NOTE

Sur le Bélier hydraulique, et sur la manière d'en calculer les effets.

Par le Cit. MONTGOLFIER.

L'EXPÉRIENCE démontre qu'un corps placé à une distance peu éloignée de la surface de la terre, et qui obéit librement à sa gravité, tombe avec une vitesse croissant à raison de 30 pieds par seconde; d'où il résulte que les vitesses de ce corps croissent comme les tems, et que l'espace qu'il parcourt augmente comme le quarré du tems. *Voyez les développemens de ces principes à la fin de la note* (*a*).

Mais si le corps n'est pas libre dans sa chûte, c'est-à-dire, s'il communique une partie de son mouvement à d'autres corps dans un état d'inertie, sa vitesse, ainsi que l'espace parcouru, diminue en raison des masses avec lesquelles il partage son mouvement.

C'est d'après ces deux vérités incontestables et la persuasion où je suis, que la force dont est pourvu un corps, ne peut dans aucun cas être annihilée, que j'ai imaginé la machine ou l'outil représenté vol. 13, PL. II, pour, au moyen d'une chûte d'eau donnée, élever avec facilité une partie de ces mêmes eaux à une hauteur indéterminée, et toujours proportionnelle pour la quantité à la hauteur de leur ascension divisée par la hauteur de la chûte, à quelques pertes près, à cause des frottemens.

Supposons que la colonne *A* ait une hauteur de cinq pieds, représentant la chûte d'eau que la situation d'un ruisseau a permis d'obtenir; que la conduite *B* ait une longueur de 15 pieds, je nommerai *colonne active* la colonne d'eau verticale *A*, et *colonne passive*, celle horizontale contenue dans la conduite *B*. Supposons le tube d'ascension *F, I*, prolongé à une hauteur de 100 pieds, qui est celle à laquelle se trouve placé le bassin supérieur, dans lequel nous nous proposons d'élever les eaux; que la capacité du réservoir d'air *D* soit de quatre litres. Si nous versons de l'eau dans le bassin supérieur, en quantité suffisante pour remplir le tube d'ascension *F, I*; nous aurons réduit l'air contenu dans le réservoir *D*, à n'occuper dans le vase qu'un peu moins du quart de l'espace qu'il occupait avant sa compression, et le reste de l'espace sera occupé par l'eau qui est descendue par le tube *F, I*; alors le ressort du litre d'air comprimé se trouvant en équilibre avec le poids de la colonne d'eau qui le presse, le tout est dans un état d'inertie.

Représentons-nous maintenant que les deux soupapes, savoir celle d'arrêt *C*, et celle d'ascension *O*, sont fermées; il est évident que les deux colonnes *A* et *B* seront aussi dans un état d'inertie. Telle est la situation de cet outil et des eaux qu'il renferme dans tous les instans où il ne fonctionne pas.

Dans cet état de choses, si nous abandonnons à son propre poids la soupape *C*, elle descendra dans l'eau, jusqu'à ce que le bout de la tige qui la traverse touche le bas du tube *B*, comme le dessin le représente. A cet instant la colonne active *A* commencera à obéir à sa gravité, ce qu'elle ne pourra faire librement, puisqu'elle sera arrêtée par l'inertie de la colonne passive, qui partagera son mouvement; ainsi les deux colonnes prendront une même vitesse; mais attendu que la colonne active n'est que le $\frac{1}{3}$ de la colonne passive, cette vitesse ne pourra être, après un tems donné, que le quart de celle que la colonne active aurait acquise pendant le même tems, si elle avait obéi librement à sa gravité (*b*). Ainsi la colonne passive ne peut, d'après ces données, acquérir pendant une seconde qu'une vitesse à raison de 7 pieds $\frac{1}{2}$ par seconde, c'est-à-dire, de 30 pieds divisé par 4. Si donc la soupape d'arrêt *C* reste ouverte pendant 30 tierces, les deux colonnes auront acquis une vitesse de 3 pieds $\frac{3}{4}$ par seconde, et si le poids de la soupape d'arrêt a été calculé de manière qu'elle puisse céder à la pression produite par la vitesse 3 pieds $\frac{3}{4}$, avec laquelle les eaux de la colonne *B* s'épanchent dans la direction de bas en haut, la soupape d'arrêt *C* se fermera. Il ne restera plus aucune issue libre pour la continuation de l'écoulement de la colonne *B*, laquelle exercerait une pression indéfinie en tout sens contre les parois de la conduite qui la contient, si elle ne trouvait pas un autre échappement, et que la matière dont est faite cette conduite fût dénuée d'élasticité, d'où résulterait l'impossibilité d'un renflement (*c*); mais nous ne sommes pas dans ce cas.

La soupape d'ascension *O* n'étant chargée que par une colonne d'eau de 100 pieds, se

soulève pendant un tems suffisant pour épuiser toute la somme de force dont sont animées les deux colonnes *A* et *B*, et la durée de ce tems est facile à déterminer rigoureusement, puisqu'il suffit, d'une part, de comparer la longueur des deux colonnes *A* et *B*, prises ensemble avec la longueur de la colonne *F, I*, et d'autre part, de connaître le tems qu'aurait exigé lesdites deux colonnes *A* et *B* pour obtenir la vitesse de 3 pieds $\frac{3}{4}$ ou 45 pouces, d'après leur obéissance à la gravité. Or il est visible que le tems serait 7 tierces $\frac{1}{2}$; mais comme la longeur de la colonne *F, I* que nous avons à tenir soulevée est cinq fois plus grande que celle des deux colonnes *A* et *B* qui la soulèvent, cette dernière masse ne peut le faire que pendant un tems cinq fois plus court, c'est-à-dire, pendant le tems seulement d'une tierce $\frac{1}{2}$, et pour abréger encore le calcul de ce tems, on peut multiplier la longueur des deux colonnes *A* et *B* par la vitesse, diviser ce produit par celui de 30 fois la hauteur de la colonne *F, I*. Le quotient de cette division présentera le nombre de secondes pendant lequel la soupape d'ascension *O* est restée ouverte. Exemple, $3\frac{3}{4} \times 20 = 75$, qui divisé par 3000, produit de 100 par 30, donne pour quotient 0,025 de seconde $= \frac{1}{40}$ de seconde = une tierce $\frac{1}{2}$.

Ainsi on voit que cette pression est bien loin d'être un choc, un coup de marteau, comme quelques personnes l'ont cru, trompées sans doute, soit, par le bruit que font les soupapes lorsqu'elles se ferment, soit, par la vibration de la conduite métallique *B* dans l'instant de la pression. Quelques personnes ont cru voir aussi une absurdité dans cette théorie, se fondant sur un principe incontestable, d'après lequel une masse 1 frappant une masse 5, ne peut communiquer qu'une bien faible partie de son mouvement à cette dernière, ce qui est très-vrai ; j'ajoute même que ce mouvement, quel que faible qu'il soit, n'est que relatif au degré d'élasticité des deux corps qui s'entrechoquent; mais, comme on voit, il n'est question ici ni de choc, puisque les deux conduites sont toujours pleines, ni de colonne d'eau dans un état d'inertie à laquelle il faille donner du mouvement, puisque la colonne *F, I* est sans cesse en activité, au moyen de la pression constante de l'air comprimé dans le réservoir *D*; ainsi la pression des deux colonnes *A* et *B* s'exerce uniquement sur cette légère masse d'air qu'elle comprime de nouveau à chaque révolution.

Dans tout ce que je viens de dire, j'ai supposé que la surface de chacune des deux soupapes était égale à celle d'une section de la colonne *B*, de manière que l'eau qui en sortait, n'éprouvait nulle part dans son cours aucun étranglement.

Voyons maintenant de quelle longueur sera le cylindre d'eau qui doit entrer à chaque révolution dans le réservoir d'air *D*. Rappelons-nous que la vitesse de ce cylindre était à raison de 45 pouces par seconde à l'instant de l'ouverture de la soupape d'ascension *O*, ce cylindre a dû entrer avec cette même vitesse, mais elle a dû nécessairement décroître graduellemont jusqu'à celle de zéro, ainsi sa vitesse moyenne a été à raison de 22 pouces $\frac{1}{2}$ par seconde, et comme il n'a coulé que pendant une tierce $\frac{1}{2}$, il n'a pu

s'introduire dans le réservoir *D*, pendant ce court espace de tems, qu'un cylindre d'eau de la longueur de 22 pouces $\frac{1}{2}$ = 270 lignes divisé par 40 = 6 lignes $\frac{3}{4}$. Ainsi, en supposant le diamètre de la colonne *B* égal à 4 pouces, nous pouvons estimer que dans la pratique il serait entré 8 pouces cylindriques d'eau dans le réservoir *D*, et que l'opération aura employé 31 tierces $\frac{1}{2}$, qu'on peut porter dans la pratique à 36 tierces, à cause des frottemens. Suivons maintenant l'historique de ce qui se passe pour parfaire chaque révolution. La somme de force de deux colonnes *A* et *B*, prises ensemble ayant été épuisée, comme il est dit, par la résistance de l'air comprimé, lors de leur introduction partielle dans le réservoir, la soupape *O* se ferme, et les colonnes rentrent dans l'état d'inertie ; leur vitesse précédente, au moyen de laquelle elles avaient fermé la soupape d'arrêt *C*, n'existant plus, cette soupape retombe par son propre poids, et par sa chûte prépare une nouvelle révolution.

Telle est la machine ou outil que j'ai imaginé et exécuté depuis plus de six ans dans ma manufacture de papier, à Voiron, pour élever l'eau fournie par la rivière, à la hauteur de la pile de mes cylindres à la hollandaise, en profitant d'une chûte de 10 pieds ; opération qui m'a dispensé de roues, pompes, et autres attirails de machines hydrauliques employées ordinairement.

Cette invention n'est point originaire d'Angleterre, elle appartient toute entière à la France ; je déclare que j'en suis le seul inventeur, et que l'idée ne m'en a été fournie par personne. Il est vrai qu'un de mes amis a fait passer, avec mon agrément, à MM. Watt et Bolleton, copie de plusieurs dessins que j'avais fait de cette machine, avec un Mémoire détaillé sur ses applications. Ce sont ces mêmes dessins qui ont été fidèlement copiés dans la patente prise par M. Bolleton à Londres, en date du 13 décembre 1797; ce qui est une vérité dont il est bien éloigné de disconvenir, ainsi que le respectable M. Watt. Depuis j'ai encore prodigieusement multiplié les variations de cette machine, le principe étant une source féconde d'applications, sur-tout pour les cas dans lesquels on a besoin d'un mouvement alternatif. J'en ai entr'autres exécuté une, où, à l'aide d'une chûte d'eau de 10 pieds, j'ai comprimé l'air comme par 40 atmosphères, et où l'eau pouvait conséquemment s'élever à 40×32 pieds $= 1280$ pieds. Je me propose d'en exécuter une nouvelle, dont l'effet sera encore beaucoup plus considérable.

Je me ferai toujours un plaisir de faire voir cette machine exécutée et fonctionnant, à toutes les personnes qui le désireront.

Paris, le 8 thermidor an 10. *Signé* MONTGOLFIER, rue des Juifs, n°. 18.

NOTES.

(*a*) Par exemple, un corps qui tombe pendant une seconde, a acquis une vitesse à raison de 30 pieds par seconde, et comme il tombe avec une vitesse croissant depuis celle 0 jusqu'à celle 30 pieds, l'espace parcouru n'est que de 15 pieds, c'est-à-dire $\frac{0+30}{2}$.

De

De même si l'espace parcouru par le corps qui tombe librement, a exigé un tems de 10 secondes, nous jugeons que ce corps est parvenu à une vitesse de 300 pieds par seconde $= 30 \times 10$, et que l'espace parcouru est de 1500 pieds $= 15 \times 10^2$. Ainsi nommant T, le tems employé, V, la vitesse acquise, E, l'espace parcouru, la connaissance de la valeur d'une de ces quantités nous donne celle des deux autres. Exemple, soit $T = 1$ seconde $V = 30$ $T = 30 \times 1 = 30$, c'est-à-dire, que la vitesse est de 30 pieds par seconde. E égalera $T^2 \times 15 = 1 \times 1 \times 15 = 15$ pieds.

Soit $T = 10$ secondes $V = 30$ $T = 30 \times 10 = 300$. $E = T^2 \times 15 = 1500$.

Soit $V = 300$. $T = \frac{V}{30} = \frac{300}{30} = 10$. $E = T^2 \times 15 = 100 \times 15 = 1500$.

Soit $E = 1500$. $T = \sqrt{\frac{E}{15}} = \sqrt{\frac{1500}{15}} = \sqrt{100} = 10$ $V = 30$ $T = 30 \times 10 = 300$.

(*b*) Néanmoins ceci ne pourrait s'entendre que pour un tems très-court, par exemple, pour une tierce, à l'expiration de laquelle les deux colonnes A et B auraient acquis une vitesse de 30 pieds divisés par 60 et ensuite par 4, c'est-à-dire, une vitesse à raison d'un pouce $\frac{1}{2}$ par seconde.

L'espace parcouru par cette colonne aurait été d'un pouce $\frac{1}{2}$ divisé par 60, et puis par 2 ou $\frac{3}{4}$ de pouce divisé par 60, c'est-à-dire, la quatre-vingtième partie d'un pouce. Un aussi petit espace parcouru n'aurait opéré qu'un changement insensible dans les rapports entre la colonne passive et la colonne active; mais il est visible que si les deux colonnes restaient exposées pendant un tems beaucoup plus considérable, comme, par exemple, celui d'une seconde, à la gravité de la colonne active, d'après cette manière de compter, elles devraient avoir acquis une vitesse à raison de 30 pieds par seconde divisés par 4, c'est-à-dire, une vitesse à raison de 7 pieds $\frac{1}{2}$ par seconde, et avoir parcouru un espace de 3 pieds $\frac{3}{4}$, ce qui aurait nécessité l'introduction d'une nouvelle colonne d'eau inerte de la même longueur de 3 pieds $\frac{3}{4}$ dans la partie supérieure du tube qui contenait la colonne active, laquelle nouvelle colonne aurait acquis une vitesse croissante, depuis celle à raison de 0, jusqu'à celle à raison de 3 pieds $\frac{3}{4}$ par seconde, et comme cette vitesse n'aurait pu avoir lieu qu'aux dépens de la colonne active, il résulte que cette dernière aurait partagé sa vitesse avec une plus grande colonne inerte, et n'aurait pu fournir à la colonne entière une aussi grande vitesse. Je présenterai par la suite le moyen d'établir théoriquement la vitesse des deux colonnes *A* et *B*, d'après les divers laps de tems pendant lesquels la colonne active aura obéi à sa gravité.

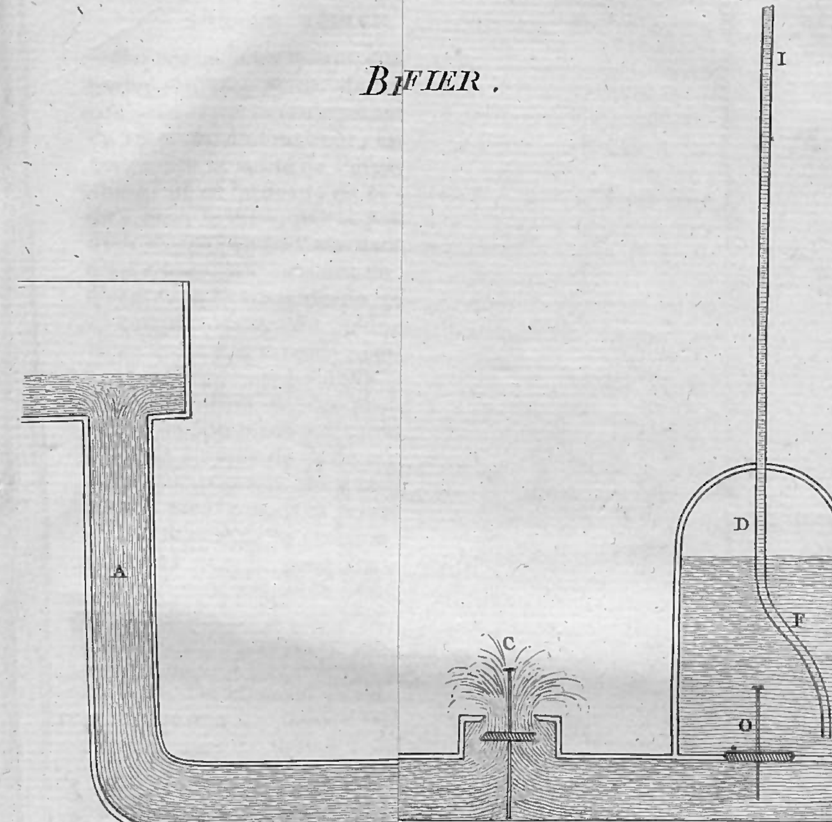
(*c*) Quelques physiciens m'ayant observé qu'ils ne concevaient pas comment les colonnes *A* et *B* pouvaient, par la suppression de leur écoulement, opérer une pression indéfinie contre les parois de la conduite qui les contient, qu'il leur paraissait au contraire que le mouvement de ces deux colonnes d'eau devait être anéanti dès l'instant qu'elles n'avaient plus d'issue pour s'échapper, je vais tâcher de leur prouver que le fait qui démontre le contraire est d'accord avec la saine théorie.

Un corps qui de lui-même ne peut se mouvoir, peut cependant être déplacé avec une vitesse plus ou moins grande en obéissant à sa gravité, pendant un tems plus ou moins long, et si ce corps se meut dans la direction de bas en haut en luttant contre sa gravité, il retourne dans son état de repos dans un tems proportionnel à la vitesse de son mouvement.

Soit cette vitesse de 30 pieds par seconde, il est visible que ce corps n'emploiera qu'une seconde pour rentrer dans son état de repos, et qu'il se sera élevé à une hauteur de 15 pieds; mais si dans l'instant que ce corps était pourvu de ladite vitesse de 30 pieds par seconde, on ajoutait à la résistance que sa gravité oppose à son ascension, une autre résistance pareille à son poids, mais non sensiblement matérielle, telle que pourrait être celle de l'air comprimé, alors la résistance étant double, il est visible que la vitesse du mouvement de ce corps décroîtra à raison de 60 pieds ou deux fois 30 pieds par seconde, et qu'en conséquence il sera épuisé au bout d'une demi-seconde, ainsi le corps ne se sera élevé qu'à la hauteur de 7 pieds $\frac{1}{2} = \frac{30}{4}$, parce que l'espace parcouru représentant le quarré du tems employé, celui de $\frac{1}{2}$ seconde est $\frac{1}{4}$ de seconde, donc il faut diviser la première vitesse de 30 pieds par 4.

Vol. 13 PL. II.

BÉLIER.



Journal des Mines N° 73. Vendem

Maleuvre Sculp.

BELIER HYDRAULIQUE DE MONTGOLFIER.

Maleuvre Sculp.

Supposons maintenant que le corps dont nous venons de parler soit une masse de 10 kilogrammes suffisante pour comprimer par sa seule pesanteur l'air contenu dans un tube de 15 pieds de longueur, au point de ne lui plus faire occuper que la moité de l'espace qu'il y occupait avant d'être chargé de ce fardeau, en ce cas, dis-je, l'air sera comprimé de $\frac{1}{2}$ dans le tube, par la pression qu'il aura subi de la part dudit corps pendant son ascension; voilà donc une quantité d'air comprimée au point de faire équilibre à une colonne d'eau de la hauteur de 32 pieds; mais si au lieu d'imposer au corps ci-dessus du poids de 10 kilogrammes, une résistance égale à son poids, cette résistance eût été décuple, c'est-à-dire, représentant 100 kilogrammes, sa première vitesse à raison de 30 pieds par seconde, aurait décru à raison de 330 pieds par seconde, et la durée du mouvement n'aurait été que de $\frac{1}{11}$ de seconde, ainsi la hauteur de son ascension n'aurait été que la 121e. partie de 15 pieds $=$ 0.123 pieds; mais sa pression étant dix fois plus grande, s'il eût exercé cette pression sur une colonne d'air du même diamètre que la première, mais contenue dans un tube n'ayant que la longueur de 0.123 pieds $+$ 0.0123 $=$ 0.1353, cet air aurait été comprimé dans le tube au point de n'en occuper que la onzième partie, et aurait été en équilibre avec le poids d'une colonne d'eau verticale de 300 pieds de hauteur. De même si j'avais opposé au corps de 10 kilogrammes une résistance égale à un million de kilogrammes, j'aurais dans la même proportion comprimé l'air, et l'on ne voit pas, quelque grande que soit cette résistance, qu'elle puisse jamais annihiler le produit des forces.
