

www.e-rara.ch

Histoire des machines à vapeur, depuis leur origine jusqu'à nos jours

Hachette, Jean N.

Paris, 1830

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 17776

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-50753>

Chapitre IV.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

CHAPITRE IV.

Machines à vapeur atmosphériques.

Première machine de cette espèce, par DENYS PAPIN.

Autre machine à vapeur, sans piston, par THOMAS SAVERY.

L'historien anglais Robert Stuart, que nous avons déjà cité, reconnaît, en parlant des découvertes de Papin, que parmi les hommes dont les travaux ont contribué à faire de la vapeur ce qu'elle est aujourd'hui, il n'y a que lui qui, dans ses écrits, se soit montré au-dessus de cette vanité et de ce ridicule enthousiasme dont les inventeurs font ordinairement parade. Il rapporte même cette phrase de Papin sur le moyen de faire mouvoir un piston dans un cylindre, en chauffant le fond de ce cylindre et en convertissant en vapeur une petite quantité d'eau qu'il contient : « Cette vapeur, dit-il, fait remonter le piston, » qui est dans le cylindre, à une hauteur considérable, et ce » piston, lorsque la vapeur se condense, redescend par la pression de l'air. La continuation de ce mouvement alternatif » peut servir à épuiser l'eau d'une mine.

» C'était là une heureuse idée, ajoute Robert Stuart, et si » Papin eût été jusqu'à en faire l'expérience, il eût infailliblement trouvé la machine atmosphérique ; et si l'on ne peut pas » contester à cet ingénieur-mécanicien l'honneur d'avoir donné » la première idée (de cette machine), et d'avoir établi le principe fondamental sur lequel repose le magnifique mécanisme » de la machine à balancier, on ne saurait non plus nier que » le mérite d'avoir réalisé son idée, d'avoir transformé un projet en une application utile, appartient tout entier à un autre.»

En accordant à M. Robert Stuart que le mérite d'avoir appliqué utilement, sous le rapport industriel, le projet d'une machine à vapeur atmosphérique, appartient à un autre que Papin, on peut observer à cet historien que Papin avait fait les expériences qui prouvaient qu'on pouvait faire le vide dans l'inté-

rieur d'un cylindre en condensant la vapeur dont ce cylindre est rempli, et que le vide étant fait, la pression de l'atmosphère devenait le moteur de la machine à vapeur, dite *atmosphérique*; ce n'est donc pas seulement l'honneur de la *première idée*, mais celui d'avoir trouvé la machine même, qui appartient incontestablement à Papin. Telle est l'opinion de l'auteur anglais Partington, dont nous avons cité l'ouvrage (1); on lit, page 10 de cet ouvrage: « L'invention de la machine atmosphérique, qu'on » attribue ordinairement à Newcomen, ou à son associé Savery, » est sans contredit d'origine française. » Et plus loin, page 11, il rapporte l'extrait de l'ouvrage de Papin de 1695, dont il sera question ci-après; il dit que n'ayant pu se procurer cet ouvrage, il cite le passage qu'il a tiré des *Transactions philosophiques*, année 1697. D'ailleurs la traduction fidèle et complète du Mémoire de Papin, Mémoire qui est écrit en latin dans les Actes des savans de Leipsick (*Acta eruditorum*), volume de l'année 1690, ne laissera aucun doute sur la vérité de cette assertion. Cette publication a précédé de huit ans la patente de Savery, et de quinze ans celle de Newcomen.

EXTRAIT DU JOURNAL *Acta eruditorum* (Actes des Érudits).

Août 1690, page 410; Leipsick, année 1690, in-4°.

Nouvelle méthode de Denys Papin, pour obtenir à bas prix des forces motrices considérables.

Dans la machine destinée au nouvel usage que l'on voulait faire de la poudre à canon, et dont la description se trouve dans les *Actes des Érudits* (*Acta eruditorum*), mois de septembre 1688, on désirait surtout que la poudre allumée dans la partie inférieure du tube AA' (fig. 10, pl. 2), rempli de flamme la capacité entière, pour que l'air en fût complètement chassé, et que le tube en dessous du piston BB restât tout-à-fait vide d'air. On a dit alors que le résultat n'avait pas été satisfaisant, et que, malgré toutes les précautions dont on a parlé, il était

(1) *An historical and descriptive account of the steam engine. By Charles Frederick Partington, of the London Institution. London, 1822.*

toujours resté dans le tube environ la cinquième partie de l'air qu'il peut contenir. De là deux inconvéniens : 1^o on n'obtient que la moitié de l'effet désiré, et on n'élève à la hauteur d'un pied qu'un poids de 150 livres au lieu de 300, qui auraient dû être élevées si le tube avait été parfaitement vide ; 2^o à mesure que le piston descend, la force qui le presse du haut en bas diminue graduellement; comme on l'a observé au même endroit. Il est donc indispensable que nous tentions, par un moyen quelconque, de diminuer la résistance dans la même proportion que la force motrice diminue elle-même, pour que cette force motrice la surpasse jusqu'à la fin. C'est ainsi que dans les horloges portatives (les montres), on ménage avec art la force inégale du ressort qui meut tout le système, afin que pendant tout le temps il puisse vaincre, avec une égale facilité, la résistance des roues. Mais il serait bien plus commode encore d'avoir une force motrice toujours égale depuis le commencement jusqu'à la fin. On a donc fait dans ce but quelques essais pour obtenir un vide parfait à l'aide de la poudre à canon ; car par ce moyen, comme il n'y aurait plus d'air pour résister au piston, toute la colonne atmosphérique supérieure pousserait ce piston jusqu'au fond du tube avec une force uniforme ; mais, jusqu'à ce moment, toutes les tentatives ont été infructueuses ; et, après l'extinction de la poudre enflammée, il est toujours resté dans le tube AA environ la cinquième partie de l'air. J'ai donc essayé de parvenir par une autre route au même résultat, et comme, par une propriété qui est naturelle à l'eau, une petite quantité de ce liquide, réduite en vapeur par l'action de la chaleur, acquiert une force élastique semblable à celle de l'air, et revient ensuite à l'état liquide par le refroidissement, sans conserver la moindre apparence de sa force élastique, j'ai été porté à croire que l'on pourrait construire des machines où l'eau, par le moyen d'une chaleur modérée, et sans frais considérables, produirait le vide parfait que l'on ne pouvait pas obtenir à l'aide de la poudre à canon. Parmi les différentes constructions que l'on peut imaginer à cet effet, voici celle qui m'a paru la plus commode.

AA (fig. 11, pl. 2) est un tube d'un diamètre partout égal,

exactement fermé dans sa partie inférieure ; BB est un piston adapté à ce tube ; DD un manche, ou tige, fixé au piston ; EF une verge de fer qui se meut horizontalement autour de son axe en F ; G un ressort qui presse la verge de fer EF de manière à la pousser nécessairement dans l'ouverture H, aussitôt que le piston et sa tige sont élevés à une hauteur telle que l'ouverture soit au-dessus du couvercle II ; L est un petit trou pratiqué dans le piston, par lequel l'eau peut sortir du fond du tube AA lorsqu'on enfonce, pour la première fois, le piston dans ce tube. Voici quel est l'usage de cet instrument : on verse dans le tube AA une petite quantité d'eau, à la hauteur de 3 ou 4 lignes, puis on introduit le piston, et on le pousse jusqu'au fond, jusqu'à ce qu'une partie de l'eau versée sorte par le trou L ; alors ce trou est fortement bouché par la verge MM ; on place ensuite le couvercle II où sont pratiquées les ouvertures nécessaires (pour le passage de la verge MM et de la tige DD). Au moyen d'un feu modéré, le tube AA, qui est en métal très-mince, s'échauffe bientôt, et l'eau changée en vapeurs, exerce une pression assez forte pour vaincre le poids de l'atmosphère, et pousser en haut le piston BB jusqu'au moment où le trou H de la tige DD s'élève au-dessus du couvercle II ; alors on entend le bruit de la verge EF, poussée dans l'ouverture H par le ressort G. Il faut, dans ce moment, ôter aussitôt le feu, et les vapeurs renfermées dans le tube à minces parois se résolvent bientôt en eau par l'action du froid, et laissent le tube parfaitement vide d'air. On fait tourner ensuite la verge EF assez pour qu'elle sorte de l'ouverture H, et permette à la tige DD de redescendre ; aussitôt, le piston BB éprouve la pression de tout le poids de l'atmosphère, qui produit avec d'autant plus de force ce mouvement désiré que le diamètre du tube est plus grand, et on ne peut douter que le poids de la colonne atmosphérique ne soit mis tout entier à profit dans des tubes de cette espèce. J'ai reconnu, par expérience, que le piston élevé par la chaleur au haut du tube, redescendait peu après jusqu'au fond, et cela à plusieurs reprises, en sorte que l'on ne peut supposer l'existence de la plus petite quantité d'air qui résisterait dans le fond du tube ; or, mon tube, dont le diamètre n'excède pas 2 doigts (4 centi-

mètres), élève cependant un poids de 60 livres (30 kilog.) avec la même vitesse que le piston descend dans le tube, et le tube lui-même pèse à peine 5 onces (153 grammes). Je suis donc convaincu qu'on pourrait faire des tubes pesant au plus 40 livres chacun, et qui, cependant, pourraient à chaque mouvement élever à 4 pieds de haut (1 mètre $\frac{1}{3}$) un poids de 2000 livres. J'ai éprouvé, d'ailleurs, que l'espace d'une minute suffit pour qu'avec un feu modéré le piston soit porté jusqu'au haut de mon tube; et comme le feu doit être proportionné au diamètre des tubes, de très-grands tubes pourraient être échauffés presque aussi vite que des petits: on voit clairement par là quelles immenses forces motrices on peut obtenir au moyen d'un procédé si simple, et à quel bas prix. On sait, en effet, que la colonne d'air, pesant sur un tube d'un pied de diamètre, égale à peu près 2000 livres; que si le diamètre est de deux pieds, ce poids sera environ de 8000 livres, et que la pression augmentera, ainsi de suite, en raison des diamètres.... Il suit de là que le feu d'un fourneau qui aurait un peu plus de deux pieds de diamètre suffirait pour élever à chaque minute 8000 livres pesant à une hauteur de 4 pieds, si l'on avait plusieurs tubes de cette hauteur, car le feu, renfermé dans un fourneau de fer un peu mince, pourrait être facilement transporté d'un tube à un autre, et ainsi le même feu procurerait continuellement, soit dans l'un, soit dans l'autre tube, ce vide dont les effets sont si puissans. Si l'on calcule maintenant la grandeur des forces que l'on peut obtenir par ce moyen, la modicité des frais nécessaires pour acquérir une quantité de bois suffisante, on avouera sans aucun doute que notre méthode est de beaucoup supérieure à l'usage de la poudre à canon, dont on a parlé plus haut, surtout puisqu'on obtient ainsi un vide parfait, et qu'on obvie aux inconvéniens que nous avons énumérés. Comment peut-on employer cette force pour élever des minières l'eau et le minerai, pour lancer des globes de fer (boulets) à de grandes distances, pour naviguer contre le vent et pour faire beaucoup d'autres applications? c'est ce qu'il serait trop long d'examiner. Mais chacun, dans l'occasion, doit imaginer un système de machines approprié au but qu'il se propose. Je dirai cependant ici, en passant, sous

combien de rapports une force motrice de cette nature serait préférable à l'emploi des rameurs ordinaires pour imprimer le mouvement aux vaisseaux : 1^o les rameurs ordinaires surchargent le vaisseau de tout leur poids, et le rendent moins propre au mouvement ; 2^o ils occupent un grand espace, et par conséquent embarrassent beaucoup sur le vaisseau ; 3^o on ne peut pas toujours trouver le nombre d'hommes nécessaires ; 4^o les rameurs, soit qu'ils travaillent en mer, soit qu'ils se reposent dans le port, doivent toujours être nourris, ce qui n'est pas une petite augmentation de dépense. Nos tubes, au contraire, ne chargeraient, comme on l'a dit, le vaisseau que d'un poids très-faible ; ils occuperaient peu de place ; on pourrait se les procurer en quantité suffisante s'il existait une fois une fabrique pour les confectionner ; et enfin, ces tubes ne consumeraient du bois qu'au moment de l'action, et n'entraîneraient aucune dépense dans le port. Mais comme des rames ordinaires seraient mues moins commodément par des tubes de cette espèce, il faudrait employer des roues à rames telles que je me souviens d'en avoir vu dans la machine construite à Londres, par l'ordre du sérénissime prince palatin *Rupertus*. Elle était mise en mouvement par des chevaux à l'aide de rames de cette espèce, et laissait de bien loin derrière elle la chaloupe royale, qui avait cependant seize rameurs. Il n'est pas douteux que nos tubes ne pussent imprimer un mouvement de rotation à des rames fixées à un axe, si les tiges des pistons étaient armées de dents qui s'engrèneraient nécessairement dans des roues également dentées et fixées à l'axe des rames. Il serait nécessaire seulement que l'on adaptât trois ou quatre tubes au même axe, pour que son mouvement pût continuer sans interruption. En effet, tandis qu'un piston toucherait au fond de son tube, et ne pourrait plus, par conséquent, faire tourner l'axe avant que la force de la vapeur l'eût élevé au sommet du tube, on pourrait, au moment même, éloigner l'arrêt d'un autre piston qui, en descendant, continuerait le mouvement de l'axe. Un autre piston serait ensuite poussé de la même manière, et exercerait sa force motrice sur le même axe, tandis que les pistons, abaissés en premier lieu, seraient de nouveau élevés par la chaleur, et se

retrouveraient ainsi en état de mouvoir le même axe de la manière précédemment décrite. D'ailleurs, un seul fourneau et un peu de feu suffiraient pour élever successivement tous les pistons. Mais on objectera peut-être que les dents des tiges engrenées dans les dents des roues, exerceront sur l'axe des actions en sens inverse quand elles descendront et quand elles remonteront, et qu'ainsi les pistons montans contrarieront le mouvement des pistons descendans, et réciproquement. Cette objection est sans force. Tous les mécaniciens connaissent parfaitement un moyen par lequel on fixe à un axe des roues dentées qui, mues dans un sens, entraînent l'axe avec elles, et qui, dans l'autre sens, ne lui communiquent aucun mouvement, et le laissent obéir librement à la rotation opposée. La principale difficulté est donc d'avoir une fabrique où l'on forge facilement ces grands tubes, comme on l'a dit en détail dans les *Actes des Érudits*, du mois de septembre 1688. Et cette nouvelle machine doit être un nouveau motif pour accélérer cet établissement, car elle démontre clairement que ces grands tubes pourraient être appliqués très-commodément à plusieurs usages importans. (*Fin du Mémoire de Papin.*)

Ce Mémoire de Papin a été publié en français par lui-même, dans un ouvrage fort rare (1), qui a pour titre :

« Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines ; à Cassel, 1695, in-12, de 164 pages et 3 planches. »

Le même ouvrage fut publié la même année 1695, à Marbourg, en langue latine, sous le titre : *Dionysii Papini Fasciculus dissertationum de quibusdam machinis physicis*, etc. ; année 1695.

L'analyse de cet ouvrage se trouve dans les *Transactions philosophiques*, volume 23, mars 1697, numéro 226, page 481. Partington a cité cette analyse dans son *Traité des Machines*, page 11. Voici la traduction de la partie de cette analyse qu'il a rapportée :

« Après avoir fait allusion aux inconvéniens que présente la

(1) On ne connaît à Paris qu'un seul exemplaire de cet ouvrage, qui appartient à M. Molard, membre de l'Académie des sciences.

» poudre à canon, employée comme moyen de faire le vide, et
 » c'est un des moyens qu'il (*Papin*) proposa d'abord, il recom-
 » mande de convertir alternativement une mince couche d'eau
 » en vapeur, en appliquant du feu au fond du cylindre qui la
 » contient. Cette vapeur, dit-il, fait monter le piston dans le cy-
 » lindre à une hauteur considérable, et comme la vapeur se
 » condense en même temps que l'eau retirée du feu se re-
 » froidit, le piston, qui redescend poussé par l'air, sert à éle-
 » ver l'eau hors de la mine. »

Observations sur la machine précédente de Denys Papin.

A l'époque où *Papin* écrivait ce Mémoire, on ne connaissait qu'une manière d'employer la vapeur comme force motrice ; elle consistait à échauffer l'eau et à la porter à une température plus considérable que celle dite *cent degrés*, qui est nécessaire pour la mettre en ébullition sous une pression mesurée par une colonne de mercure dont la hauteur est de 76 centimètres. La vapeur qui se forme à une température au-dessus de cent degrés, et sous la pression qui convient à cette température, se nomme *vapeur élevée*, pour la distinguer de celle qui se forme à la température 100°. Néanmoins on avait remarqué (*voyez page 42*) qu'en renversant le petit tube d'un éolipyle rempli de vapeur dans de l'eau froide, cette eau montait et remplissait l'éolipyle. Ce fait, qui était la clef des machines à vapeur, n'avait pas fixé l'attention des physiiciens, jusqu'au moment où *Papin* employa un moyen semblable pour condenser la vapeur et pour faire le vide dans une grande capacité. Alors il composa une machine, dans laquelle la vapeur agit, 1° comme *vapeur* un peu *élevée* pour soulever un piston, et pour vaincre la pression de l'atmosphère qui pèse sur la face du piston opposée à celle qui est pressée par la vapeur ; 2° comme *vapeur condensée* ou ramenée à l'état liquide, pour mettre en jeu l'air atmosphérique qui presse une face du piston, tandis que l'autre face est dans le vide.

Il y a une troisième manière d'employer la vapeur comme force motrice, qui consiste à soustraire le piston à l'action de

l'atmosphère en faisant mouvoir la tige de ce piston dans une garniture en cuir placée au centre du couvercle qui ferme le haut du cylindre dans lequel le piston se meut; cette disposition permet d'employer la vapeur à toute force élastique, ou plus petite ou plus grande que celle de la vapeur à l'ébullition ordinaire; c'est en adoptant cette disposition, que Watt a construit ses premières machines atmosphériques, semblables à celle qui existe encore à Chaillot. Dans ces machines, on n'emploie pas la vapeur élevée, pour élever le piston. La vapeur ordinaire de l'ébullition presse le piston en dessus pour le faire descendre, et lorsqu'il est au bas de sa course, la vapeur communique avec le dessus et le dessous du piston, qui se trouve par là autant poussé d'un côté que de l'autre; alors un simple contre-poids suffit pour relever la tige du piston et le piston même.

Papin ne connaissait pas ce procédé, et il était obligé d'employer une vapeur d'une force élastique un peu plus grande que celle de l'atmosphère, pour relever le piston, qui, dans l'état initial, était au fond du cylindre de sa machine.

La machine à vapeur sans piston, dont nous allons nous occuper, marche aussi par l'expansion et la condensation des vapeurs élevées; mais la pression atmosphérique n'y joue qu'un rôle secondaire; elle n'est employée que pour l'élévation des eaux, but spécial et unique de l'inventeur. Aucun des principes de physique, qui servent de base à cette machine, n'était nouveau; on reconnaît néanmoins dans cette composition le mécanicien qui met à profit les découvertes scientifiques de son siècle, et s'élève, par son génie, au rang des bienfaiteurs de l'humanité; la postérité reconnaissante accorde souvent plus de renommée à l'artiste qui exécute un projet utile, qu'au savant qui l'a conçu.

Machine à vapeur sans piston, par Thomas Savery, année 1696.

La machine à vapeur élevée sans piston est la première qui a été construite en grand, et pour le jeu des eaux qui embellissent les palais ou les maisons de campagne, et pour l'exploitation des mines. Savery en a donné la description en 1696, quatre-vingt et un ans après Salomon de Caus (*V.* page 16), et trente-trois ans

après la publication du livre de Worcester, *Century of inventions*. L'ouvrage qui contient cette description a été publié sous le titre de *the Mineers friend*. Pour suivre les faits relatifs à l'invention de la machine à vapeur, dans l'ordre chronologique, et pour faire la part de chaque inventeur, il est nécessaire de connaître la machine de Savery dans l'état le plus simple. Les pièces principales sont : 1^o une chaudière B (fig. 12, pl. 2) placée sur un fourneau; 2^o un vase S communiquant à la chaudière par un tuyau garni d'un robinet C, avec une enveloppe extérieure pleine d'une eau courante, tombant du réservoir supérieur E; 3^o un grand tuyau AD qui communique avec le vase S, par un tuyau bifurqué en F; 4^o un réservoir E d'eau froide, garni d'un robinet pour régler l'écoulement par le tuyau placé au fond de ce réservoir; 5^o deux soupapes *a, b*, qui s'ouvrent de bas en haut, et qui ont pour objet d'ouvrir et de fermer les communications du vase S avec les deux parties A et D du double tuyau AFD.

Voici le jeu de la machine :

La chaudière B étant en partie pleine d'eau chaude et en partie de vapeurs élevées, on ouvre le robinet C; l'air contenu dans le vase S et dans le tuyau A sort avec la vapeur. Alors on ferme le robinet C, et on ouvre le robinet *e* du réservoir E; l'eau froide du réservoir tombe sur les parois extérieures du vase S, et y condense la vapeur; la pression atmosphérique ferme la soupape *a*, ouvre la soupape *b*, en même temps qu'elle fait monter l'eau du réservoir R dans le vase S.

L'injection d'eau froide sur le vase S cesse; le robinet C s'ouvre lentement; un filet rapide de vapeur élevée passe de la chaudière dans le vase S, s'y condense, chauffe la couche supérieure de l'eau que ce vase contient, et lorsque le robinet C est complètement ouvert, la vapeur élevée presse la couche d'eau chauffée du vase S, et l'oblige à monter par le tuyau A, à une hauteur qui dépend de la force élastique de la vapeur; on condense de nouveau la vapeur dans le vase S, dont on a fermé la communication avec la chaudière, et le jeu de la machine continue de la même manière.

Une seule personne peut ouvrir les robinets *c* et *e* en temps

opportun. Pour que les parois du vase S soient entièrement mouillées, on fait couler l'eau du réservoir E entre ce vase et une enveloppe extérieure (*ponctuée sur la fig. 12*), qui en est très-rapprochée.

Telle est la machine qui éleait par minute, dit Robert Stuart d'après Switzer, 52 gallons d'eau à la hauteur de 55 pieds, ce qui revient à un effet dynamique d'environ 200 unités par heure (chaque unité de mille kilogrammes élevés à 1 mètre). La dépense en charbon, pour produire cet effet, était au plus de 8 boisseaux par 24 heures, ou d'un tiers de boisseau de charbon, pesant 22 kilogrammes, en une heure. Cette consommation est environ quintuple de celle qui se fait actuellement dans les machines à double effet de Watt. (Comme le boisseau de Londres ne pèse que la moitié de celui de Newcastle, et qu'on ne les distingue pas dans la citation de M. Stuart, il serait possible que le rapport des dépenses du charbon fût seulement de 1 à 2 $\frac{1}{2}$ pour les mêmes effets dynamiques.)

Quoiqu'il y eût une grande perte de vapeur dans les machines de Savery, néanmoins, à l'époque où il les a établies, il y avait une grande économie à les substituer, comme force motrice, aux chevaux que l'on employait pour l'épuisement des eaux dans les mines.

Observations sur la machine à vapeur de Savery.

Huygens et Papin avaient proposé un moteur universel, c'est-à-dire un piston mis en mouvement par la pression atmosphérique et communiquant le mouvement à tel système de corps que l'on veut. Savery réduit la machine à vapeur à n'être qu'un moteur particulier, uniquement destiné à élever l'eau. Néanmoins, pour résoudre cette question particulière, il a imaginé des dispositions qui ne se trouvent pas dans l'appareil de Papin; la première consiste à séparer la chaudière du vase qui reçoit la vapeur à condenser; la seconde, à refroidir ce vase extérieurement par le contact d'une couche d'eau froide qui se renouvelle. C'est ainsi qu'il a obtenu la continuité dans la production et la condensation des vapeurs. Par cette con-

tinuité, qui est le caractère de l'invention mécanique de Savery, la force élastique de la vapeur a pu remplacer avec économie la force des chevaux, problème qui avait été proposé, trente-trois ans auparavant, par le marquis de Worcester (*V.* page 22).

Le défaut essentiel de la machine de Savery résulte de l'emploi d'un vase (S, fig. 12) qui doit satisfaire à des conditions incompatibles. En effet, quelle que soit la matière dont ce vase est formé, ses parois doivent être très-épaisses pour supporter du dedans en dehors la pression considérable des vapeurs, dont la force élastique élève l'eau à une grande hauteur, et très-minces pour se refroidir promptement du dehors en dedans : ce défaut n'existe pas dans la machine de Papin. On a donc senti la nécessité de réunir les avantages des deux appareils de Papin et de Savery ; ce qui a donné naissance à la machine dont la patente a été prise, en 1705, aux noms des trois mécaniciens Savery, Newcomen et Cawley, et qui est connue sous le nom de MACHINE de *Newcomen*.

Deuxième Machine à vapeur atmosphérique, avec piston et balancier, ou Machine de Newcomen, en 1705.

Savery avait obtenu la patente pour sa machine en 1698, deux ans après la publication qu'il en avait donnée ; c'est en 1705 que la patente fut accordée pour la machine de Newcomen, que nous allons décrire.

B chaudière et fourneau (fig. 13, pl. 2).

C cylindre, dans lequel se meut un piston P à tige AP.

S tuyau de communication de la chaudière B au cylindre C ; ce tuyau est fermé par une soupape à tiroir *p*, qui tourne sur l'axe *a*, et qu'on manœuvre par le levier *b*. Ce tiroir *p* s'applique sur un fond plat qui fait partie de la chaudière.

G axe de rotation d'un levier ou balancier, terminé par deux arcs de cercle qui portent deux chaînes DA, EH, auxquelles sont attachées d'un côté la tige AP du piston P, et de l'autre, la bielle XY, qui transmet le mouvement de ce piston.

RR tige d'un piston de pompe mis en mouvement par le balancier. Cette pompe élève de l'eau froide dans un réservoir L placé au-dessus du cylindre C.

M et K tuyaux de communication du réservoir L avec le dessus et le dessous du cylindre C. Le tuyau K amène de l'eau pour couvrir le dessus du piston mobile P, et pour empêcher l'air de rentrer dans l'intérieur du cylindre C.

V ouverture au fond du cylindre C, qu'on nomme *reniflard*; cette ouverture est fermée par une soupape de sûreté V', placée dans un bassin UU', qui contient de l'eau pour empêcher l'air de rentrer.

Qu' tuyau qui établit la communication du fond du cylindre C et d'un réservoir u d'eau chaude adossé au fourneau.

- 1, soupape de sûreté sur le couvercle de la chaudière.
- 2, robinets pour montrer le niveau de l'eau dans la chaudière.

Voici le jeu de cette machine :

L'eau étant en ébullition dans la chaudière B, la partie supérieure de cette chaudière se remplit de vapeur à la pression atmosphérique. On ouvre le tiroir p, et la vapeur passe de la chaudière dans le cylindre C.

Pour mettre la machine en train, le piston P occupe le haut du cylindre C, et on chauffe l'eau un peu plus, pour produire une vapeur capable de chasser, par le reniflard V, l'air atmosphérique contenu dans le cylindre. Ouvrant le robinet O du tuyau M, l'eau froide du réservoir L coule dans le cylindre en quantité suffisante pour y condenser la vapeur; le robinet O se ferme, et la pression atmosphérique agit sur le piston P, qui descend au fond du cylindre C.

On ouvre le tiroir p, et alors le piston est soumis aux deux pressions égales et opposées de l'atmosphère et de la vapeur. Un contre-poids I attaché en E au balancier détruit l'équilibre du piston, et l'oblige à monter. Comme ce piston porte une garniture qui frotte contre la paroi intérieure du cylindre C, le contre-poids I est réglé de manière qu'il puisse surmonter ce frottement.

Le piston P arrivant au bas de sa course, il presse l'eau d'injection échauffée par la vapeur condensée, et la fait sortir par le tuyau Qu', fermé par une soupape de sûreté u', qui est plongée dans le réservoir d'eau chaude uu.

Le tiroir *p*, régulateur pour l'introduction de la vapeur dans le cylindre à piston *C*, et le robinet *O* d'injection, étaient d'abord manœuvrés par un enfant; mais on a bientôt vu que cette manœuvre pouvait être faite par le balancier, en sorte que tout le jeu de la machine n'exigeait plus qu'un seul homme, le *chauffeur*, qui entretenait le feu du fourneau.

Observations sur la deuxième machine à vapeur atmosphérique.

Il n'y a aucun doute que le principe de cette machine dite *atmosphérique* est dû à Papin. La plupart des auteurs anglais sont d'accord sur ce point; nous devons néanmoins rappeler, pour être exact, que Huygëns a le premier proposé le piston, qui se meut dans un cylindre par la pression atmosphérique, lorsque le vide total ou partiel est fait sur le côté opposé à celui de la pression (*voy.* page 35), et dont le mouvement se transmet à un treuil, ou à un balancier.

Papin condensait la vapeur en éloignant le foyer du cylindre à piston; Savery la condensait par une injection d'eau froide sur les parois extérieures du vase contenant la vapeur; les auteurs de la seconde machine atmosphérique que nous venons de décrire ont imaginé la condensation par l'injection intérieure: c'était un perfectionnement bien important. Néanmoins la machine à vapeur dans cet état laissait encore beaucoup à désirer pour les mécanismes qui ouvraient et fermaient les robinets en temps opportun, pour l'exécution des cylindres, des pistons, des soupapes, des balanciers, des chaudières, etc., et surtout pour l'économie du combustible. On fit de nouvelles tentatives qui n'amènèrent aucun perfectionnement important. Parmi ces essais infructueux, se trouve celui de Denys Papin, qui, un an avant sa mort, en 1707, adressa à la Société royale de Londres un projet de machine à vapeur. En examinant ce projet, on est forcé d'avouer que l'inventeur de la machine atmosphérique est resté au-dessous de Savery et de Newcomen dans les combinaisons de mécanique pratique. Oubliant les avantages du piston qui se meut dans un cylindre, Papin composa une machine à vapeur élevée sans piston, qui avait pour objet de comprimer de l'air atmosphérique et d'élever de l'eau par cet air

comprimé. Il a décrit cette machine dans un petit volume in-12 de 64 pages et 1 planche, écrit en français, et imprimé à Cassell sous le titre : *Nouvelle manière pour lever l'eau par la force du feu, mise en lumière par D. Papin, etc.*; Cassell, 1707.

Un avis placé en tête de cet ouvrage apprend qu'il existe une autre édition, écrite en latin, que je n'ai trouvée dans aucune bibliothèque publique de Paris.

Explication du dessin (fig. 14, pl. 2) extrait de l'édition française, année 1707.

a Fourneau. *b* Chaudière (ou *Retorte*, suivant Papin) : ce vase, de forme elliptique, a pour diamètre horizontal 57 centimètres, et pour diamètre vertical 70 centimètres.

iiIq Tuyau coudé en syphon; cylindrique de *ii* jusqu'en *NN*, aminci de *NN* jusqu'à la soupape *o*, et droit de *o* en *q*.

La chaudière *b* communique au tuyau *iiqI* par le tuyau *z* garni d'un robinet *c*, et d'un tuyau *e* à robinet *c'*.

Les ouvertures *F* et *G* de la chaudière et du tuyau *ii qI* sont fermées par des soupapes de sûreté *Ff*, *Gg'*.

Le tuyau droit *oq* traverse le fond d'un vase *rr* rempli de l'air à comprimer, et fermé de tous côtés, de manière que l'eau qui sera poussée par la vapeur dans ce vase, ne pourra en sortir que par le tuyau *o* fermé par un robinet *p*.

Sur le coude *s* du tuyau *iiq* s'élève un tuyau entonnoir *sk*, fermé par un robinet *m*. L'eau d'une source remplit constamment l'entonnoir *mk*.

La pièce principale de cet appareil est un flotteur creux *nn*, qui se meut dans la partie cylindrique *iiNN* du tuyau syphon *iiq*. Le petit tuyau *e* garni du robinet *c'* établit la communication du tuyau syphon avec l'air extérieur. Dans la partie rentrante et cylindrique du flotteur *nn*, on place des fers rouges *h* qu'on peut renouveler par l'ouverture *G*, quand ils sont refroidis.

Voici le jeu de cet appareil :

Le tuyau syphon *iiq* est plein d'eau à la hauteur du niveau *k* de la source; le robinet *m* du tuyau entonnoir *sk* est fermé, lors-

que la vapeur, portée à une haute température, passe de la chaudière *b* dans le tuyau syphon *ii*o*q*; elle presse le flotteur *nn*, qui s'abaisse de *ii* en *NN*, et qui refoule l'eau dans le vase *rr*. L'eau, refoulée dans ce vase, y comprime l'air atmosphérique qu'il contient; cet air comprimé fait sortir l'eau du vase *rr* par le tuyau *vv*, et l'eau, animée de la vitesse due à la compression de l'air, devient un moteur applicable à une roue hydraulique *XY*.

Lorsque le flotteur *nn* est au bas de sa course, on tourne le robinet *c* pour fermer la communication de la chaudière et du tuyau *ii*NN; on ouvre le robinet *c'* et la vapeur s'échappe dans l'air atmosphérique. On ouvre le robinet *m* du tuyau entonnoir *sk*; le tube syphon se remplit d'eau; le flotteur *nn* s'élève de lui-même dans la partie supérieure *ii* du tuyau syphon; on ferme le robinet *c'*, on ouvre le robinet *c* du tuyau *z*, la vapeur pousse de nouveau l'eau dans le vase *rr*, et le jeu de la machine recommence.

Les inconvéniens principaux de cet appareil sont : 1^o la perte de vapeur élevée qui passe entre le flotteur et les parois du tuyau dans lequel il se meut, et qui se condense dans l'eau que ce même tuyau contient; 2^o la perte de force qui résulte des transmissions de mouvement par la vapeur, ensuite par l'air comprimé, et en troisième lieu par l'eau soumise à la pression de l'air; 3^o l'emploi d'un second moteur pour ouvrir et fermer les robinets; 4^o la nécessité de renouveler l'eau dans la chaudière, au moyen d'une pompe mue à bras d'hommes. La plus grande imperfection de tout le système résulte de l'écoulement de la vapeur à haute pression dans l'atmosphère, comme dans les éolipyles. (*Voy.* pages 11, 22.)

Quoique Papin n'ait mis au jour cette nouvelle combinaison qu'en 1707, deux ans après la machine de Newcomen, on est porté à croire qu'il n'a pas connu cette machine, dont l'idée première et fondamentale lui appartenait; car s'il l'eût connue, il n'aurait pas abandonné son premier système, que Newcomen venait de perfectionner, et qui était déjà préféré à celui de Savery. Il a voulu faire mieux que ce dernier mécanicien en comprimant l'air par la vapeur à haute pression; il croyait

même avoir atteint son but ; mais pour s'éclairer sur ce point, il aurait dû comparer la dépense en combustible aux effets dynamiques obtenus par la vapeur ; ce qu'il n'a pas fait.

Papin avait remarqué 1° que le réservoir d'air comprimé *rr* serait inutile s'il s'agissait seulement d'élever l'eau dans le tuyau droit *oq* prolongé ; 2° que la compression de l'air dans le vase *rr*, offrait un nouveau moyen de construire des soufflets d'une force considérable ; mais il n'a pas connu le principal effet de nos machines à vapeur à haute pression sans condensation ; dans ces machines modernes, la vapeur, avant de se perdre dans l'atmosphère, se *détend*, jusqu'à ce que sa force élastique soit de très-peu au-dessus de celle de l'atmosphère. La *détente*, sans laquelle on n'aurait jamais employé la vapeur à haute pression avec économie, n'a été proposée qu'en 1769, par le célèbre Watt. D'ailleurs Papin avait reconnu par sa propre expérience que, lorsque la hauteur à laquelle on voulait élever l'eau par sa dernière machine, était un peu considérable, il n'en obtenait aucun effet, comme on pouvait le prévoir. Les appareils de Héron d'Alexandrie et de Salomon de Caus étaient aussi des machines à vapeur élevée sans condensation ; la force élastique de cette vapeur étant détruite par l'air ou par l'eau, la perte de chaleur était aussi grande que dans la dernière machine de Papin ; par cette raison, ces appareils appartiennent plus à la physique qu'à la mécanique industrielle.

En 1720, Jacques Leupold, auteur du *Theatrum machinarum* (ouvrage écrit en allemand, en 8 vol. in-folio, dont nous donnerons l'analyse dans le chapitre des *Mouvements géométriques*), combina les idées de Papin et de Newcomen, et fit une machine à vapeur élevée (1) sans condensation, qui ne diffère pas, pour la forme, de nos machines modernes avec *détente*, mais qui présente le même inconvénient que celle de Papin de 1707, de perdre la vapeur dans l'air atmosphérique, sous une pression beaucoup plus grande que celle de cet air.

(1) Il a employé dans cette machine un robinet à quatre issues, dont il attribue l'invention à Papin. Il est probable que ce robinet avait été imaginé pour la machine pneumatique, que Papin avait perfectionnée. (Voyez page 44, expériences de Boyle et de Papin.)