

JOURNAL
DE
MATHÉMATIQUES
PURES ET APPLIQUÉES

FONDÉ EN 1836 ET PUBLIÉ JUSQU'EN 1874

PAR JOSEPH LIOUVILLE

ANATOLE DE CALIGNY

**Note sur les moyens de rendre automatique le système
d'écluses de navigation décrit t. XI, 2e série, p. 145, rédigée
à l'occasion du Rapport précédent**

Journal de mathématiques pures et appliquées 2^e série, tome 14 (1869), p. 332-338.

http://www.numdam.org/item?id=JMPA_1869_2_14__332_0



NUMDAM

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

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

Note sur les moyens de rendre automatique le système d'écluses de navigation décrit t. XI, 2^e série, p. 405, rédigée à l'occasion du Rapport précédent;

PAR M. ANATOLE DE CALIGNY.

Dans le Mémoire dont il s'agit je n'ai indiqué aucun moyen de rendre cette écluse automatique, parce que MM. les Ingénieurs des Ponts et Chaussées qui avaient fait le dernier Rapport sur mes expériences ne pensaient pas que cela fût bien utile. Mais dans le Rapport à l'Institut on paraît attacher une certaine importance à ce qu'on obtienne une marche automatique. Je vais donc indiquer d'après quels principes cette marche pourra être étudiée. Il en résultera d'ailleurs quelques développements relatifs à certaines parties de ce Rapport.

Quand on commence à vider l'écluse, il se produit, si l'on veut, du sas dans un réservoir en communication alternative avec le bief d'amont, une grande oscillation qui peut faire baisser d'une quantité considérable le niveau de l'eau dans le sas, selon que les dimensions du bassin précité sont plus ou moins grandes. Il en résulte que lorsqu'on met ensuite l'appareil en train, outre les avantages de cette première grande oscillation indiqués pages 9 et 10 du Rapport à l'Institut, la première oscillation en retour descend beaucoup plus profondément qu'elle ne le ferait s'il n'y avait déjà une grande baisse dans le niveau de l'écluse.

Si donc le tube d'aval a un diamètre plus grand que son extrémité inférieure, on conçoit qu'il pourra être soulevé par un contre-poids, quand l'eau sera descendue à son intérieur d'une quantité suffisante pour ne plus faire équilibre à ce contre-poids; ce tube étant soulevé sera ensuite ramené en temps utile sur son siège par un principe de succion à contre-courant. En un mot, l'appareil fonctionnera d'une manière parfaitement analogue au jeu du système de mon invention

qui a été honoré d'une *Médaille d'argent* à l'Exposition universelle de 1867 [*]. On verra d'ailleurs dans la pratique s'il vaut mieux que la première grande oscillation descende assez bas dans l'écluse pour que le système devienne immédiatement automatique, ou s'il vaut mieux qu'il ne le soit qu'après une ou deux périodes.

Quand le niveau sera convenablement baissé dans l'écluse en vertu de cette marche automatique, une grande oscillation finale jettera une quantité d'eau considérable dans la rigole de décharge, alternativement transformée en bassin d'épargne, par une porte de flot, ainsi que cela est expliqué dans le Rapport à l'Institut.

Lorsqu'ensuite on voudra remplir l'écluse, l'eau, mise ainsi en réserve, produira, de la rigole de décharge dans le sas, une grande oscillation de remplissage. Si l'exhaussement qui en résultera dans l'écluse est assez grand, le tube d'amont pourra être soulevé par un contre-poids, parce que l'eau qui entrera dans ce tube tendra à le soulever de bas en haut, c'est-à-dire contre-balancera en partie la pression de l'eau du bief d'amont sur son extrémité inférieure élargie, au lieu d'être rétrécie comme la partie inférieure du tube d'aval doit l'être.

Mais il n'est pas probable que cette première grande oscillation, suivie, il est vrai, d'une oscillation plus élevée dans les tubes verticaux, suffise pour faire lever le tube d'amont. La pratique montrera si une ou deux oscillations de la machine proprement dite ne seront pas nécessaires avant qu'on puisse faire remonter l'eau dans ce tube à une hauteur suffisante, par une oscillation en retour, pour le faire lever de lui-même; tandis que la pression, agissant de haut en bas dans le tube d'aval, tiendra alors celui-ci baissé.

Le tube d'amont étant levé, redescendra d'ailleurs de lui-même en temps utile, au moyen d'un principe de succion qui a déjà été employé à cet usage à l'écluse de l'Aubois.

A partir du moment où le tube d'amont reposera sur son siège, l'eau baissera dans ce tube et dans celui d'aval. Or, ce dernier se lèvera de lui-même, comme cela a été expliqué ci-dessus, au moyen d'un contre-poids, quand l'eau sera convenablement baissée à son intérieur,

[*] Voir le Mémoire sur cette machine, publié dans le t. VII, 2^e série, 1862, de ce Journal, et le Mémoire sur une machine soufflante, t. XIII, 2^e série, 1868.

et l'eau de la rigole de décharge sera aspirée, ainsi que cela est expliqué dans le Rapport à l'Institut.

A cette époque le tube d'amont sera tenu baissé, en vertu de la pression de l'eau du bassin d'amont au-dessus de son extrémité inférieure. Il ne s'agira plus que de faire revenir le tube d'aval sur son siège quand l'aspiration de l'eau de la rigole de décharge sera finie à chaque période. Ce point est le plus délicat qui reste à étudier; cela peut être obtenu au moyen des phénomènes de succion résultant du retour d'une partie de l'eau entrée dans l'écluse, ou par d'autres moyens.

Au reste, abstraction faite de ce détail secondaire, on voit déjà que le travail de l'éclusier sera réduit à très-peu de chose, surtout si l'on parvient à supprimer complètement le travail nécessaire pour ouvrir et fermer les ventelles des portes d'écluse existantes.

Quant à la grande oscillation finale de remplissage, il suffit de rappeler qu'elle est expliquée dans le Mémoire précité de 1866 et dans le Rapport à l'Institut.

Je dois rappeler aussi [*] qu'il se perd dans la manœuvre ordinaire beaucoup d'eau, par suite des grandes ondes résultant dans le bief d'aval du mode de décharge en usage, parce que ces grandes ondes, qui seront évitées dans le nouveau système, font souvent verser de l'eau au-dessus des portes de l'écluse immédiatement en aval.

Quant à la marche automatique, on sera obligé, il est vrai, de se servir d'oscillations en retour qui augmentent un peu la durée de chaque opération de remplissage ou de vidange. Mais il résulte d'expériences, dont on a dit quelques mots dans le Rapport à l'Institut, que si l'on se privait de ces oscillations on diminuerait notablement l'effet utile dans certaines conditions de la manœuvre; de sorte que tout bien compensé, il est utile de s'en servir en profitant d'ailleurs de l'avantage qui en résultera pour obtenir une marche automatique, ou du moins tellement simplifiée, que non-seulement cela diminuera le travail de l'éclusier, mais que cela donnera plus de sûreté à ses manœuvres.

Depuis que ce qui précède est écrit, j'ai fait à l'écluse de l'Aubois quelques expériences ayant pour but l'étude des modifications qui

[*] Voir mon *Mémoire sur les ondes* publié t. XI, 2^e série, de ce Journal.

doivent être faites pendant le chômage du canal relativement à la marche automatique, dont on ne s'était pas occupé dans la construction de l'appareil à cette écluse.

Le tube d'aval n'étant pas encore disposé de manière à fonctionner de lui-même comme il l'était dans les expériences faites à Saint-Lô et aux bassins de Chaillot, où sa partie inférieure était rétrécie, c'est sur le tube d'amont que j'ai fait dernièrement des expériences pour obtenir une marche automatique d'après les principes exposés ci-dessus. Ces expériences ont très-bien réussi, mais il a fallu modérer la percussion de ce tube sur son siège, quand il y a été ramené par un effet de succion. Pour y parvenir, j'ai divisé en deux parties le contre-poids du balancier de ce tube. Une des parties de ce contre-poids est attachée invariablement à ce balancier, l'autre y est attachée au moyen d'une corde ou chaîne alternativement détendue. Cette partie du contre-poids est assez grande et vient se poser alternativement sur le sol. Il en résulte qu'à l'époque où le tube d'amont commence à descendre par l'effet de succion précité, cette partie du contre-poids n'agit point sur le balancier; mais qu'à l'époque où le tube dont il s'agit achève sa course descendante, sa vitesse est convenablement modérée par le travail de cette partie du contre-poids qui trouve alors sa chaîne tendue, et n'a même besoin d'agir que le long d'un chemin assez court pour modérer très-convenablement la percussion du tube sur son siège.

Malgré l'état de vétusté des anciennes portes de l'écluse de l'Au-bois, j'ai déjà pu faire d'heureuses tentatives pour les faire ouvrir d'elles-mêmes, sans qu'on soit d'ailleurs obligé d'ouvrir leurs ventelles.

Lorsque l'appareil qui remplit l'écluse cesse de fonctionner utilement, et qu'on achève de la remplir en laissant le tube d'amont levé, et en laissant d'ailleurs le bassin de ce tube en communication avec le bief d'amont, l'eau monte dans le sas, en vertu de sa vitesse acquise dans le grand tuyau de conduite, au-dessus du niveau du bief d'amont. Il en résulte que les portes d'amont de l'écluse s'entr'ouvrent d'elles-mêmes, avec assez de force pour qu'un très-léger effort de l'éclusier les fasse ouvrir en entier quand il saisit bien l'instant opportun. Il y a lieu d'espérer que ces portes s'ouvriront en entier d'elles-mêmes quand elles seront refaites à neuf et ajustées avec plus de soin. Mais dans l'état actuel des choses, il faudrait même déjà prendre des précautions

pour qu'elles ne se refermassent pas d'elles-mêmes, en vertu de leur élasticité, tant elles s'ouvrent convenablement avec l'aide d'un très-léger effort de l'éclusier.

Quand l'appareil qui vide l'écluse ne fonctionne plus utilement, si l'on achève de la vider en laissant le tube d'aval levé et en laissant la rigole de décharge en communication avec le bief d'aval, l'eau descend dans le sas, en vertu du mouvement acquis dans le grand tuyau de conduite, au-dessous du niveau du bief d'aval; de sorte que les portes d'aval de l'écluse s'entr'ouvrent d'elles-mêmes, et de la même quantité en général que se sont ouvertes les portes d'amont dans l'autre opération; si l'éclusier saisit aussi le moment convenable, il achève de les ouvrir avec une grande facilité. Cependant jusqu'à présent la sûreté de l'ouverture spontanée des portes d'aval est un peu moindre que celle des portes d'amont. C'est une raison de plus pour qu'il soit utile de refaire cette expérience avec des portes neuves convenablement ajustées.

Le grand tuyau de conduite a une propriété intéressante relativement au travail nécessaire pour faire entrer ou sortir de l'écluse pleine les grands bateaux chargés. Quand un de ces bateaux entre, il refoule devant lui une masse d'eau qui, dans l'état actuel des écluses, est obligée de passer au-dessous de lui ou le long de ses flancs. La résistance considérable et par suite le ralentissement qui en résultent dans la manœuvre sont considérablement atténués à l'écluse de l'Aubois, lorsqu'on a mis la partie postérieure de cette écluse en communication avec le bief d'amont en levant le tube d'amont.

Quand le bateau sort de l'écluse, il refoule dans le bief d'amont une masse d'eau qui serait de même obligée de passer au-dessous de lui ou le long de ses flancs. La résistance et par suite le ralentissement qui en résultent dans la manœuvre sont de même considérablement atténués lorsqu'on met la partie postérieure de l'écluse en communication avec le bief d'amont par le grand tuyau de conduite.

Craignant que les bateliers ne missent de la complaisance dans leurs réponses, j'ai profité d'une circonstance où un grand bateau était chargé d'une manière exceptionnelle. J'arrêtais à volonté ou je remettais ce bateau en marche, sans avertir les bateliers, en baissant ou relevant le tube d'amont.

On voit déjà qu'il y a divers moyens d'abrégier la manœuvre, en employant le nouveau système. Dans son état actuel, la durée de chaque oscillation en retour est à très-peu près de douze secondes. Mais, si l'on ne faisait dégorger l'eau relevée au bief d'amont que par le tube d'amont, en prolongeant suffisamment le tube d'aval, comme dans les dessins de celui de mes appareils dont il s'agit, qui ont été gravés en 1868 dans le *Génie industriel* de M. Armengaud et dans la *Revue universelle* de M. de Cuyper, on pourrait diminuer notablement la durée de ces oscillations en retour.

En effet, pour qu'il n'y ait aucun *coup de bélier*, quand on baisse le tube d'aval, il n'est pas nécessaire que l'intérieur de celui-ci soit entièrement libre. Une partie de sa capacité peut être occupée par un cylindre vertical, terminé inférieurement en pointe. Il y a même lieu de penser que cela permettra de ne pas enfoncer aussi profondément le siège de ce tube au-dessous du niveau du bief d'aval qu'on l'a fait pour éviter l'introduction de l'air dans le grand tuyau de conduite.

Quoi qu'il en soit, la durée des oscillations en retour sera diminuée par ce cylindre à très-peu près dans le rapport de la racine carrée de la somme des sections cylindriques restées libres dans les deux tubes verticaux à la racine carrée de la somme des sections totales qu'auraient ces deux tubes si ce cylindre n'existait pas.

Il résulte de diverses considérations indiquées ci-dessus que les grandes oscillations initiales et finales doivent être étudiées à plusieurs points de vue, soit à celui de l'ouverture spontanée des portes de l'écluse, soit à celui de l'épargne de l'eau, soit à celui des facilités qu'elles donnent pour la marche automatique des tubes verticaux.

Dans ce dernier cas, elles permettent d'ailleurs, si l'on sacrifie une partie de leurs avantages pour l'économie de l'eau, d'obtenir, au moyen d'écoulements en retour, des oscillations assez grandes dans les tubes verticaux pour changer complètement l'état de la question, quant aux facilités qui en résultent pour la marche automatique.

Nota. — Je me suis borné à exposer le résultat de mes dernières expériences à l'écluse de l'Aubois. Le moyen que j'ai employé pour amortir la percussion du tube d'amont sur son siège m'a paru très-satisfaisant. Cependant il est intéressant de remarquer qu'on peut se

servir, pour atteindre le même but, d'un flotteur alternativement émergé, après avoir été entièrement plongé, et qui serait invariablement attaché au balancier par une tige. Ce système offrirait l'avantage d'éviter l'inconvénient quelconque de déplier alternativement une chaîne; et, de plus, toutes les masses partant du repos en même temps, il n'y aurait aucune chance de changement brusque de vitesse. Or, au moment où le contre-poids alternativement déposé sur le sol est saisi par la chaîne, quand elle se tend en vertu du mouvement acquis du tube, du balancier et de l'autre partie du contre-poids, l'inertie occasionne une résistance brusque, dont au reste l'effet a paru sans inconvénient dans cette circonstance.

Quant aux moyens de faire ouvrir d'elles-mêmes en temps utile les portes d'amont et d'aval de l'écluse, il est intéressant de remarquer la possibilité d'employer des manœuvres pour faire cette opération, sans qu'il soit nécessaire, comme dans des essais précités, de mettre en communication non interrompue la rigole de décharge avec le bief d'aval et le petit bassin d'amont avec le bief d'amont. Ces manœuvres, reposant sur des communications alternatives avec ces biefs, pourront prochainement être étudiées; mais elles ne pourront l'être d'une manière complète que lorsqu'on aura fait des portes d'écluse neuves : ce qui ne paraît pas pouvoir être fait cette année. Il y a lieu d'espérer qu'on pourra se passer complètement des ventelles de ces portes, et ne les conserver que pour le cas où l'on aurait à faire à l'appareil quelque réparation qui obligerait de se servir momentanément du système actuellement en usage. On conçoit que si, au commencement de chaque grande oscillation finale, le sas est pendant un temps convenable en communication avec le bief qui la concerne, cela pourra permettre d'achever de remplir ou de vider le sas sans ouvrir ces ventelles, tout en permettant à l'eau contenue dans le grand tuyau de conduite de conserver la force vive nécessaire pour que les portes de l'écluse s'ouvrent d'elles-mêmes, comme cela a été expliqué ci-dessus.
