



HAL
open science

Newcomen à l'Académie

Bernard Delaunay

► **To cite this version:**

| Bernard Delaunay. Newcomen à l'Académie. e-Phaïstos, 2017, VI (1). halshs-02611829

HAL Id: halshs-02611829

<https://shs.hal.science/halshs-02611829v1>

Submitted on 18 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Newcomen à l'académie

La machine à vapeur et l'Académie royale des Sciences (1699-1750)

Newcomen Steam Engine and the Royal Academy of Sciences (1699-1750)

Bernard Delaunay



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ephaistos/2510>

DOI : 10.4000/ephaistos.2510

ISSN : 2552-0741

Éditeur

IHMC - Institut d'histoire moderne et contemporaine (UMR 8066)

Référence électronique

Bernard Delaunay, « Newcomen à l'académie », *e-Phaïstos* [En ligne], VI-1 2017 | 2018, mis en ligne le 25 juin 2018, consulté le 02 juillet 2018. URL : <http://journals.openedition.org/ephaistos/2510> ; DOI : 10.4000/ephaistos.2510

Ce document a été généré automatiquement le 2 juillet 2018.

Tous droits réservés

Newcomen à l'académie

La machine à vapeur et l'Académie royale des Sciences (1699-1750)

Newcomen Steam Engine and the Royal Academy of Sciences (1699-1750)

Bernard Delaunay

Introduction

- C'est entendu pour tout le monde, la machine à vapeur a été inventée par Watt¹. Tout au plus, chez les Français en particulier, toujours fiers d'être les premiers, mentionne-t-on Denis Papin comme précurseur. Les Anglais ont le leur, Thomas Savery, et il faut bien convenir que les machines de Savery ont eu plus de succès que celles de Papin. Mais est-ce si simple, voire si simpliste ? Entre les premiers essais de Denis Papin à la fin du XVII^e siècle et les premières machines de Watt dans le dernier quart du XVIII^e, il s'écoule près un siècle. Il ne faut donc pas confondre histoire d'une technique et date d'une invention. Cet article illustre la difficulté de réellement « dater » une invention, ce que souligne David Edgerton dans son article « Dix thèses éclectiques sur l'histoire des techniques² » en distinguant histoire des inventions et histoire des techniques en usage. Pour cela nous suivrons différentes inventions de « machines à vapeur » au XVIII^e siècle en France, à travers leur examen par les commissaires désignés par l'Académie royale des sciences. Il ne s'agit pas de refaire, à nouveaux frais une histoire de la machine à vapeur, mais d'éclairer, à travers des procédures d'examen et d'approbation des « machines nouvelles³ », les hésitations techniques, les bifurcations, la maturation d'une invention. Nous voulons également mettre en valeur dans ces processus, la progressive évolution du régime de la pensée opératoire au sein de l'Académie royale des sciences.
- En France, au XVIII^e siècle l'Académie Royale des Sciences est un « point de passage obligé » pour toute invention de machine, en particulier si l'inventeur souhaite la mettre en exploitation en bénéficiant de la protection du privilège exclusif, ancêtre du brevet d'invention. Entre 1699 et 1750 plusieurs inventeurs présentent des machines à vapeur, soit du type « Savery », soit du type « Newcomen ». Nous savons aujourd'hui que seul ce dernier type a été utilisé « industriellement⁴ ». Il se trouve que nous disposons de sources

permettant de suivre le déroulement du processus technico-juridique aboutissant à l'attribution d'un tel privilège pour une machine de Newcomen. Mais nous disposons également de sources montrant que plusieurs inventeurs vont tenter, soit d'obtenir le privilège pour une machine identique, soit de proposer d'autres types de machine, plutôt du type Savery.

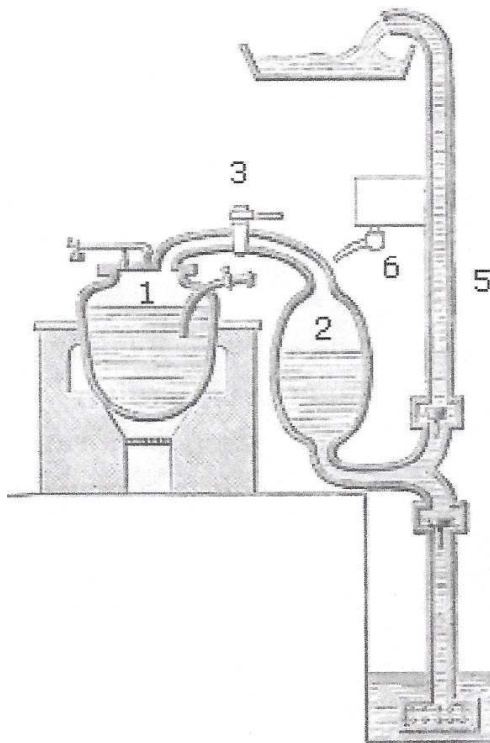
- 3 Pour découvrir cette maturation de l'invention de la machine à vapeur sur plusieurs dizaines d'années, il nous faut en première partie comprendre les principes de fonctionnement de ces diverses machines⁵. Dans une seconde partie nous analyserons la présentation à l'Académie royale des sciences d'une machine à vapeur du type Newcomen, depuis l'examen technique par les commissaires jusqu'à l'obtention du privilège exclusif. Cette machine ne s'impose pas définitivement, des inventeurs continuent de présenter des machines du type Savery, techniquement antérieures à celle de Newcomen, ou bien imaginent des utilisations problématiques. Ces différentes « inventions » feront l'objet de la troisième partie. Dans une quatrième partie conclusive, après avoir rendu compte des améliorations décisives qu'apporte Watt à la machine de Newcomen, nous pourrons nous interroger à la fois sur l'autonomie des techniques et sur leur nécessaires interactions avec les contraintes de l'environnement technique et avec les contraintes économiques.

La machine de Newcomen

Antériorité : La machine de Savery

- 4 Au XVIII^e siècle, l'idée d'utiliser la vapeur comme source d'énergie était, si l'on peut dire, une idée « en l'air ». Les premiers essais de Denis Papin, qui a l'idée du piston, ne réussissent guère. La première machine ayant réellement été employée est la machine de Thomas Savery qui dépose un brevet en 1696⁶. Dans cette machine (voire figure 2), la vapeur agit directement sur l'eau, pour la refouler, sans actionner une pompe mais en utilisant la condensation de la vapeur pour aspirer l'eau à puiser.

Figure 2 : Machine de Savery



Source : http://visite.artsetmetiers.free.fr/machine_vapeur.html

- 5 Cette machine présente deux difficultés majeures : la hauteur d'aspiration ne peut dépasser 10 mètres, la pompe étant complètement solidaire de la machine à vapeur, fait qu'on ne peut la situer plus profondément dans la mine et le refoulement à quelques dizaines de mètres nécessite des pressions de plusieurs atmosphères que les joints et tuyauteries de l'époque supportent assez mal, vu la température de la vapeur sous pression. En fait Savery va combiner ses idées à celles de Thomas Newcomen pour aboutir en 1712 à la première machine opérationnelle.

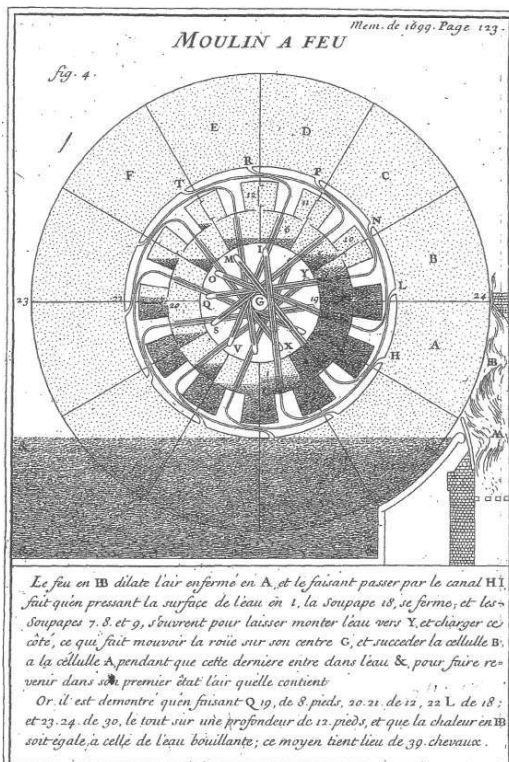
Les études d'Amontons en 1699

- 6 Les 20 et 24 juin 1699, Amontons présente à l'Académie un mémoire⁷ sur le « *Moyen de substituer commodément l'action du feu à la force des hommes et des chevaux pour mouvoir les machines* ». Il n'y a pas de description précise d'une machine dans ce mémoire mais des considérations plus générales sur les ordres de grandeur des forces que l'on pourrait déployer avec une « machine à feu ». Il analyse les problèmes liés à la compression de la vapeur d'eau selon la température et reprend la loi de Mariotte ($PV = k$)⁸. Sans nous attarder sur les différentes expériences dont il rend compte, il mesure par exemple la pression accessible avec la vapeur d'eau obtenue par ébullition de l'eau, ce sont des considérations de « thermodynamique » avant l'invention de ce mot naturellement.
- 7 Dans la partie suivante, Amontons compare le travail effectué par 5 hommes poussant un cabestan pour faire mouvoir une machine au travail effectué par 4 chevaux dont il calcule le coût d'utilisation total (nourriture, valets d'écurie). Il arrive au résultat d'une « puissance » (on dirait aujourd'hui « travail ») de 60 livres sur une lieue en une heure (à

peu près $30 \times 4000 / 3600 = 33$ kgm par seconde, qui correspondent dans notre système actuel à 330 watt, soit environ 0,4 cheval-vapeur⁹). En raisonnant sur le travail des ouvriers polisseurs de miroirs, il arrive à une puissance égale au 1/6 de celle d'un cheval. Notons que sans utiliser les notations et les unités contemporaines, il raisonne correctement sur le produit de la force multipliée par le déplacement et divisée par le temps, et poursuit avec des considérations sur les frottements que nous laisserons de côté. Il arrive enfin à la description d'une machine, un « moulin à feu » mu « simplement » par la dilatation de l'air chauffé (voir figure 1), une machine « imaginaire » qui lui permet, par une suite de calculs, d'affirmer que, conceptuellement, une telle machine pourrait être l'équivalent de 39 « chevaux » qui n'auraient pas besoin de se reposer ou d'être nourris. Avec pour seule contrainte d'installation, la proximité du combustible.

- 8 Que retenir de ce mémoire? Qu'il s'agit d'une tentative de justification théorique, scientifique autrement dit, de la possibilité d'obtenir une source d'énergie¹⁰ l'aide de la chaleur. Même si le montage paraît bien difficile à réaliser, et d'ailleurs Amontons ne prétend pas le faire, et même si les calculs ne sont pas tous reproductibles, il y a là une conceptualisation qui ne peut qu'encourager les praticiens à rechercher des solutions plus concrètes afin d'utiliser le feu comme source d'énergie, la chaleur, dirions-nous.

Figure 1 : Machine d'Amontons



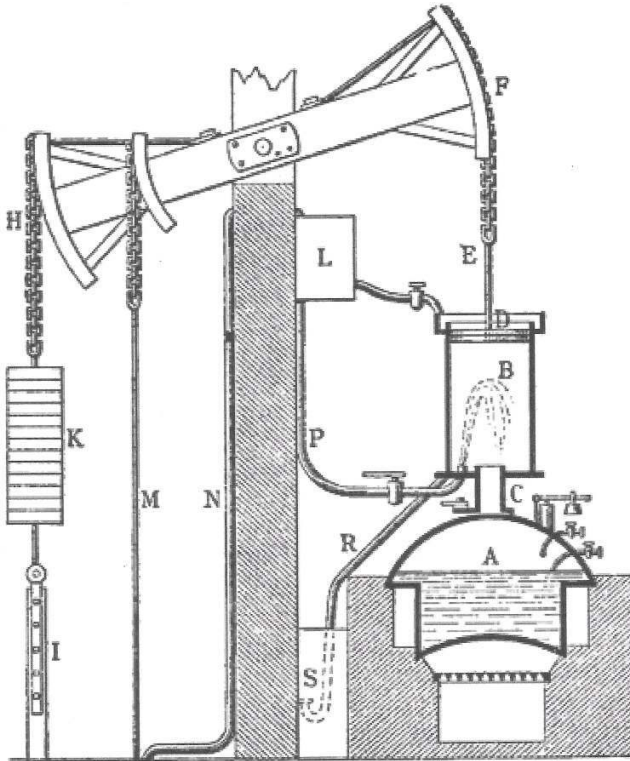
Source : MARS 1669, p. 123

D'abord comprendre la machine de Newcomen

- 9 La machine n'agit pas directement comme pompe mais entraine une vraie pompe que l'on peut placer dans la mine et qui peut refouler l'eau sur environ 50 mètres¹¹ de hauteur.

Rien n'empêche de placer plusieurs pompes à des hauteurs différentes pour puiser l'eau plus profondément. C'est une machine dite « atmosphérique », la force agissante étant obtenue par la pression atmosphérique refoulant un piston (voir figure 3).

Figure 3 : Schéma de principe de la machine de Newcomen



(source : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8e/Newcomens_Dampfmaschine_aus_Meyers_1890.png/29)

- 10 Le principe de fonctionnement est simple : la vapeur produite par l'ébullition de l'eau dans la chaudière (A) entre dans le cylindre (B) et repousse le piston (D) vers le haut, la soupape (C) est alors fermée et de l'eau froide est injectée (soupape P). Le refroidissement de la vapeur, sa condensation et donc sa diminution de volume conduisent à une dépression (presque le vide) dans le cylindre. La pression atmosphérique agissant sur le piston fournit alors le travail moteur qui entraîne la pompe refoulant l'eau. Le mouvement ascendant du piston a permis l'aspiration dans le corps de pompe qui n'est pas représenté.
- 11 Dès l'invention, des machines de ce type sont installées en Angleterre pour pomper l'eau des mines, et en particulier des mines de charbon. Elles sont économiques : le combustible est sur place et on peut brûler du charbon de médiocre qualité. La machine ne supporte pas des pressions trop élevées. Dans ses débuts, le fonctionnement était manuel, un ouvrier ouvrant et fermant alternativement les soupapes. Ce fonctionnement a été assez rapidement automatisé et la machine de Newcomen peut être considérée comme la première machine réellement industrielle. Pour la première fois, la machine est clairement séparée de la pompe qu'elle entraîne alors que dans les machines de Papin ou de Savery, il n'y a pas de séparation nette entre le piston de la machine et le piston de la pompe. Ils sont confondus chez Papin. Chez Savery c'est la vapeur elle-même qui agit comme piston pour refouler l'eau.

La machine de Newcomen à l'Académie

- 12 Ce sont deux Anglais, Meyer et John May, qui ont introduit les premières machines de Newcomen en France. Il est possible de suivre les étapes qui vont de la première expertise académique à l'attribution du privilège.

L'examen technique de la « machine à élever l'eau par le moyen du feu » de Passy

- 13 L'affaire commence le 31 janvier 1725 :

« Mr de Morville ayant renvoyé à l'Académie une machine dont on se sert en Angleterre pour élever l'eau par le moyen du feu, on a nommé pour l'examiner Mrs Donsenbray et Réaumur »¹².

- 14 L'examen des inventions sur demande de l'administration est une des obligations du règlement de 1699. L'examen technique d'une invention par l'Académie, s'il est demandé par l'administration, est indispensable en effet, pour permettre à un inventeur d'obtenir le privilège exclusif d'exploitation commerciale de son invention, en particulier pour une machine très novatrice. Il n'est pas clair que la demande de privilège ait été déjà formulée en 1725, le registre ne mentionnant que le renvoi « d'une machine dont on se sert en Angleterre pour élever l'eau ». Ici, la demande est transmise par Morville, secrétaire d'État aux affaires étrangères, les demandeurs de privilège n'étant pas régnicoles. Deux académiciens sont nommés afin de l'examiner et d'en rendre compte à l'Académie qui fera sien l'avis des commissaires en l'inscrivant dans les registres. Réaumur¹³ et Donsenbray¹⁴ sont très souvent titulaires de commissions d'examen. L'examen a pris du temps, presque 18 mois. C'est en séance du 11 mai 1726, que le compte rendu est lu¹⁵. On le trouvera *in extenso* en annexe 1. Le délai anormalement long entre la demande et le compte rendu, de janvier 1725 à mai 1726 laisserait penser que la construction n'était pas achevée. Cette première machine, selon Paul Naegel¹⁶, a été installée à Passy dans les jardins du marquis de Bully¹⁷ et elle était opérationnelle en mai 1726, date du compte-rendu.
- 15 Les académiciens examinent donc une machine installée, contrairement à l'examen de nombreuses inventions de machines qui se font sur des maquettes. Les commissaires sont allés examiner la machine sur place à Passy, et ils ont même pu en suivre l'installation. Dans une première partie du compte-rendu, ils en donnent une description avec les différentes dimensions significatives. D'abord statique, cette description commence par les pompes actionnées par la machine (la distinction entre la machine et les pompes proprement dite n'est pas marquée, on a longtemps parlé de « pompe à feu »). Les dimensions de la machine sont considérables, près de 7,7 m pour le levier et 0,64 m de diamètre pour le cylindre (voir figure 4 et 5)¹⁸. Le fonctionnement dynamique est ensuite abordé, le principe en est bien compris :

« Au-dessous de ce dernier tuyau est une grande chaudière remplie en partie d'eau. Du feu entretenu au dessous de cette chaudière dans un fourneau, fait continuellement bouillir l'eau qui fournit une vapeur d'où dépend tout l'effet de la machine. »

Figure 4 : Machine de Newcomen



Source : photographie personnelle prise au *Science and Technology Museum* de Londres en février 2014

Figure 5 : Machine de Newcomen



Source : photographie personnelle prise au *Science and Technology Museum* de Londres en février 2014

- 16 Au mouvement ascendant du piston de la machine correspond le mouvement descendant des pistons des pompes et la montée du levier du côté du cylindre de la machine. Les commissaires ont bien observé que la vapeur ne fournissait pas une force importante et que la force nécessaire à la remontée des pistons des pompes qui refoulent l'eau était produite par la pression atmosphérique agissant sur le piston, du fait du vide créé dans le cylindre par l'injection d'eau froide provoquant la condensation de la vapeur :

« C'est dans l'instant suivant que la grande force doit agir lorsque les pistons seront à leur tour élevés de cinq pieds et demi dans leurs corps de pompe avec l'eau qu'ils doivent verser. Ce n'est pas la vapeur qui va produire ce second effet, il est dû à la pression de l'atmosphère. »

- 17 Le rapport des volumes de l'eau liquide et de l'eau vaporisée étant de 1 à 1 600, il est clair que le vide obtenu est suffisant pour que s'exerce la pression atmosphérique, même si la condensation n'est pas parfaite et qu'il reste de l'air et de l'eau liquide. Cela est bien noté par les commissaires qui font le seul calcul accessible, en supposant un vide parfait et donc une action parfaite de la pression atmosphérique égale à un cylindre de 28 pouces de hauteur de mercure¹⁹ agissant sur le piston de 2 pieds de diamètre, ce qui correspond à 3 300 kg²⁰ :

« Si la condensation de la vapeur était parfaite, qu'il y eut pendant quelques instants un vrai vide dans le tuyau de fer, la force qui agirait sur son piston serait à peu près égale à un cylindre de mercure de deux pieds de diamètre et de 28 pouces de hauteur. Celle qui agit est très considérable quoiqu'elle le soit beaucoup moins. »

- 18 Après observation et description, le compte-rendu aborde le calcul des effets de la machine, calcul du débit d'abord en fonction des dimensions des pompes et de la cadence, le débit total calculé²¹ est alors de 3 985 litres à la minute. La consommation de bois est identifiée comme un problème, celle qui est citée, cinq voyes de bois, pourrait valoir²² environ 2 m³. On voit bien que l'examen est fait dans un régime technique de pensée opératoire, voire technologique. Nous utilisons ici les distinctions introduites par A.-F. Garçon²³ sur les différents régimes de la pensée opératoire, de la pensée toujours présente dans une technique. Ces régimes se superposent tout en se succédant et il n'est pas dans notre propos de détailler le travail d'A.-F. Garçon. Retenons simplement des caractéristiques très tranchées permettant de comprendre cette distinction. Le régime de la pratique pourrait alors être caractérisé par l'oralité de la transmission et l'imitation des gestes et des pratiques, le régime de la technique par l'utilisation de l'écrit pour la transmission et l'explicitation des diverses opérations techniques, le régime de la technologie par la rationalisation des opérations techniques, leur mathématisation et l'interaction avec la science²⁴.

Le projet de rédaction du privilège

- 19 Après réception du compte rendu, le Bureau du commerce, en charge de l'attribution des privilèges, transmet à l'Académie la demande du seul John May²⁵. Le Bureau considère que l'attribution du privilège est possible mais sous certaines conditions, celle en particulier de fixer le prix des machines en fonction du débit d'eau que la machine peut fournir à une hauteur donnée. Et il demande aux commissaires chargés de l'examen de définir ce prix. De plus, dans la demande très détaillée de May, il se trouve plusieurs conditions très restrictives qui bloquent toute évolution ou amélioration de la machine :

« Ces termes me paraissent trop étendus et il serait peut-être à craindre que l'on ne gênât par une pareille clause, contre l'intention du Roi, l'industrie de ceux qui pourraient inventer des machines propres à élever des eaux lesquelles, quoique sur les mêmes principes, pourraient cependant être différentes de celle du Sr. May »²⁶.

- 20 Souci de ne pas bloquer les améliorations ou de permettre la copie par des Français ? Les échanges de correspondance entre l'Académie et le Bureau du commerce montrent qu'effectivement cette dernière préoccupation est bien présente.
- 21 La demande se présente en trois parties²⁷. D'abord une partie juridique. À l'évidence May s'est fait assister d'un juriste français. La rédaction du privilège est complète, le Roi n'a plus qu'à signer ! Dans une deuxième partie, que l'on pourrait qualifier « d'annexe technique », le projet définit les débits obtenus en fonction des diamètres des pompes et des hauteurs d'eau à élever. Cette partie se présente sous forme d'un tableau numérique. Enfin la troisième partie donne les conditions financières et l'engagement de service :

« Le Sr. May et ses associés fourniront des machines pour élever des eaux pour la ville de Paris et autres grandes villes du royaume, depuis vingt pieds de hauteur, jusqu'à cent pieds, à prendre au dessus des basses eaux des rivières et autres sources. Ils entretiendront les machines de tous leurs mouvements et fourniront un conducteur pour gouverner les machines pendant l'espace de cinquante années que durera le privilège après lesquelles les dites machines resteront aux villes, moyennant une rente

annuelle par pouce et par ligne élevées aux différentes hauteurs suivant le tarif ci-après. »

- 22 Les engagements réciproques de May et de ses associés d'une part, de leurs clients, villes ou particuliers, d'autre part, sont ensuite détaillés. Ainsi on prévoit que la ville construise les bâtiments et qu'elle fournisse les ouvriers, charge au fournisseur de les encadrer :

« [...] les intéressés au privilège ne fournissant que la machine avec tous ses mouvements et fourneau, le conducteur et l'entretien. »

- 23 Et pour les particuliers qui ont un tarif spécial :

« Le dit Sr. May et ses associés n'entreprendront pas les machines mais fourniront un homme intelligent pendant trois mois après que la machine aura été posée pour dresser et instruire les hommes que les particuliers destineront à la conduite, à condition de payer le voyage et le séjour de l'homme qui sera envoyé, par les intéressés au privilège. »

- 24 Ce document nous semble très actuel, c'est un contrat « bien bouclé²⁸ ». La réaction du Bureau du commerce est compréhensible : il convient de le faire commenter par les spécialistes techniques. L'Académie répond à la demande du Bureau le 11 juin 1727²⁹ :

« Mrs. Donsenbray et de Réaumur qui avaient été nommés pour examiner le projet de privilège de M. May, anglais y ont fait les remarques suivantes. »

- 25 Les deux commissaires commentent point par point le projet de May. Ainsi pour la durée demandée pour le privilège (50 ans), les académiciens sont très critiques :

« 2° On n'accorde guère les privilèges pour un temps si long, ordinairement c'est pour vingt années et quelquefois seulement pour dix, on les renouvelle quand le bien public paraît le demander. Il y aurait encore une restriction à mettre ici, c'est qu'en cas que l'impétrant ne fit pas usage de son privilège dans un temps prescrit, dans un an par exemple, qu'il en demeurerait déchu. »

- 26 Ils pointent le risque de contrebande, à propos de la demande d'exonération des droits de douane pour « toutes sortes de matériaux nécessaires aux machines », et demandent d'encadrer strictement ce droit en le limitant aux pièces spécifiques et aux matériaux et cela en quantités limitées au besoin d'entretien, étain et plomb pour les soudures par exemple. Certaines exigences juridiques exorbitantes sont également relevées comme le court-circuit de toutes les juridictions pour les conflits concernant le privilège, en demandant la compétence unique du Roi et de son Conseil.

- 27 Sur la demande spécifique de l'administration de fixer un prix a priori, le commentaire des deux académiciens illustre leur niveau de réflexion technologique :

« 6° Le Conseil paraîtrait souhaiter une clause dont il n'est pas fait mention dans ces lettres c'est un tarif de prix de chaque machine proportionnel à la quantité d'eau qu'elle donnera, lequel tarif serait au contrescel des lettres, il serait certainement commode et utile s'il pouvait être fait sur des appréciations justes et constantes mais ce n'est guère possible de bien apprécier de nouvelles machines dont la première construction est toujours plus chère qu'elle ne l'est par la suite, aussi nous ne nous souvenons pas qu'on ait jusqu'ici le prix [illisible] que machine nouvelle en accordant le privilège. On pourrait bien évaluer à peu près les prix des chaudières, corps

de pompe et autres parties des machines. Mais les particuliers ne se tenteront pas d'acheter toutes les parties dont une machine composée [...] exigeront que les entrepreneurs les montent, qu'ils construisent les machines en entier et peut être qu'ils fassent bâtir les murs et les charpentes convenables, qu'ils fassent agir les machines pendant un temps pour instruire des gens dans le pays où elles auront été construites à bien conduire leurs mouvements. De là il est aisé de voir que l'établissement de chaque machine dépend de quantité de circonstances peu propres à entrer dans un tarif et que peut être le plus simple sera ici de laisser la liberté de faire des marchés de gré à gré. Si les entrepreneurs veulent tenir leurs machines trop chères on les leurs laissera et les particuliers n'en donneront le prix demandé que quand ils croiront y trouver un avantage réel. »

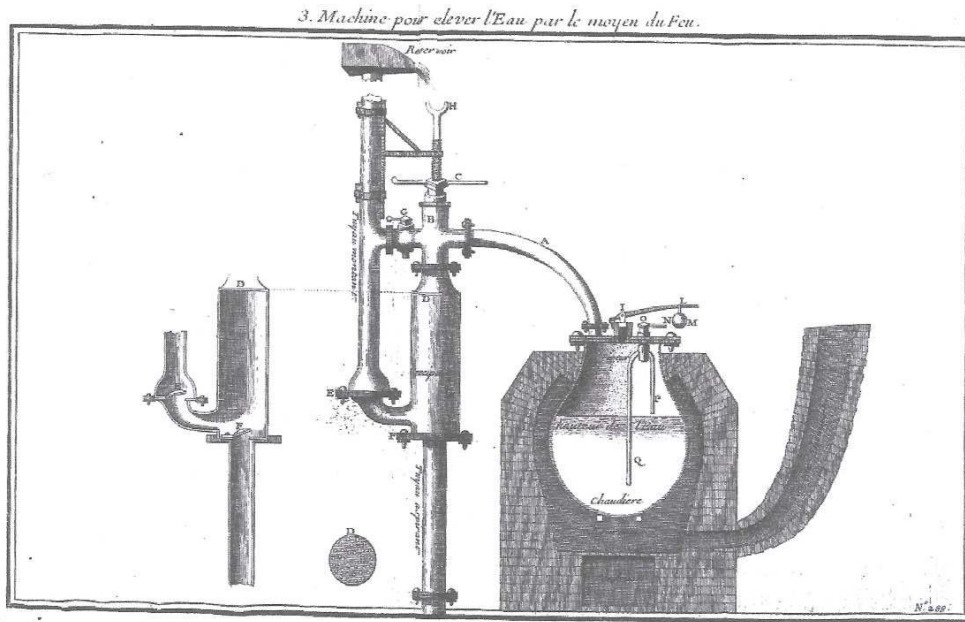
- 28 A travers la recommandation des académiciens, se lit le souci de rendre efficace et réussi l'appropriation de la machine : pas d'achat en pièces détachées, montage par le fournisseur, réalisation des infrastructures nécessaires et formation du personnel de conduite de la machine. La fixation du prix par la loi de l'offre et de la demande est jugée préférable à la fixation du prix par l'administration.
- 29 Finalement le privilège a été accordé, comme le mentionne le procès verbal de la séance du Bureau du commerce du 3 octobre 1727³⁰. Le devenir de cette machine ne nous est pas connu, et nous ignorons l'usage fait par John May et ses associés du droit à installer d'autres machines de Newcomen, dans la France des années 1730³¹.

Imitations et inventions concurrentes : les machines de Boffrand

- 30 On pourrait penser que cette machine de Newcomen s'est imposée immédiatement en rendant obsolètes les autres types de machine, celles de type Savery particulièrement, Il n'en est rien. Dans les quelques dizaines d'années qui suivent, des propositions diverses sont soumises à l'Académie.
- 31 Ainsi, cette nouvelle demande d'examen d'une « machine à feu », enregistrée le 6 juillet 1726³². La machine est décrite dans le compte-rendu des commissaires du 11 janvier 1727³³. Il s'agit d'une machine du type Savery, qui refoule l'eau en hauteur par l'action directe de la vapeur sur l'eau, sans piston, et qui aspire par le vide créé par la condensation. C'est un prototype : elle a été construite seulement pour l'essai de démonstration et les commissaires regrettent de ne pas l'avoir vue en fonctionnement pour en apprécier les performances. Signe de la réflexion des commissaires, ils attirent l'attention sur la difficulté inhérente aux machines de type Savery³⁴. En effet pour refouler l'eau par la vapeur en l'absence de piston, la pression fournie doit être plus importante et donc les tuyauteries doivent être plus résistantes. En dépit des plans détaillés fournis par l'inventeur, les commissaires restent dubitatifs devant cette machine plus délicate à réaliser :

« Cette construction demande plus de solidité dans la chaudière qui contient l'eau bouillante et sa vapeur qu'il n'en faut à la machine de Passy ; aussi Mr de Boffrand a eu attention de mettre un modérateur à la sienne pour laisser échapper la vapeur lorsque sa force excède celle qu'on désire. Il n'y en a pas à la Machine de Passy. »³⁵

Figure 6 : Machine type Savery présentée par de Boffrand



Source : MINV, tome 4, 1720-1726

- 32 L'inventeur, le célèbre Boffrand, « architecte et inspecteur des ponts et chaussées » présente aussi les plans détaillés et un modèle réduit « du pied au pouce³⁶ » d'une machine de Newcomen. Dans sa demande d'examen³⁷, l'administration exprime clairement une préférence nationale, en arguant de la compétence de l'architecte qui avait fait construire une première machine :

« [...] étant juste que si vous trouvez celle de M. de Boffrand aussi bonne que celle de l'anglais il eût quelques préférence, étant né français et ayant travaillé avec succès dans celle qu'il avait entreprise à Cachan. »

- 33 Le statut de ces deux machines est incertain. D'une part il n'y a pas d'approbation formelle, qu'aurait sanctionnée leur mention à la section « Machines et invention approuvées » dans l'Histoire annuelle de l'Académie. Mais d'autre part, elles sont citées dans un recueil quasi-officiel des machines approuvées par l'Académie³⁸. La machine de May, en regard, est citée et décrite dans l'Histoire de 1726 et dans le recueil des machines et inventions approuvées, publié par Gallon. La machine « type Newcomen » de Boffrand n'étant qu'une copie, l'Académie aura hésité à l'approuver formellement.
- 34 Que conclure de ces hésitations et incertitudes ? Les académiciens ont compris que la machine de Savery était une impasse technique alors que la machine de Newcomen était la seule solution efficace dans le contexte technique des années 1720. Le nationalisme technique et le souci de ne pas décourager les inventeurs expliquent certainement cette semi-approbation.
- 35 En 1739 encore, l'Académie examine une machine destinée à pomper l'eau mais sans mouvement, sans action de la vapeur d'eau, uniquement par aspiration d'un vide créé par le refroidissement de l'air préalablement mis sous pression par le chauffage d'un « vase »³⁹. L'absence de dimensions empêche de se représenter la faisabilité de la machine qui pour élever l'eau doit amener l'air à une assez forte pression pour que son

refroidissement puisse opérer l'aspiration nécessaire. Les académiciens l'apprécient comme n'étant « pas nouvelle » bien que son type diffère de celles qu'ils avaient examinées auparavant.

Améliorations et installations ambitieuses

Une amélioration significative

- 36 Le 19 mars 1740 « un gentilhomme portugais entre et fait voir une machine pneumatique de son invention »⁴⁰. C'est en fait une machine de Newcomen avec deux améliorations. L'une consiste à diminuer le volume de la chaudière pour réduire le temps de montée en pression, l'autre à automatiser le fonctionnement par adjonction d'un dispositif à levier commandant l'ouverture des robinets d'admission de vapeur et d'injection d'eau de refroidissement. L'invention est approuvée :

« Les moyens que Mr de Moura a employés pour remplir ses vues nous ont parues fort ingénieux, conformes en tous points aux principes de Physique et de Mécanique, mais d'une exécution qui demande beaucoup d'attention et d'exactitude, quoiqu'on ne puisse pas dire qu'elle soit trop difficile pour les faire rejeter. »

- 37 Malheureusement, quoiqu'officiellement approuvée⁴¹, la machine de Moura n'est pas reprise dans le recueil des machines et inventions approuvées. Il faut noter que l'automatisation de l'ouverture des soupapes était effective en Angleterre, semble-t-il, depuis 1718.

Une installation problématique et une expertise compliquée

- 38 Le 17 novembre 1742⁴², Gensanne, ingénieur réputé pour ses compétences en hydraulique et en métallurgie, propose d'installer une machine de Newcomen sur la partie élevée de l'Estrapade⁴³, en creusant un puisard pour pomper l'eau de la Seine amenée par une galerie souterraine⁴⁴. Son idée directrice : profiter de la hauteur de la colline pour y installer une machine de Newcomen qui entrainerait une ou plusieurs pompes montant l'eau depuis ce puisard, pour ensuite organiser une distribution d'eau depuis la hauteur de la Montagne Sainte-Geneviève. Gensanne cherchait à mettre à profit une caractéristique inédite de la machine, son indépendance vis-à-vis de la source d'énergie hydraulique, qui imposait d'installer les machines entraînant les pompes à proximité immédiate des cours d'eau.
- 39 L'examen a été long et complexe. En pleine guerre de succession d'Autriche, où, pourtant, France et Angleterre sont adversaires, une correspondance suivie s'établit avec la *Royal Society* britannique, afin d'obtenir des renseignements plus précis sur l'installation urbaine d'une machine de Newcomen. Une lettre de Folkes à Maupertuis informe l'Académie qu'une telle installation a été abandonnée à cause de la pollution subie par les maisons du voisinage⁴⁵. Dans une seconde lettre, lue en séance par Maupertuis et annotée par Desaguliers⁴⁶, Folkes aborde le problème de la consommation de charbon :

« [...] sur la pompe à feu pratiquée en Angleterre et où il paraît que cette pompe est regardée comme très utile et qu'il n'y a que la dépense excessive

de charbon de terre qui empêche qu'on ne s'en serve dans plusieurs occasions où ce charbon coûterait trop. »⁴⁷

- 40 Le 6 février 1743, les commissaires chargés de l'examen du projet de Gensanne demandent le renfort de chimistes pour mieux analyser le problème des fumées⁴⁸. Ils ne sont donc pas moins de 5 commissaires à rendre compte le 9 mars 1743 de ce long examen. Il est vrai que l'entreprise quelque peu pharaonique de Gensanne nécessitait la résolution de nombreux problèmes. La conclusion est négative, au terme d'un long rapport où toutes les difficultés sont examinées, ainsi que toutes les solutions envisagées par Gensanne pour les pallier :

« Il résulte de tout ce que nous venons de rapporter que le projet de Mr de Gensanne n'est pas du nombre de ceux qu'on peut exécuter sans courir le risque de faire de très grandes dépenses qui deviennent inutiles par la suite. »⁴⁹

- 41 Résumons ces difficultés. Après la consommation de charbon, jugée excessive par les Anglais, vient la pollution :

« Elle infectait par sa fumée les maisons des environs [...] nous avons consulté d'autres personnes qui nous ont dit qu'à 200 toises aux environs de la machine de Londres, les maisons étaient extrêmement noires. »⁵⁰

- 42 Le coût ensuite. Pour les Anglais, la machine ne peut être utilisée que dans des endroits isolés ou sur les mines de charbon où on peut brûler les têtes de mines et les résidus de charbon sans valeur. Autrement ces machines ne seraient pas rentables. Le risque d'accident enfin :

« Il arrivait quelquefois qu'une explosion brisait la machine, tuait ou estropiait ceux qui la servent. »⁵¹

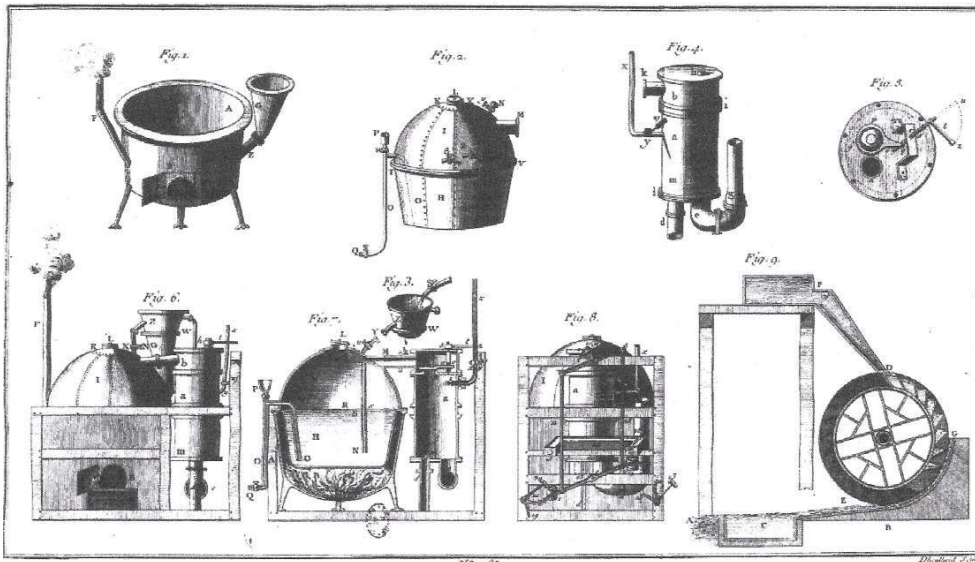
- 43 Le rapport contient une analyse quantitative des débits théoriques fournis par Gensanne ou calculés par Desaguliers pour celle de Londres. Si les débits théoriques concordent, le débit réel mesuré à Londres n'est que de 56 % du débit théorique. Remarquons que le projet de Gensanne n'est pas uniquement descriptif. Il a procédé à des calculs, envisagé les problèmes de maintenance en installant une machine supplémentaire en attente. En réponse, les commissaires font remarquer que pour atteindre le débit promis ce n'est pas 2 mais 4 machines qu'il faut installer, une étant en attente pour l'entretien. La pollution par les fumées seraient considérable, l'ingénieur ayant prévu un dispositif de lavage des fumées jugé inopérant après essai. Dernière difficulté, le canal d'alimentation de la machine : l'eau peut se polluer dans le canal souterrain s'il n'y a pas assez de courant, la prise d'eau sur la Seine est proche des arrivées de bois flottés et des déversements polluants des teintureries et des tanneries du faubourg Saint Marcel. Gensanne a pensé au problème mais ses solutions ne sont pas jugées suffisantes. Avec raison, le filtrage au sable qu'il propose retenant les vases mais pas les pollutions chimiques.
- 44 Cet épisode qui peut prêter à sourire devant l'énormité du projet, illustre bien néanmoins le processus d'appropriation de la machine à vapeur entre enthousiasme devant les possibilités offertes par la machine, illusions et réalisme des propositions et des critiques. En pleine guerre entre la France et l'Angleterre, les savants correspondent et échangent des informations techniques. Le calcul a toute sa place dans le projet et dans sa critique, les considérations financières et entrepreneuriales enrichissent la réflexion. Nous

sommes bien dans un régime de pensée opératoire qui s'ouvre vers le régime de la technologie.

Une machine de Savery très sophistiquée

- 45 Gensanne, nullement découragé, revient devant l'Académie l'année suivante⁵². Cette fois, il ne s'agit pas d'un projet complexe mais d'une machine à vapeur. Et, surprise, c'est une machine de type Savery (voir figure 7). La machine est toujours dénommée « pompe à feu », signe de la prégnance de l'association entre la machine et la pompe qu'elle entraîne. Le compte rendu date du 29 février⁵³, l'examen par les commissaires est nettement plus rapide, comme s'il y avait familiarisation avec ces machines d'un nouveau genre et elle est approuvée et décrite dans le recueil des machines⁵⁴. La machine présente des améliorations, en particulier un régulateur qui automatise le fonctionnement. Mais, il est surprenant de constater que le compte rendu commence par une longue description de la « machine anglaise », citant Savery comme son inventeur et décrivant ensuite une machine de type Newcomen. La distinction ne semble pas très nette dans l'esprit de Réaumur et Nicole, les deux commissaires désignés pour l'examen. Après avoir décrit le cycle de Newcomen et l'action de la pression atmosphérique qui refoule l'eau dans la pompe, ils présentent la machine de Gensanne où le cycle est inverse, puisque c'est l'action de la vapeur, directement sur l'eau aspirée par le vide de la condensation, qui refoule l'eau.

Figure 7 : Machine de Savery proposée par Gensanne



Source : MINV tome 7, p. 253

- 46 Cela est d'autant plus surprenant que Réaumur était commissaire en 1726 pour la machine de Passy et que Nicole était commissaire pour le projet de Gensanne en 1744. Y-a-t-il confusion dans l'esprit des commissaires, volonté de favoriser un Français, qui plus est connu pour la qualité de ses machines hydrauliques ? On ne sait, mais l'approbation est là. Les commissaires notent que ce type de machine, plus compacte, est plus facilement déplaçable et que l'on peut donc l'installer aisément à proximité du point de pompage. Observons sur la planche de la figure 7, l'utilisation de la machine : l'eau élevée

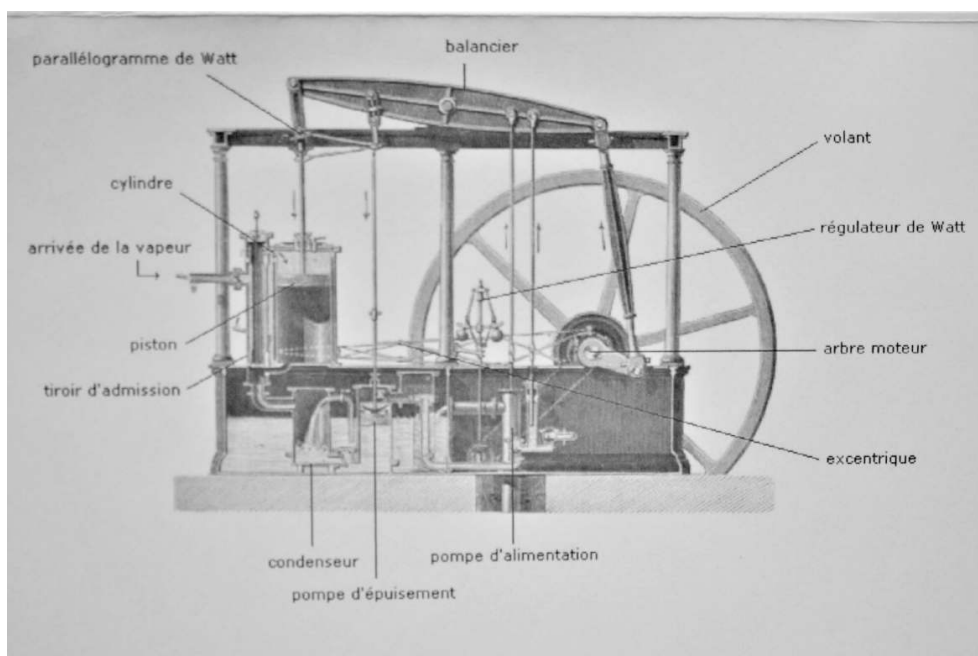
sert à faire tourner une roue hydraulique. Cela montre la persistance de l'image mentale de la machine qui ne peut être, au milieu du siècle, que rotative, entraînée par l'eau et non alternative.

La machine de Watt, invention ou aboutissement ?

De la réparation à l'invention

- 47 James Watt apporte, à partir des années 1765-1775, des améliorations significatives à la machine de Newcomen. Ce serait en réparant une telle machine qu'il aurait eu l'idée de ces améliorations. Notre propos n'est pas de détailler l'histoire de la machine de Watt et de son introduction en France. Cette histoire est fort bien traitée dans l'article de Paul Naegel⁵⁵ et l'ouvrage de Jacques Payen pour ne citer que ces deux références⁵⁶. Nous nous contenterons d'indiquer les quatre modifications et adjonctions qui transforment la machine de Newcomen en une machine qui devint le moteur de base de la grande industrie au XIX^e siècle. Les académiciens avaient déjà remarqué l'importance du vide dans le cylindre. Le refoulement de la vapeur pour une condensation extérieure permit de supprimer ce problème en faisant agir la vapeur des deux côtés du piston. De même Watt améliore la distribution de la vapeur, ce qui permet de monter en pression. Plus subtilement, si l'on peut dire, Watt sort du paradigme de la pompe et transforme le mouvement alternatif en mouvement circulaire, source d'énergie d'usage général. Les machines à vapeur peuvent alors être substituées progressivement aux roues hydrauliques et ne plus dépendre des cours d'eau, même si elles subissent une autre dépendance, la proximité du combustible, dépendance que la machine va elle-même atténuer avec les locomotives à vapeur. Enfin le régulateur à boule et le volant d'inertie vont réguler le mouvement de la machine et éviter les à-coups et emballements.

Figure 8 : Machine de Watt



Source : http://visite.artsetmetiers.free.fr/machine_vapeur.html

En guise de conclusion

- 48 À travers les différents examens d'invention correspondant à des solutions techniques différentes, nous avons pu constater que « l'évidence » technique contemporaine des dispositifs de Watt n'a pu, en fait, qu'être le résultat d'une compréhension plus approfondie, venue de l'usage de la machine de Newcomen et des diverses tentatives pour trouver d'autres solutions techniques. La persistance de l'image mentale de la machine de Newcomen se voit dans les premières machines de Watt où le cylindre est vertical, avant d'arriver à la position horizontale qui s'est ensuite imposée. Cette maturation se lit aussi à travers les hésitations des savants de l'Académie qui ne disposent pas du recul nécessaire pour arbitrer clairement entre Savery et Newcomen. Dans l'article de Paul Naegel que nous avons cité, on voit que la machine de Newcomen reste une référence pour apprécier l'installation des frères Périer dans les années 1780, puisque les académiciens demandent une comparaison de la consommation en combustible entre les deux types de machines, étant entendu que celle de Watt ne peut être approuvée que si cette consommation est diminuée. Ajoutons que les évolutions et améliorations diverses qui suivent et aboutissent à la machine de Watt ne peuvent se comprendre que dans un contexte technique non moins déterminant. Sans les machines à aléser de Wilkinson, les machines de Watt n'auraient pu réellement s'imposer.
- 49 Cette longue maturation de l'invention, de la machine de Savery à la machine de Watt, illustre l'autonomie des techniques et leur rythme d'évolution. Loin de l'inventeur « génial et héroïque », l'invention se déploie lentement, s'améliore et se complexifie, tout en explorant les impasses et les cohabitations. Il nous semble qu'à la question « qui a inventé la machine à vapeur ? » nous pourrions répondre Newcomen dont les machines ont été les premières à avoir eu une véritable utilisation industrielle et cela avec une extraordinaire longévité. Ainsi, la machine installée en 1795⁵⁷ à Elsecar, près de Barnsley (Yorkshire, Grande-Bretagne) a fonctionné jusqu'en 1923, puis a repris du service en urgence en 1928, les pompes électriques ayant été noyées par une inondation ! Elle a donné ses derniers coups de pompe en 1951, pour une démonstration, avant de voir son cylindre définitivement endommagé en 1953⁵⁸.
- 50 Lorsque en 1838, paraît un *Traité des machines à vapeur et de leur application*⁵⁹, traduction du livre de Thomas Tredgold paru en 1827, le regard rétrospectif de l'auteur nous donne une liste chronologique de tous les inventeurs en détaillant les apports de chacun, grands et petits, depuis Salomon de Caux jusqu'à Henri Bell⁶⁰. La longue liste des « inventeurs » illustre la nature progressive de l'invention, de ses nombreuses améliorations, de détail ou de principe. Le tableau parle de lui-même (voir figure 9).

Figure 9 : Tableau chronologique des inventeurs de machines à vapeur, d'applications ou d'améliorations de cette machine.

1615. Salomon de Caus	1769. James Watt
1665. Marquis of Worcester	1781. Jonathan Hornblower
1685. Sir Samuel Morland	1782. Marquis de Jouffroy
1690. Denis Papin	1788. Patrick Miller
1698. Thomas Savery	1790. Bétancourt
1698. Denis Papin	1790. R. de Prony
1705. Thomas Newcomen	1795. John Banks
1718. Henri Beighton	1797. Edmond Cartwright
1720. Leupold	1797. John Cutt
1756. Jonathan Hulls	1799. Matthew Murray
1759. Bernard Bélidor	1799. W. Murdock
1741. John Payne	1801. John Robison
1751. Francis Blake	1801. Joseph Bramah
1757. Keane Fitzgerald	1801. John Dalton
1758. William Emerson	1802. William Symington
1762. Joseph Black	1802. Trevithick and Vivian
1765. John Smeaton	1804. Arthur Woolf
1766. John Blakey	1806. Oliver Evans
	1807. Robert Fulton

Thomas Tredgold, *op. cit.*

- 51 On pourrait citer⁶¹ toute l'introduction du traducteur français, ancien élève de Polytechnique, tellement elle renferme de vues pertinentes sur ce long processus de l'invention, sur les déterminismes pesant sur la technique malgré l'autonomie de celle-ci, et sur l'importance du contexte :

« Il ne suffit pas, en effet, qu'une invention soit conçue à une époque donnée, il faut encore qu'elle se trouve en rapport avec les besoins et l'état social contemporains. »⁶²

- 52 De même, pour une pensée opératoire qui entre dans le régime de la technologie, le propos du livre est clairement souligné par le traducteur :

« Dans cet état de choses, la publication d'un ouvrage qui, en popularisant la science des machines à vapeur, rappellerait, classerait et confirmerait pour les gens instruits ce qu'ils savent en partie, et mettrait les moins habiles au niveau des perfectionnements les plus récents, ainsi que tous les résultats d'un siècle d'expérience. »⁶³

- 53 Nous nous permettrons enfin une remarque sur l'affirmation que l'on rencontre parfois, selon laquelle l'invention de la machine à vapeur doit peu à la science, la thermodynamique et les théorèmes de Carnot étant largement postérieur aux machines de Newcomen et de Watt. C'est oublier que la mise en évidence, au XVII^e siècle, de

l'existence de la pression atmosphérique, de sa mesure, de la possibilité de faire le vide dans une enceinte fermée, enfin de la loi de Mariotte sur les gaz, a permis aux inventeurs et aux savants de l'Académie et d'ailleurs, de comprendre et de calculer les premières machines à vapeur⁶⁴.

BIBLIOGRAPHIE

BONASSIEUX Pierre, *Conseil du commerce et Bureau du commerce (1700-1791), Inventaire analytique des procès-verbaux*, [1910], Genève, Mégariotis reprints, 1979

DAUMAS Maurice (dir.), *Histoire générale des techniques. Tome II, Les premières étapes du machinisme : XV^e-XVIII^e siècle*, [1964], Paris, PUF Quadrige, 1996

DAUMAS Maurice (dir.), *Histoire générale des techniques. Tome III, L'expansion du machinisme : 1725-1860*, [1968] Paris, PUF Quadrige, 1996

DELAUNAY Bernard, *Penser la technique à l'Académie royale des sciences (1699-1750)*, Paris, Honoré Champion, à paraître mi 2018, ouvrage issu de la thèse soutenue en 2013, accessible en ligne : www.theses.fr/2013PA010637

EDGERTON David, PESTRE Dominique, « De l'innovation aux usages. Dix thèses éclectiques sur l'histoire des techniques », *Annales. Histoire et sciences sociales*, 53^e année, n°4-5, p.815-837

GARÇON Anne-Françoise, *Mine et Métal : 1780-1880 : les non-ferreux et l'industrialisation*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 1998

GARÇON Anne-Françoise, *L'imaginaire et la pensée technique*, Paris, Classiques Garnier, 2012

GARÇON Anne-Françoise, « The Three States of Technology. An Historical Approach to a Thought Regime, 16th-20th century », dans Forest, Joëlle, et Faucheux, Michel, (dir.), *New elements of Technology*, Belfort, U.T.B.M. éditions, 2012, p. 11-26

GILLE Bertrand, (dir.), *Histoire des techniques*, Paris, Gallimard, 1978

HILAIRE-PEREZ Liliane, *L'invention technique au siècle des Lumières*, Paris, Albin-Michel, 2004

JACOMY Bruno, *Une histoire des techniques*, Paris, Seuil, 1990

NAEGEL Paul, *La question du privilège en France pour la machine de Watt*, 2010, disponible sur HAL SHS Archives ouvertes : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00514753>

NAEGEL Paul, TEISSIER Pierre, « Obtaining a Royal Privilege for the Watt Engine, 1776-1786 » in *International journal for the history of engineering and technology*, vol. 83, n°1, January 2013, p. 96-118

PAYEN Jacques, *Capital et machines à vapeur au XVIII^e siècle - Les frères Périer et l'introduction en France de la machine à vapeur de Watt*, Paris, Mouton, 1969

RUSSO François, *Introduction à l'histoire des techniques*, Paris, Albert Blanchard, 1986

TATON René (dir.), *La science moderne : 1450-1800*, [1958], Paris, PUF, 1995

TREGOLD Thomas, *Traité des machines à vapeur et de leur application à la navigation, aux mines, aux manufactures, aux chemins de fer etc.*, Bruxelles, Méline, Cans et compagnie, 1838

VÉRIN Hélène, *La gloire des ingénieurs, L'intelligence technique du XVI^e au XVIII^e siècle*, Paris, Albin-Michel, 1993

Sources imprimées

Histoire de l'Académie royale des sciences, avec les mémoires de mathématique et de physique pour la même année, tirés des registres de cette Académie, Paris, 88 volumes, de 1699 à 1786 compris, un tome par année. Tous les volumes sont accessibles en ligne sur gallica : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb32786820s/date.r=Histoire+m%C3%A9moires+acad%C3%A9mie+royale+sciences.langFR>

GALLON Jean-Gaffin, *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences depuis son établissement jusqu'à présent, avec leur description, tomes 1 à 6 (1666-1701, 1702-1712, 1713-1719, 1720-1726, 1727-1731, 1732-1734) Paris, Martin, Coignard, Guérin, 1735, tome 7 (1734-1754) Paris, Boudet, 1777, (en abrégé MINV)*

ANNEXES

Compte rendu de l'examen technique de la machine à élever l'eau par le moyen du feu. Source : Académie des Sciences AADS, R 11 mai 1726.

Nous avons examiné par ordre de l'Académie, une machine à élever l'eau par le moyen du feu, exécutée à Passy par les Srs. May et Meyer, anglais. Elle est composée de trois corps de pompe dont deux ont chacun 12 pouces de diamètre et le 3^{ème} 9 pouces, et d'un autre petit corps de pompe de 4 à 5 pouces de diamètre, uniquement destiné à fournir l'eau nécessaire aux besoins de la machine. Les pistons des trois premiers corps de pompe sont suspendus au bout d'un bras de levier et le 4^{ème} piston l'est à quelque distance du bout de ce bras. Le levier a 24 pieds de longueur et tourne sur deux tourillons qui le divisent en deux parties égales. Au bout de son autre bras est attaché un piston de près de deux pieds de diamètre qui entre dans un tuyau de fer de même diamètre. Au dessous de ce dernier tuyau est une grande chaudière remplie en partie d'eau. Du feu entretenu au dessous de cette chaudière dans un fourneau, fait continuellement bouillir l'eau qui fournit une vapeur d'où dépend tout l'effet de la machine. Quand cette vapeur monte dans le tuyau de deux pieds de diamètre, elle fait effort contre le dessous du piston et s'élève d'environ 5 pieds et demi et élève, par conséquent, le bout du bras de levier auquel tient ce piston et fait, au contraire, descendre d'autant le bras auquel tiennent les pistons et elle fait aussi descendre les pistons.

La vapeur n'a pourtant pas besoin d'une force aussi considérable qu'on le pourrait penser, le bras qu'elle a à relever étant moins chargé que l'autre. C'est dans l'instant suivant que la grande force doit agir lorsque les pistons seront à leur tour élevés de cinq pieds et demi dans leurs corps de pompe avec l'eau qu'ils doivent verser. Ce n'est pas la vapeur qui va produire ce second effet, il est dû à la pression de l'atmosphère.

La disposition de la machine étant telle que dès que la vapeur qui monte dans le tuyau de fer a élevé le piston à la hauteur déterminée, toute entrée est aussitôt bouchée à de

nouvelles vapeurs et elle est ouverte à des jets d'eau froide qui arrosent le dedans du tuyau, refroidissant et condensant par conséquent la vapeur qu'il contient. Privé alors de la force, elle n'est plus en état de soutenir le piston contre la pression de l'atmosphère qui fait redescendre le piston dans le tuyau de fer et, en même temps, monter ceux des corps de pompe. Si la condensation de la vapeur était parfaite, qu'il y eut pendant quelques instants un vrai vide dans le tuyau de fer, la force qui agirait sur son piston serait à peu près égale à un cylindre de mercure de deux pieds de diamètre et de 28 pouces de hauteur. Celle qui agit est très considérable quoiqu'elle le soit beaucoup moins. Dès que le piston est descendu de 5 pieds et demi dans le tuyau de fer, la communication entre la chaudière et ce tuyau se rouvre et celle entre l'eau froide et ce tuyau se ferme, ainsi se perpétue le jeu de la machine ; une description qui détaillerait tout ce qui a rapport à ce jeu et aux autres parties de la machine, qui se procure à elle-même tous ses mouvements serait très longue, ce que nous pouvons en dire, c'est qu'elle est extrêmement ingénieuse dans toutes ses parties et n'en est pas moins simple et capable de grands effets.

Elle a donné devant nous environs dix coups et demi de piston par minute, or deux des corps de pompe ayant chacun environ 12 pouces de diamètre et l'autre 9 et parcourant chacun environ 5 pieds $\frac{1}{2}$, il est aisé d'évaluer à peu près la quantité d'eau que donne cette machine. Car supposant avec M. Mariotte le pied cylindrique d'eau de 55 livres et le pied cubique de 70 livres dans cette supposition on trouvera que la machine donne 116 pieds cubes $\frac{1}{2}$ par minute, par heure 6975 pieds cubes ou 871 muids $\frac{7}{8}$ et en 24 heures 20925 muids. Cette eau est élevée à plus de 30 pieds de hauteur. Il nous a paru que pour produire cet effet on consommait environ cinq voyes de bois par jour.

Le principe sur lequel elle est construite fait voir que quoique son effet soit grand qu'on peut en construire d'autres qui élèveront des quantités d'eau plus considérables ou la même quantité d'eau plus haut. On étendra son effet à mesure qu'on augmentera le diamètre du tuyau de fer qui communique avec la chaudière ou qu'on multipliera les tuyaux, si on augmente proportionnellement la quantité de vapeur. La consommation de bois à la vérité, en deviendra plus grande, et elle paraît peut être déjà un objet considérable, cependant si on la compare avec le produit de cette machine et la dépense qu'il faudrait faire pour l'avoir par d'autres moteurs, on trouvera qu'il y aurait de l'épargne et que ce serait un des bons moyens de procurer des quantités d'eau considérables aux grandes villes comme Paris. Mais il y a des endroits dans le Royaume où le bois est si bon marché que l'entretien de la machine y reviendrait à peu de frais lorsqu'on en aura besoin dans ces pays là. Au lieu de bois on peut aussi se servir de charbon de terre, comme on le pratique en Angleterre pour faire agir des machines pareilles à celle-ci. On pourrait s'en servir pour épuiser l'eau de nos mines de charbon de terre et là son utilité serait grande et son entretien presque rien.

Enfin quoique cette machine soit une de celles qui font grand honneur au génie de leurs inventeurs, il ne paraît point impossible de la perfectionner, de trouver des moyens de lui faire produire plus d'effet à moindre frais, soit en employant plus avantageusement le bois pour chauffer la chaudière, soit en refroidissant davantage la vapeur et plus subitement. De sorte que nous pensons que l'établissement de ces machines dans le Royaume ne pourrait être que très avantageux.

Projet de privilège

Louis par la grâce de Dieu Roi de France et de Navarre, à nos amis et féaux conseillers les gens tenant nos Cours de Parlement, Grand Conseil, Requêtes de notre hôtel, baillis, sénéchaux, prévôts, leurs lieutenants et tous autres, nos officiers et justiciers qu'il appartiendra, salut. Notre cher et bien aimé Jean May nous ayant fait remontrer qu'il souhaiterait introduire dans notre Royaume une invention qui n'y a point encore été mise en usage pour élever les eaux, dessécher les mines et marais et donner mouvement aux moulins, pompes et autres machines par la force du feu et vapeur chaude par la pesanteur de l'atmosphère et une espèce de vide par le moyen du dit feu ou vapeur, qu'on peut mettre en pratique par plusieurs méthodes et diverses formes selon les lieux et les occasions, laquelle invention peut être d'un grand avantage à tout nos sujets et d'autant que le dit Sr. May a fait ériger une machine de cette invention à ses frais et dépenses qui a l'approbation authentique de notre Académie des Sciences, suivant le certificat ci-joint. Il nous a humblement supplié de lui accorder et à ses associés un privilège exclusif pour l'usage de cette invention qui peut demander plus de temps et de dépense pour la porter encore à une plus grande perfection. A ces causes et autres à ce nous mouvans, voulant favorablement traiter le dit Sr. May et sa Compagnie, nous leur avons donné et accordé, donnons et accordons par ces présentes signées de notre main, pouvoir et privilège pour eux, leurs successeurs ayant cause, leurs préposés, agents, commis procureurs et autres personnes avec lesquelles ils conviendront d'établir, édifier, ériger, enseigner, user ou mettre en pratique la dite invention et machine dans tous les endroits de notre Royaume et places de notre obéissance, à l'exclusion de tous autres pendant le temps et espace de cinquante années à compter du jour et date des présentes avec pouvoir de recevoir et jouir de tous les biens, profits et avantages provenant de ladite invention. Faisons défense à toutes sortes de personnes, communautés et sociétés de quelque qualité et condition qu'elles soient, d'exercer ou mettre en pratique la dite invention ni de la contrefaire, imiter en quelque manière que ce soit ni d'en faire aucun usage soit en y ajoutant, diminuant ou changeant quelques unes de ses parties, sans la permission approbation et agrément du dit Sr. May, ses associés ou ayant cause, en bonnes et dues formes à peine de confiscation de tous les effets et matériaux qui y auraient été employés et de six mille livres d'amendes contre chacun des contrevenants, applicable un tiers à nous et les deux autres tiers au Sr. May, ses associés ou ayant cause. Leurs accordons au surplus par les dites présentes la permission et liberté de faire entrer et apporter dans notre Royaume toutes sortes de matériaux propres et nécessaires aux machines qui seront édifiées, soit charbon de terre, cuivre, fer, plomb, bois et autres, sur les passeports que nous leur ferons expédier sans être obligés et contraints de payer aucun droit ni impôt. Voulons en outre que leurs domestiques, ouvriers et serviteurs soient exempts [Une ligne manquante] autres charges publiques.

A l'égard des différends et contestations qui pourront naître des établissements et des opérations de la dite machine, nous en référons connaissance à nous et à notre Conseil et icelle interdisons à toutes nos Cours et autres juges.

Si vous mandons que ces présentes vous ayez à enregistrer et du contenu en icelles vous fassiez jouir et user pleinement et paisiblement les dits Sr. May, ses associés ou ayant cause, cessant et faisant cesser tous troubles et empêchemens contraires car tel est notre

bon plaisir. Donné à ... Le ... jour de ... l'an de grâce mil sept cent vingt six et de notre Règne le onzième.

Le Sr. May et ses associés fourniront des machines pour élever des eaux pour la ville de Paris et autres grandes villes du royaume, depuis vingt pieds de hauteur, jusqu'à cent pieds, à prendre au dessus des basses eaux des rivières et autres sources. Ils entretiendront les machines de tous leurs mouvements et fourniront un conducteur pour gouverner les machines pendant l'espace de cinquante années que durera le privilège après lequel les dites machines resteront aux villes, moyennant une rente annuelle par pouce et par ligne élevées aux différentes hauteurs suivant le tarif ci-après.

[Suit un tableau numérique donnant la rente annuelle en fonction du débit à différentes hauteurs]

Pour les hauteurs qui seront au dessus de cent pieds ne seront pas sujettes au tarif les intéressés au privilège, traiteront avec ceux qui le demanderont suivant la nature de l'ouvrage.

La ville de Paris et autres villes seront chargées de fournir un terrain pour placer chaque machine, de faire construire le bâtiment pour mettre les mouvements, la tour pour les conduites qui élèveront l'eau jusqu'à la bêche, de faire construire les puisards pour les pompes, l'aqueduc qui conduira l'eau de la rivière au puisard, les clôtures de l'emplacement, les bâtiments pour loger ceux qui seront préposés à la conduite de chaque machine, les hangars pour mettre le bois en provision, le bois nécessaire ou charbon de terre pour l'entretien du feu, les hommes nécessaires pour la conduite outre le conducteur qui sera fourni par les intéressés au privilège et feront faire toutes les conduites pour porter l'eau de la bêche où elle aura été élevée dans tous les réservoirs de distribution, les intéressés au privilège ne fournissant que la machine avec toutes ses mouvements et fourneau, le conducteur et l'entretien.

Le dit Sr. May et ses associés fourniront pareillement des machines à tous les particuliers qui voudront élever des eaux dans leurs maisons à telle hauteur qu'ils jugeront à propos pour le prix qui sera réglé par lignes ou par pouce suivant le tarif ci-après et non à rente annuelle ; feront poser les machines dans les bâtiments qui seront destinés à condition que les particuliers en paieront le transport quand la distance sera plus de quatre lieues de Paris. Le dit Sr. May et ses associés n'entretiendront pas les machines mais fourniront un homme intelligent pendant trois mois après que la machine aura été posée pour dresser et instruire les hommes que les particuliers destineront à la conduite, à condition de payer le voyage et le séjour de l'homme qui sera envoyé, par les intéressés au privilège.

[Suit un tableau analogue au précédent, concernant le tarif pour les particuliers]

Les intéressés au privilège n'enlèveront pas moins de vingt pouces d'eau en sorte que la plus petite machine coûte 1000 livres à une élévation de vingt pieds et les particuliers qui auront moins de vingt pouces d'eau à élever payeront la machine comme si elle élevait les vingt pouces, les petites au dessous leur étant onéreuses.

Les hauteurs au dessus de cent pieds n'entrant pas dans le tarif on en fera des traités particuliers selon la nature de l'ouvrage et les difficultés.

Les dessèchements des marais et épuisement des viviers et mines pourront traiter à rente annuelle compris l'entretien sur le pied du tarif des villes ou à forfait sans entretien comme le tarif des particuliers.

NOTES

1. L'entrée « machine à vapeur » de l'*Encyclopaedia Universalis* (<http://www.universalis.fr/encyclopedie/machine-a-vapeur/>) commence par : « En 1775, le mécanicien écossais James Watt (1736-1819) s'associe à l'entrepreneur Matthew Boulton pour fabriquer, à partir de 1776, des machines à vapeur pour lesquelles il a déposé des brevets dès 1769 ». Wikipedia, après une brève introduction historique citant les machines antérieures intitule le premier paragraphe de l'article : « La machine à vapeur de James Watt ». Le site du Conservatoire des Arts et métiers, présente une succession de différents types de machines tout au long du XVIII^e siècle et remonte même aux Grecs réputés avoir été les premiers à imaginer une machine dans l'esprit du *nihil nove sub sole...* (http://visite.artsetmetiers.free.fr/machine_vapeur.html)
2. EDGERTON David, PESTRE Dominique, « De l'innovation aux usages. Dix thèses éclectiques sur l'histoire des techniques » dans *Annales. Histoire et sciences sociales*, 53^e année, N. 4-5, p. 815-837.
3. L'Académie royale des sciences doit examiner les machines, suivant l'article XXXI du règlement de 1699, afin de déterminer si elles sont « nouvelles et utiles ».
4. Par ce mot nous entendons une utilisation de machines reproductibles, insérées dans un contexte économique par des entrepreneurs qui ont le souci de la rentabilité.
5. Les lecteurs qui sont trop allergiques aux détails techniques pourront sauter cette partie mais il est difficile de faire l'histoire des techniques sans parler de technique.
6. Une copie de ce brevet se trouve aux archives de l'Académie des sciences, pochette de séance de l'année 1726 (en abrégé AADS, PS 1726).
7. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences avec les mémoires de mathématique et de physique titrés des registres de cette Académie*, 1699, p. 112-126 (double pagination, partie Histoire et partie Mémoires, ici partie Mémoires, plus loin cité en abrégé MARS suivi de l'année)
8. Le produit de la pression par le volume du gaz est constant (à une température donnée).
9. Le cheval-vapeur est une unité « empirique », définie par James Watt pour exprimer la puissance d'une machine à vapeur en la comparant à celle d'un cheval « robuste », comparaison faisant sens dans un monde où le cheval est le moyen de traction le plus utilisé. Il existe plusieurs valeurs de cette unité, suivant que l'on se situe dans le monde métrique ou dans le monde des unités anglo-saxonnes. Dans le système métrique il a été fixé à 75 kgm/s, ce qui correspond dans le système international (et légal en France) à 736 W.
10. Au sens contemporain.
11. Hauteur accessible avec les techniques de l'époque mais ici la pression n'est plus celle de la vapeur surchauffée mais celle de l'eau refoulée.
12. Archives de l'Académie des sciences, registre de séance du 31 janvier 1725 page 56 de la version numérique des registres, disponible sur Gallica (en abrégé : AADS, R 31 janvier 1725, 56)
13. René-Antoine Ferchaut de Réaumur, académicien de 1708 à 1757, titulaire de 157 commissions entre 1708 et 1750.
14. Louis-Léon Pajot d'Ons-en-Bray, académicien honoraire de 1716 à 1754, titulaire de 68 commissions entre 1716 et 1750.
15. AADS, R 11 mai 1726, 336, les citations suivantes sont extraites de ce compte rendu.
16. NAEGEL Paul, *La question du privilège en France pour la machine de Watt*, 2010, disponible sur HAL SHS Archives ouvertes : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00514753>
17. Ce serait l'origine de la rue de la Pompe à Passy dans le 16^e arrondissement de Paris
18. Les dimensions de la machine du musée des sciences et techniques de Londres ne sont pas nécessairement celles données par les commissaires mais il est certain que l'ordre de grandeur est le bon, il suffit d'être au pied de la machine pour le constater.

19. La pression atmosphérique a longtemps été exprimée en « mm de mercure », 28 pouces français correspondant à 758 mm de mercure. La mesure contemporaine de la pression « normale » est de 763 mm de mercure.
20. Dans le système légal d'unité (SI) cette force devrait être exprimée en newtons, nous gardons sa valeur en kilogrammes, plus directement sensible.
21. En unités métriques.
22. Suivant la définition du *Dictionnaire du Commerce* de Jacques Savary des Brûlons
23. Cf. GARÇON Anne-Françoise, « The three states of technology. An historical approach to a though regime, 16th-20th century » dans FOREST, Joëlle et FAUCHEUX, Michel, (dir), *New elements of Technology*, Belfort, UTBM éditions, 2012 et *L'imaginaire et la pensée technique*, Paris, Classiques Garnier, 2012.
24. Il va de soi que ces définitions « à la hache » n'épuisent pas les distinctions nécessaires mais elles permettent de comprendre, au moins globalement, les différences qui existent entre ces régimes.
25. Le dossier de la demande se trouve dans la pochette de séance (PS) de l'année 1726, conservée aux archives de l'Académie, rassemblant « ce qui reste » des différents documents traités par l'Académie pendant cette année. Meyer serait mort en 1726
26. AADS, PS 1726. Sauf mention contraire les citations de ce paragraphe seront issues des documents de cette pochette.
27. Le texte complet se trouve en annexe 2.
28. On voudra bien pardonner cette expression un peu triviale mais couramment utilisée dans l'industrie contemporaine.
29. AADS, R 1727, p. 450. Les citations suivantes sauf mention contraires sont tirées du registre de séance du 11 juin 1727.
30. BONNASSIEUX Pierre, Conseil du commerce et Bureau du commerce (1700-1791, Inventaire analytique des procès-verbaux [1910], Genève, Mégariotis reprints, 1979, p.146.
31. . Ainsi, la machine de Newcomen installée par la Compagnie d'Anzin à Fresnes dans le début des années 1730, a été construite par Christophe Mathieu en prenant pour modèle les machines introduites à Liège et à Charleroi à la fin des années 1720, GRAR Émile, *Histoire de la recherche, de la découverte et de l'exploitation de la houille dans le Hainaut français, dans la Flandre française et dans l'Artois*, 1716-1791, tome 1, Valenciennes, 1847, p.215-224.
32. AADS, R 1726, p. 431
33. AADS, R 1727, p. 20
34. Le principe de fonctionnement est exactement l'inverse de celui de Newcomen : le refoulement se fait par la pression de vapeur alors que dans la machine Newcomen, le refoulement se fait par l'action de la pression atmosphérique suite au vide dans le cylindre. Dans la machine de Savery, le vide dans le cylindre aspire l'eau à élever.
35. AADS, R 1727, p. 21.
36. 1/12.
37. AADS, PS 1726.
38. GALLON Jean-Gaffin, *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences depuis son établissement jusqu'à présent, avec leur description*, tome 4 (1720-1726), Paris, Martin, Coignard, Guérin 1735 (en abrégé MINV)
39. AADS, R 1739, p. 18
40. AADS, R 1740, p. 119 et 23 mars 1740, p.121
41. HARS 1740, p.111.
42. AADS, R 1742, p. 496. Tous les détails sur la machine et de son installation sont dans le compte rendu d'examen final du 9 mars 1743.
43. Il s'agit de la colline du Panthéon actuel, les rues citées dans le projet sont les actuelles rue Thouin, du Cardinal Lemoine et des fossés Saint-Bernard.

44. Les dimensions de l'ouvrage laissent perplexes. L'altitude de la montagne Saint Geneviève étant de 61 mètres et celle du niveau moyen de la Seine à hauteur de l'île Saint-Louis de 28 mètres, le puisard doit s'enfoncer de plus de 33 mètres de profondeur pour donner une pente à la galerie. Cette galerie serait longue d'environ 1km.
45. AADS, R 9 janvier 1743, p. 8. Martin Folkes, *fellow of the Royal Society*, est membre associé de l'Académie royale des sciences depuis 1742.
46. AADS, R 23 janvier 1743, p.25. Desagliers, *fellow of the Royal Society*, est correspondant de l'académicien du Fay depuis 1735.
47. *Ibidem*.
48. AADS, R 6 février 1743 p. 91.
49. AADS, R 9 mars 1743, p.166.
50. *Ibidem* p. 162. 200 toises font environ 400m.
51. *Ibid*, p. 163.
52. AADS, R 15 janvier 1744, p. 11.
53. AADS, R 29 février 1744, p. 101
54. MINV tome 7, p. 227.
55. NAEGEL Paul, *La question du privilège...*, *op.cit.*, 2010.
56. PAYEN Jacques, *Capital et machines à vapeur au XVIII^e siècle - Les frères Périet et l'introduction en France de la machine à vapeur de Watt*, Paris, Mouton, 1969.
57. Soit 26 ans après le brevet de Watt, ce qui montre la coexistence des types de machines.
58. <https://hemingfieldcolliery.wordpress.com/2014/11/23/unveiling-and-activation-of-the-restored-newcomen-type-engine-at-elsecar/>. La restauration de la machine est en cours.
59. Version numérique disponible : <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/2491>
60. Première application de la machine à vapeur pour la navigation en Grande-Bretagne.
61. Nous recommandons vivement de lire cette introduction (voir le lien à la note 59). Notons également que de même que la turbine hydraulique a remplacé la roue hydraulique, la turbine à vapeur a remplacé la machine alternative de Watt et que plus de 90 % de l'électricité produite en France l'est par des alternateurs entraînés par des turbines à vapeur.
62. Tredgold Thomas, *Traité des machines à vapeur et de leur application*, *op. cit.*, p.vj.
63. *Ibidem*, p.ix.
64. Cf. le compte rendu d'examen du 11 mai 1726.

RÉSUMÉS

Au tout début du XVIII^e siècle les premières machines à vapeur utilisées efficacement pour pomper l'eau des mines, mises au point par Thomas Newcomen, commencent à être installées en Grande-Bretagne. En 1726 deux Anglais font examiner une telle machine, installée à Passy, et demandent l'attribution d'un privilège exclusif. Du premier examen à l'attribution finale de ce privilège, l'Académie royale des sciences collabore étroitement avec l'administration royale pour instruire cette demande. Plus avant dans la première moitié du siècle, plusieurs inventions sont présentées à l'Académie. A travers ces machines et les comptes rendus d'examen où se développe une pensée technique nouvelle, cet article se propose de présenter l'invention et le développement de la machine à vapeur comme un processus allant de Savery à Watt et non comme une invention soudaine et instantanée.

In the very beginning of the 18th century the first steam engines, efficiently used for pumping mine water, invented and patented by Thomas Newcomen, start to be currently installed and used in Great-Britain. In 1726, two Englishmen present such a machine installed in Passy, in Paris suburb, to the French Royal Academy of Sciences in Paris and ask for a “*privilège exclusif*”. From the beginning to the end of the process, the Academy works in close cooperation with the King’s administration. Later in the century, several inventions are examined. Throughout these machines and their examination, where a new way of technical thinking appears, this paper intends to present the invention and development of the steam engine as a process, from Savery to Watt, rather than a sudden and instantaneous invention.

INDEX

Mots-clés : histoire des techniques, XVIIIe siècle, France, Académie royale des sciences, machine à vapeur, Savery, Newcomen

Keywords : history of technology, 18th century, France, Royal Academy of sciences, steam engine, Savery, Newcomen

AUTEUR

BERNARD DELAUNAY

Bernard Delaunay, docteur en histoire, chercheur associé à l’Institut d’histoire moderne et contemporaine de l’Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne (IHMC/UMR 8066) travaille sur la pensée technique des ingénieurs et des savants entre XVIIe et XVIIIe siècle. Son ouvrage *Penser la technique à l’Académie royale des Sciences (1699-1750)* est actuellement sous presse.