiendrait bien 0,83 au lieu de 0,80.

Dans le deuxième Complément, M. Vallès rend compte d'expériences ayant pour objet d'économiser le temps en sacrifiant une partie de l'effet utile, ce qui est possible à certaines époques de l'année. Alors, en bornant l'opération à six périodes, il ne fait, en vidant le sas, remonter que 0^m, 563 d'eau en amont, ce qui fait une épargne de $\frac{0,563}{2,40} = 0,235$. Si, pendant le remplissage, on suppose par analogie 0,265, l'on a, en additionnant, toujours une épargne de moitié. Mais on n'abrège ainsi le temps que d'une minute et demie, et il paraîtra sans doute généralement préférable de faire la manœuvre complète et toute l'épargne d'eau dont on a présenté une évaluation tout à l'heure.

Il évalue aussi le rendement de l'appareil envisagé seulement comme machine élévatoire. Pour cela, il multiplie, afin d'avoir les quantités de travail, les volumes fluides par les hauteurs d'ascension ou de descente de leurs centres de gravité. Il trouve que, dans la manœuvre de la vidange, le rendement a été de 76 pour 100, et que dans celle du remplissage il a été de 81. Nous n'insistons point sur cette considération, qui est étrangère à notre objet principal.

Mais ce qui intéresse cet objet, c'est la ressource supplémentaire dite *des grandes oscillations finales et initiales*, que l'on tire à volonté du même appareil pour produire une épargne d'eau additionnelle, profitable, comme dans le système de Bouzingues, au passage de bateau qui suivra. Voici en quoi elle consiste, et le résultat de la mesure détaillée que M. Vallès en a faite.

Quand la manœuvre alternative du soulèvement et de l'abaissement du tube d'aval, pendant la vidange du sas, a cessé de produire des ascensions sensibles d'eau vers l'amont, l'on tient ce tube levé, et ce qui reste d'eau dans le sas se précipite, par l'intermédiaire du long et large tuyau, dans le fossé de décharge qui communique avec l'aval. Si, alors, on laisse se fermer, par une porte de flot qu'on y a établie, l'extrémité inférieure de ce fossé, il résulte de la vitesse acquise, et nonobstant la direction du cours de l'eau, inverse de ce qu'elle est dans le tuyau, *que ce fluide monte, dans le fossé, plus haut qu'il ne se tient ensuite dans le sas d'où il est parti*. Un excès de 15 centimètres a été mesuré pour cet effet, que produit naturellement tout *siphon renversé*. Il s'ensuit, en abaissant alors le tube vertical d'aval pour intercepter la communication avec le sas, que le fossé de décharge fera *bassin d'épargne* pour une certaine tranche d'eau, tranche que l'on emploiera, au passage suivant de bateau, pour remplir d'autant le sas, avant de rien emprunter au bief d'amont. Même, alors, par une autre grande oscillation, dite *initiale*, et encore analogue à celles qu'offre un siphon renversé, l'expérience montre que l'eau ainsi introduite dans le sas s'y tient notablement plus haut qu'elle n'est ensuite dans le bassin d'où elle vient, ce qui ajoute encore un peu à l'épargne.

De même, lors du remplissage, et après que le jeu des tubes a cessé d'aspirer profitablement de l'eau d'aval, si, en achevant de remplir le sas au moyen de la levée du tube d'amont, l'on ferme par une porte de flot l'entrée du petit bassin maçonné qui contient les tubes et qui communique avec le bief d'amont habituellement, la *grande oscillation* finale d'arrivée de son eau dans le sas fait monter dans celui-ci le fluide *plus haut* qu'il ne sera ensuite dans le petit bassin dont nous parlons; et ce bassin, quand on en abaisse le tube, ne contient plus l'eau qu'à un niveau inférieur à celui du bief d'amont. Il en résulte, dans ce même petit bassin maçonné, une sorte d'*épargne inverse* qui

profitera à la vidange du passage suivant, car on y fera arriver naturellement, du sas, la tranche d'eau qui y manque pour atteindre le niveau d'amont, et ce sera autant de moins à envoyer en aval. Une *grande oscillation initiale* aura même lieu alors, avec petit surcroît de profit.

M. Vallès, qui a mesuré les dénivellations produites par ces quatre grandes oscillations, surtout les finales, en conclut, pour l'épargne supplémentaire qu'elles peuvent fournir un chiffre de 10 pour 100 du volume de l'écluse. L'épargne totale due au système serait ainsi de 90 pour 100.

Un pareil résultat, s'il est confirmé, devrait être attribué à la simplicité de l'appareil, qui ne contient ni clapets ni pistons, et qui ne produit pas de chocs, parce que, comme dans la plupart de ceux de M. de Caligny, l'on s'est interdit toute fermeture de la section transversale du tuyau.

Son inventeur compte peu, toutefois, sur l'obtention habituelle, dans la pratique, des 10 pour 100 dont on vient de parler, parce qu'il peut en résulter du ralentissement dans la manœuvre, et que le temps a aussi besoin d'être épargné. Mais cette économie d'eau éventuelle pourra cependant être recherchée dans les lieux où il y a pénurie d'alimentation, avec des chutes très-hautes, comme aux environs des points de partage. Aussi M. Vallès en a toujours fait, avec raison, l'un des sujets de son examen.

Maintenant, obtiendra-t-on dans la pratique courante, et sans même compter ce surcroît final possible, les épargnes d'eau qui résultent des expériences ci-dessus? Un éclusier fera-t-il toujours jouer les tubes dix et douze fois, sans y mettre plus de cinq à six minutes que M. Vallès a comptées, y compris l'achèvement? Ce procédé, enfin, est-il appelé à devenir usuel dans tous les lieux et dans tous les temps où les voies navigables artificielles souffrent de la pénurie d'eau?

Ces questions ne pourront être jugées qu'à la suite d'un usage d'une certaine durée. Elles ne font pas l'objet essentiel de la communication de M. Vallès. Toutefois l'honorable et savant Inspecteur général les a traitées en partie et accessoirement. Il énonce que des signes non équivoques caractérisent l'instant où il faut abaisser les tubes après les avoir tenus levés, de manière à obtenir dans chaque période le plus

grand effet possible. On sait qu'en général les maxima restent quelque temps stationnaires, ou qu'ils varient fort peu pour des variations très-sensibles des éléments dont ils dépendent. On sait aussi que, dans des manœuvres délicates, et à cause même de leur délicatesse un peu scientifique qui souvent flatte et stimule l'esprit des simples ouvriers, ils acquièrent quelquefois en peu de temps l'instinct pratique du mieux possible.

D'ailleurs, après les deux ou trois premières périodes, où la manœuvre des tubes doit être opérée à la main, une expérience faite à Saint-Lô a prouvé que le reste pouvait être opéré *automatiquement* par une force de *succion* en rendant légèrement tronconique le bas des tubes et en le garnissant d'un rebord saillant et relevé, comme dans une autre machine déjà connue, qui a valu au même inventeur des récompenses aux deux dernières Expositions. Enfin, quant au temps de la manœuvre, M. Vallès a fait observer que les larges ouvertures, de 1^m,40 de diamètre, que découvre la levée des tubes, donnent un passage incomparablement plus prompt aux eaux que les ventelles perçant habituellement les portes dont elles compliquent la construction, et qui ne se manœuvrent qu'à l'aide de puissants cris; de sorte que, d'après lui, la considération du temps, qui fait le côté faible des autres systèmes mentionnés plus haut, ne paraît point défavorable à celui dont on vient de s'occuper.

En conséquence, vos Commissaires, en faisant des réserves relativement à des points que l'usage seul pourra résoudre, et à de légères incertitudes que laissent les mesurages opérés, estiment que le système d'écluse à épargne d'eau établi sur le canal latéral de la Loire contre la rivière de l'Aubois est ingénieux, et scientifiquement fondé; qu'il donne, en supposant même que l'on dût réduire sensiblement les chiffres annoncés, un effet utile remarquable, avec des chances de perfectionnements ultérieurs. Et ils vous proposent de remercier M. Vallès de vous avoir fait part de considérations aussi intéressantes au point de vue de l'art des ouvrages de navigation intérieure.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.