

L'Eau à Lyon L'Eau à Lyon et la pompe de Cornouailles

■ Exposé de Jacques SALVETAT, Les « Pompes à feu » de Newcomen (1713),
Premières machines opérationnelles convertissant l'énergie thermique en énergie mécanique.
13 novembre 2008

La conversion de l'énergie solaire en énergie mécanique est connue dans la nature. La vapeur forme des nuages qui se condensent et redescendent sous forme d'eau par gravité. L'air se dilate sous le réchauffement du soleil et crée le vent. L'homme utilise alors ces phénomènes en créant des moulins à eau et à vent. Il les explique de façon différente suivant les époques. Prenons l'exemple de l'arc en ciel :

1°) Voyons ce qu'en dit la Bible.

Lisons dans Genèse 9, versets 8 à 17. Le déluge a pris fin. L'arche est échouée et Dieu parle à Noé.
« Dieu parla encore à Noé et à ses fils avec lui, en disant: Voici, j'établis mon alliance avec vous et à votre postérité après vous ...j'ai placé mon arc dans la nue, et il servira de signe d'alliance entre moi et la terre...L'arc sera dans la nue et je le regarderai comme souvenir de l'alliance perpétuelle entre Dieu et tous les êtres vivants, de toute chair qui est sur terre. »

2°) Voyons ce qu'en pensaient les anciens Grecs?

Pour eux l'arc-en-ciel était le signe du passage dans le ciel de la déesse **Iris** chargée de porter les messages que les Dieux de l'Olympe échangent entre eux. Ses 7 couleurs sont celles de l'écharpe dans laquelle elle se drapait.

3°) Pour les Latins elle ne portait que les messages de Junon, épouse de Jupiter mais se vêtait de la même écharpe multicolore.

Le mode de pensée qui conduit à ce genre d'explication n'a comme avantage que d'être une réponse ! Il ne prédispose aucunement à pousser plus loin la recherche des causes naturelles.

La science spéculative n'élimine pas automatiquement et radicalement toute créativité et/ou interventions divines, elle se contente de spéculer sur le comment.

La position de Démocrite (-460/-370) est radicale : Le Cosmos en son entier est constitué d'atomes baignant dans le vide, assemblés en matières ou êtres vivants. Ces entités matérielles se décomposent et se recomposent en permanence en fonction du hasard et de la nécessité.

Nous sommes là en présence d'un début du mode de pensée que nous disons scientifique mais purement spéculatif car Démocrite ne disposait évidemment pas d'un quelconque moyen de vérifier sa théorie.

Son disciple, Épicure (-341/-270) voit les choses sous un angle moins purement théorique. Voici ce qu'il dit le l'arc-en-ciel dans son ouvrage « De la Physique ».

« L'arc -en -ciel se produit lorsque le soleil projette sa lumière sur l'air chargé de particules aqueuses, ou par suite d'un mélange particulier de lumière et d'air, mélange qui donne naissance ou bien à toutes les couleurs à la fois, ou bien à chacune à part...En ce qui concerne l'aspect circulaire que présente l'arc-en-ciel, il s'explique par le fait que la distance entre ses différents points de notre œil est partout la même, ou bien parce que l'assemblage des **atomes** de l'air ou de ceux qui sont tombés de celui-ci dans les nuages forme un composé tel qu'il nous offre les images d'un cercle. »

Ératosthène détermine à très peu près le diamètre de la sphère terrestre. Les savants philosophes de l'antiquité inventeront et mettront au point l'horloge hydraulique dite clepsydre. À côté de cela ces messieurs se livrent à la physique amusante, par exemple avec l'engin dit éolipyle. Sa rotation étant due à l'effet réactif de la vapeur en fait l'ancêtre de la turbine à vapeur. Profondément élitistes, ils refusèrent par principe de s'intéresser aux possibilités d'application pratiques de leurs travaux.

Les sciences expérimentales

Les temps que l'on appelle le Moyen-âge s'étalent sur un millénaire. En matière de physique le Christianisme repose sur deux piliers. Pour ce qui est du Cosmos, les explications fondatrices fournies par la Torah et reprises par la Bible (**La Genèse**) rend les spéculations sur ce sujet périlleuses. Pour ce qu'il en est des phénomènes naturels ordinaires, on se réfère à **Aristote**. La recherche scientifique se raréfie à l'extrême mais les techniques se développent avec les divers types de moulins tant à vent qu'à eau et des navires à voile de plus en plus perfectionnés.

Il faudra attendre les Temps Modernes pour voir véritablement reflourir les spéculations scientifiques très majoritairement sur des voies expérimentales.

La pompe de Florence

En 1643, un grand personnage de Florence, ne tenant aucun compte des observations des puisatiers, exige l'installation d'une pompe aspirante sur un puits de plus de 10 m. Bien entendu elle refuse tout service. Conflit. Les puisatiers demandent à **Gallilée** d'arbitrer la dispute. Trop pris par ses recherches sur la chute des corps il passe l'affaire à son jeune disciple **Torricelli**. Il fait réaliser des tubes de verre d'environ 1m de long, les remplit de mercure, les renverse sur un bassin et constate qu'ils se vident en partie laissant toutefois subsister une colonne de hauteur égale chez tous. Qu'y a-t-il entre le fond des tubes et les sommets de leurs colonnes ? Evidemment du vide. On sait que s'il soupçonna l'existence de la pression atmosphérique, il ne prit pas position sur ce sujet. (Torricelli était tout un mathématicien. Il ne s'était intéressé au problème que sur demande de Gallilée et n'a que suggéré les expériences que son assistant avait exécuté. Torricelli mourut trois ans plus tard âgé de 39 ans.

Le **Père Mersenne**, ecclésiastique féru de science, joua un grand rôle tout au long du XVII^{ème} en tant que correspondant avec toutes les sommités scientifiques de son temps. De passage à Rome en 1646, il apprend de son correspondant local Ricci la nature et les résultats des expériences de Torricelli. De retour à Paris il en informe **Pascal**. Retenu à Paris par ses affaires Pascal demande à Perrier qui vit à Clermont-Ferrand de pratiquer l'expérience entre le pied et le sommet du Puy de Dôme. Chose faite le 20 septembre 1648. Confirmation éclatante de l'existence de la pression atmosphérique. Dans la foulée l'existence du vide est confirmée.

Les expériences sur le vide et ses effets deviennent à la mode. **Otto von Guericke** effectuera les plus spectaculaires à partir de 1650. Il fait fabriquer une pompe à vide tout à fait comparable à une pompe aspirante pour l'eau. Il fait réaliser par des chaudronniers des demi-sphères s'ajustant par leur plan équatorial. Pompant l'air que contient la sphère ainsi formée il apparaît qu'en dépit d'efforts considérables on ne peut séparer ses deux moitiés. Moins spectaculaire mais plus intéressante, une autre consista en 1654 à pendre par l'intermédiaire de poulies des poids à la tige d'un piston coulissant dans un cylindre vertical. L'intérieur du cylindre étant en communication avec l'atmosphère, les poids maintiennent le piston en position haute.

Une des sphères précédentes, ayant été vidée de son air, est reliée au cylindre par des ajutages étanches et un robinet. En ouvrant le robinet l'air contenu sous le piston est aspiré vers la sphère et la pression atmosphérique agissant sur l'extérieur du piston le pousse vers le bas. Les poids sont vivement soulevés.

Ainsi est démontrée spectaculairement la possibilité d'obtenir des effets moteurs à partir du vide.

Denis Papin (1647/1714) va constituer la charnière qui relie les expérimentateurs aux pionniers de la mise en pratique des effets du vide. En 1673 **Huygens** le prend comme assistant. Essais infructueux de génération de vide par la poudre à canon. Envoyé en Angleterre auprès de **Boyle**, lequel, entre autres travaux de physique s'intéresse au vide, Papin perfectionne la pompe de Guericke et invente son fameux

« Digesteur », ancêtre de notre cocotte-minute. Noter sa soupape de sûreté. Papin connaît les expériences de Guericke, alors vieilles de plus de 45 ans et pense, comme beaucoup d'autres, à exploiter la pression atmosphérique comme agent moteur.

La découverte fortuite de Boyle quant à la possibilité d'engendrer du vide dans un corps creux et clos par la condensation de la vapeur d'eau dont on l'a rempli lui revient à l'esprit. Il réalise son fameux cylindre moteur.

À partir des publications de Papin l'idée que l'on puisse utiliser la condensation de la vapeur pour obtenir un vide permettant d'utiliser l'effet moteur de la pression atmosphérique se répand en Europe par le biais des publications scientifiques.

Les intervenants Britanniques envisagent des profits directs consécutifs à la fabrication et vente d'engins opérationnels. **Savery**, de son état capitaine au long cours, dépose en 1698 un brevet concernant un modèle de « Fire pump » de son invention. Il visait le marché prometteur du **pompage des eaux** d'infiltration dans les mines principalement de houille. Futur énorme débouché dans une Angleterre qui commence à exploiter intensivement son charbon. Sa pompe est mixte, à la fois aspirante et foulante. De ce fait, on ne peut l'installer que 7 à 8 mètres au dessus du bassin à épuiser. Au-delà, on ne peut compter que sur ses capacités de refoulement. Cet impératif interdira son succès dans les mines car leur profondeur excède aisément cent mètres.

Encore au tout début du XIX^{ème} **James Watt** alimentera prudemment ses machines avec de la vapeur à 3,5 kg/cm² maximum. On les dira à basse pression pour cela.

Remarque: Si l'on considère que la désignation « machine à vapeur » repose *stricto sensu* sur l'utilisation de sa force vive, Savery est son inventeur puisque c'est cet effet qui est utilisé pour le refoulement.

Thomas Newcomen, chaudronnier, et **Jean Calley**, vitrier travaillent tous deux à Dartmouth, ce qui leur donne l'occasion d'y voir fonctionner une pompe Savery... et d'en mesurer les énormes inconvénients. Gens pratiques, ils pensent immédiatement à remplacer la génération de la vapeur dans le cylindre de Papin par l'emploi d'une chaudière séparée reprise de la machine de Savery. Ils consultent **Hooke** (1635/1703 Loi de Hooke) qui leur répond que l'idée est bonne mais que reste à provoquer rapidement le refroidissement du cylindre pour obtenir un effet de vide utilisable. Les deux compères fabriquent une machine prototype et obtiennent un refroidissement satisfaisant en organisant un ruissellement d'eau froide cadencé sur l'extérieur du cylindre. Les associés proposent leur engin à divers exploitants de mines et enfin, en 1712, placent la première dans une mine de Wolverhampton. Ceci 70 ans après les expériences de Torricelli.

La tare congénitale des machines de Newcomen réside dans les chauffages et refroidissements successifs de leur cylindre.

Dans un premier temps l'ouverture et la fermeture successive de ses valves d'alimentation furent confiées à un opérateur. Une légende attribue à un gamin du nom de Humphry Potter l'obtention de leur manœuvre automatique en les reliant judicieusement au balancier. En 1713, mise au point définitive de leur marche automatique par un système de cames réglables reliées au balancier.

Les « Fire pumps » de Newcomen furent perfectionnées par les mécaniciens **Beignton** et **Smeaton**, notamment quant à leur automatisme et leurs chaudières. Ainsi définitivement mises au point, il en fut installé de nombreuses qui fonctionnèrent jusqu'à ce que James Watt (Brevet de 1769, mis en pratique en 1775) les perfectionne en les dotant d'un condenseur éliminant les alternatives de chauffage puis de refroidissement du cylindre très préjudiciables au rendement thermique compris entre 1 et 2 %, donc très faible. Elles étaient néanmoins fort économiques comparativement au pompage par manège de chevaux. Retenons qu'à part l'engin dangereux et peu performant de Savery, celui de Newcomen et Calley fut le premier capable de convertir industriellement l'énergie thermique en énergie mécanique.

La forme achevée de ses machines sera obtenue après les travaux de **Cartwright** et **Arkwright** sous la forme des pompes dites de Cornouailles.

Mais avant cela, dès 1784 Watt dépose le brevet d'une machine à vapeur capable d'entraîner un axe en rotation régulière et donc apte à tous les entraînements de machines concevables.

ÉPILOGUE

Les machines de Newcomen, qui à partir de 1715 (Mort de Louis XIV) commencent à gesticuler sous le ciel britannique, sont les premières machines opérationnelles capables de convertir la chaleur en énergie mécanique. Comme nous l'avons vu, ces engins sont le fruit de recherches, d'essais, de trouvailles provenant de plusieurs pays de l'Europe Occidentale (Italie, France, Allemagne, Angleterre.) précédés, autorisés pour mieux dire, par les spéculations des matérialistes Grecs, couronnés par le pragmatisme utilitaire Britannique. Donc, en toutes ses parties une affaire Européenne. Si jusqu'aux confins du XV^{ème} dans d'autres régions du monde telle la Chine, les Indes, le Moyen Orient, de vrais savants avaient acquis de très remarquables connaissances et des techniciens avaient réalisé toutes sortes de machines fort utiles, le XVI^{ème} venu, c'est dans l'Europe Occidentale qu'allait d'une façon croissante accroître de plus en plus rapidement le capital des connaissances scientifiques et réalisations techniques humaines. Avec le XIX^{ème} cette croissance prit l'aspect d'une véritable explosion.

Encore balbutiant avec les engins de Newcomen, l'usage de la vapeur par Watt et ses innombrables successeurs allait changer la face du monde. En 1840, la traction vapeur est devenue courante sur les voies ferrées. Mais dès 1807 Fulton assurait un service régulier de navigation sur la rivière Hudson. Enfin en 1838 le vapeur Sirius parti de Cork en Irlande touche New York après 17 jours de mer. À partir de 1850 il n'est plus question de fabriquer les navires de guerre en bois, non plus que de les faire naviguer exclusivement à la voile. Leur coque sera de fer, ils disposeront tous d'une machine à vapeur. Des mâts et une voilure auxiliaire seront maintenus par précaution jusqu'à ce que la mise en tourelle des canons contraigne à leur abandon. Les dits canons forgés en acier et rayés envoient avec précision à des kilomètres des obus explosifs. Les nations qui en possèdent, notamment la Grande Bretagne et notre pays, peuvent les envoyer partout semer la terreur pourvu qu'ils puissent y naviguer. (En 1853 sous la menace des canons de l'escadre à vapeur du Commodore Perry de l'U.S.Navy, le Japon est obligé d'ouvrir ses ports au commerce occidental.)

Derrière eux suivent les steamers qui apportent d'Europe tous les produits de son industrie et y ramènent les matières premières non disponibles sur le vieux continent. Les temps du colonialisme généralisé, direct ou indirect, commencent.

Derrière tout cela, la machine à vapeur, bientôt renforcée par la turbine et les moteurs à combustion interne. Toutes inventions Européennes, opérant la conversion de l'énergie thermique en énergie mécanique à la suite de la première, celle de Newcomen. Tout symbole, celui de l'humanité entrant sous la férule des découvertes européennes dans une ère nouvelle.