

CHAPITRE X.

1784. Brevet du cylindre « double acting » (Fig.13 et 13 bis)

Son système de distribution est mis au point en 1786. Entente avec Wasborough permettant enfin l'adoption de la conversion du mouvement alternatif en rotatif par le système bielle/manivelle.

La vapeur vive est admise, puis après détente dirigée vers le condenseur successivement dans chaque chambre du cylindre par des orifices ménagés dans chacun de ses fonds. Elle n'y est admise que pendant une fraction fixe de chaque course du piston ce qui lui permet de se détendre jusqu'à ce qu'il ait terminé sa course. Simultanément la chambre où elle avait été admise précédemment et où elle s'est détendue est reliée au condenseur. De ce fait, tout au long de ses allées et venues successives, le piston est toujours simultanément poussé par la vapeur et aspiré par la dépression du condenseur, dans un sens puis dans l'autre. Initialement Watt conserva la distribution par soupapes mise au point pour les pompes, mais il la remplacera bien vite par le tiroir dit « en tuile ».

La machine à vapeur proprement dite est inventée. Watt et bien d'autres après lui vont la perfectionner. Une évolution dont le point culminant sera atteint aux débuts du XX^{ème} siècle.

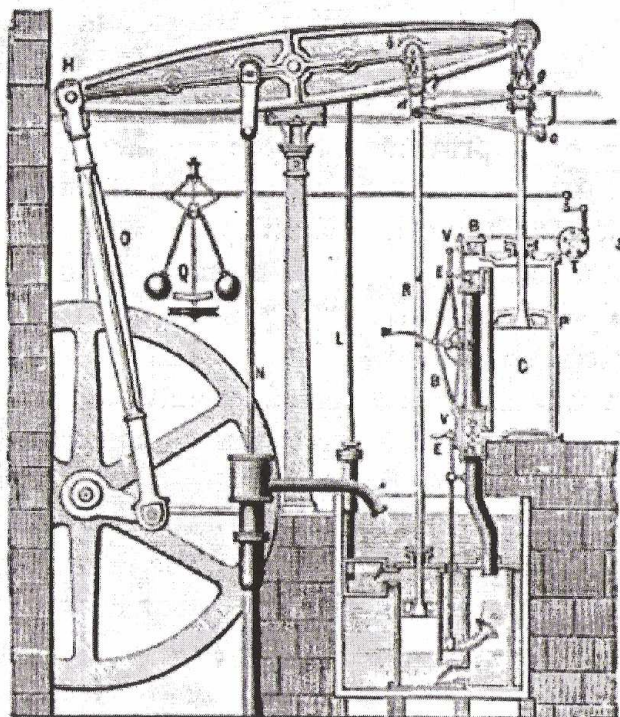


Fig. 31. — Boulton & Watt's Double-Acting Engine, 1784.

fig.13

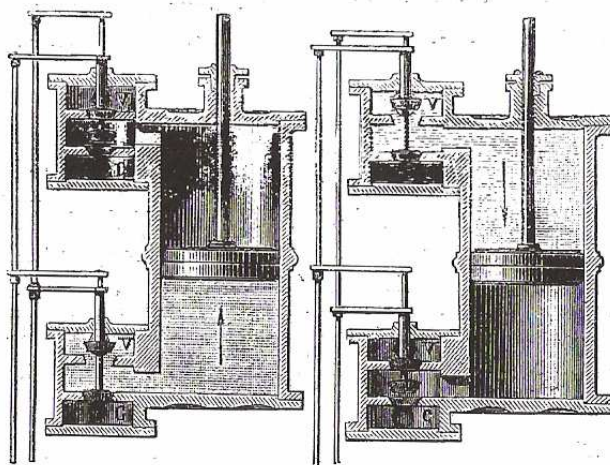


Fig. 43. — Soupapes de distribution de Watt.

fig.13 bis

CHAPITRE XI.

Le parallélogramme de Watt.

L'adoption du cylindre à double effet oblige Watt à mettre au point une liaison positive entre la tige du piston et le balancier (La crémaillère est essayée sans succès). D'où brevet sur le fameux parallélogramme de Watt.

Dans les machines de Newcomen, la liaison des tiges du piston de la pompe et du cylindre moteur au balancier par des chaînes laissa toujours à désirer. Non seulement la course des pistons n'est mécaniquement limitée que par des arrivées en butée, mais leur liaison n'est pas positive. Si pour une raison quelconque un des pistons se déplace (Ou ne se déplace pas correctement), les chaînes peuvent se détendre et leur remise en tension être extrêmement brutale.

En 1786, après bien des réflexions sur ce grave défaut et bien des essais il prend un brevet pour son fameux système de liaison des tiges de piston aux balanciers dit Parallélogramme de Watt. (Il se présente comme un ensemble de biellettes et d'articulations qui reprennent les inévitables poussées obliques des bielles de liaison qu'il installe entre la tige des pistons et le balancier. Sans cette précaution les tiges des pistons seraient immédiatement cintrées et leur guidage à la sortie des cylindres mis hors d'usage. (Fig. 14 et 15)

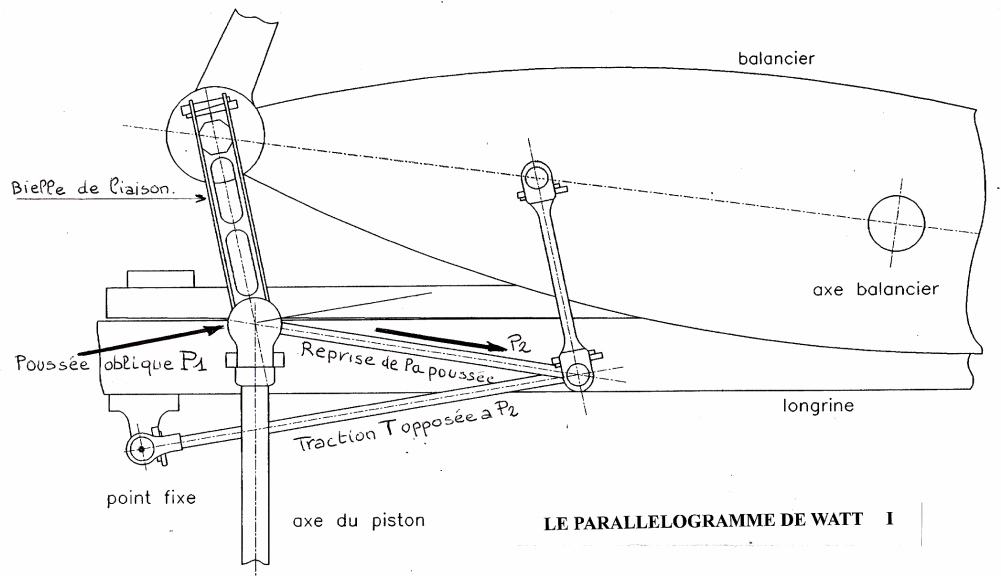
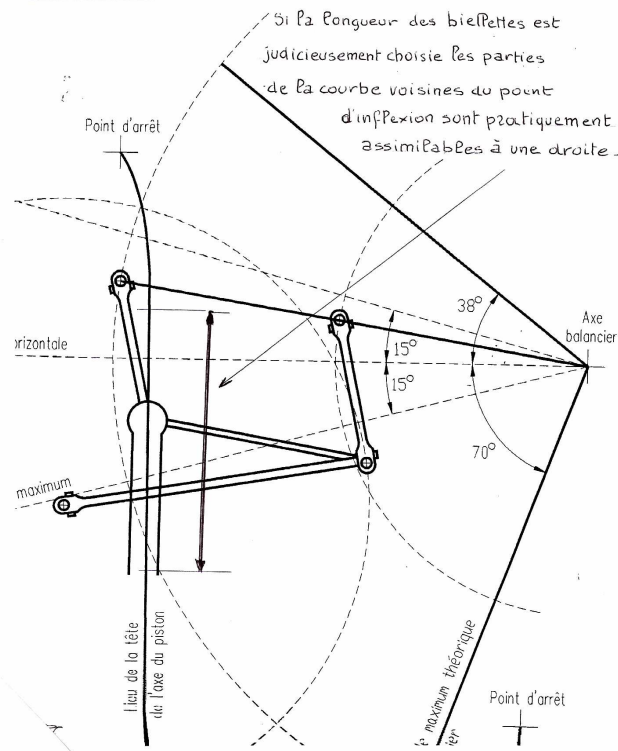


fig. 14



LE PARALLELOGRAMME DE WATT II

fig. 15

CHAPITRE XII.

1788. Brevet du « flying governor » ou régulateur à boules. (Fig.16)

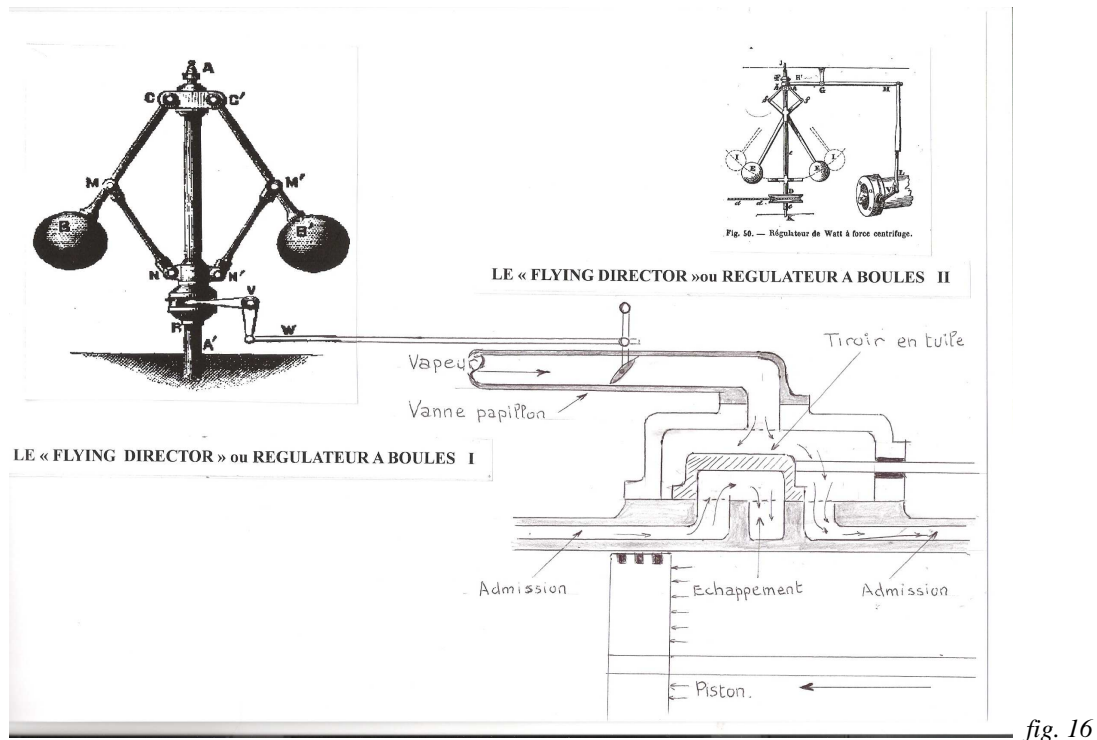


fig. 16

Par nature stable, le pompage peut se passer de tout système de régulation.

En revanche, à part cas particuliers, les emplois de la machine à vapeur rotative sont instables. A taux d'admission fixe, sa vitesse de rotation s'adapte naturellement aux variations de charge. Elle ralentit si celle-ci augmente et peut même aller jusqu'au calage. Elle accélère si elle diminue, et peut même s'emballer si la charge devient très faible voire nulle.

Si ces variations de charge sont par nature lentes et qu'un conducteur est toujours présent à côté de la machine, voire sur elle, (Cas de la locomotive), il peut intervenir pour corriger son allure en fonction des besoins ou possibilités.

En revanche si ces variations sont très rapides et même brutales (Cas de l'entraînement des génératrices électriques), même la présence d'un mécanicien ne permet pas une correction de l'admission suffisamment rapide.

Par ailleurs, nombre de machines susceptibles d'être animées par une machine à vapeur ne peuvent s'accommoder de variations de vitesses importantes, car la qualité de leur travail est liée à la vitesse (Précisément le cas des machines textiles).

D'où nécessité impérieuse d'une régulation de vitesse.

Généralités sur le problème général de la régulation :

Tout système de régulation consiste:

1°) - A prélever sur le phénomène que l'on veut réguler un signal significatif de son évolution. (Ici, la vitesse de rotation.)

2°) - A l'utiliser pour intervenir sur le paramètre qui le régit (Ici, le taux d'admission de vapeur.) en telle sorte que le dit phénomène soit maintenu entre deux limites convenues comme acceptables.

3°) - L'exploitation du signal choisi sera d'autant plus facile que ses variations propres seront multipliées par rapport à celles du phénomène que l'on veut réguler. (Phénomène dit du gain.)

Dans le cas du régulateur de Watt, la force qui tend à soulever les boules étant centrifuge varie à ce titre comme le carré de la vitesse de rotation de la machine. (En fait, même un peu plus puisque leur soulèvement augmente leur rayon de giration et donc accroît l'effet centrifuge, et donc le gain.)

Fonctionnement du « Fly-ball governor » (Fig.16 bis)

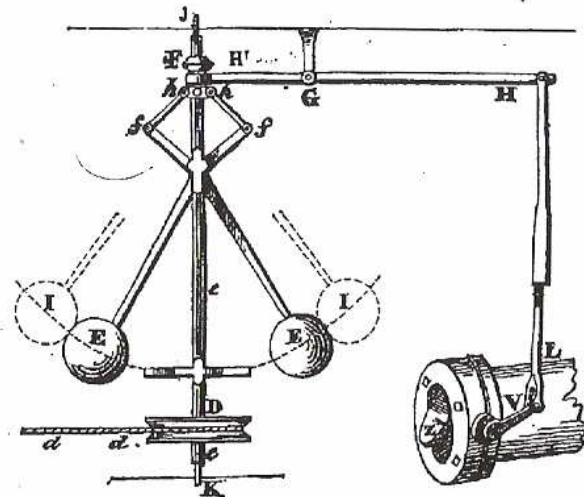


Fig. 50. — Régulateur de Watt à force centrifuge.

fig. 16 bis

A) - Données de base.

Soit une machine à vapeur définie comme délivrant contractuellement sa puissance nominale P à une vitesse N . A cette allure, les boules du régulateur et le manchon R lié à elles occupent une position nominale. La fourche du levier coudé V est reliée à la vanne papillon D par la tige W . La dite vanne est placée dans la canalisation qui alimente la machine en vapeur.

Par construction son calage au voisinage de 75% de la pleine admission permet le respect des caractéristiques contractuelles P et N .

Ce système très simple et donc très économique et fiable a pour inconvénient le laminage systématique de la vapeur

La variation du taux d'admission lui est préférable mais Watt ne s'aventurera jamais dans cette voie.

B) - Etude des réactions du système aux variations de charge de la machine.

Cas n° 1 : La charge augmente de 10%.

La vitesse de rotation tend à diminuer. La force centrifuge sur les boules aussi. Elles tendent donc à se rapprocher de leur axe de rotation, le manchon R coulisse vers le bas.

Le levier à fourche coudé pivote et agit sur la tige W dans le sens « plus », en telle sorte que la vanne papillon pivote pour laisser passer plus de vapeur. Grâce à cette réaction la vitesse de la machine qui aurait naturellement perdu mettons 10% n'en perdra que 2.

(Ces chiffres sont indicatifs. Dans la réalité ils dépendent des capacités et réglages de chaque machine et sont donc contractuels.)

Cas n°2 : La charge de la machine diminue de 10%

La vitesse de rotation tend à augmenter. Les boules s'écartent, le manchon R monte et la fourche agit sur la tige W dans le sens « moins ». Le papillon pivote et réduit l'arrivée de vapeur. Sans cette réaction, la vitesse aurait augmenté de mettons 10%, mais grâce à elle, elle n'augmentera que de mettons 2%.

Cas n° 3 : Situations extrêmes

1°)- Enorme surcharge.

Lorsque l'abaissement des boules aura provoqué la pleine admission, la vitesse de la machine se stabilisera où elle pourra. On peut même envisager le calage. Les capacités de correction n'étant pas infinies seront donc contractuelles.

2°)- Disparition de la charge.

Les boules vont s'écarter au maximum, l'arrivée de vapeur sera étranglée au maximum. Selon les réglages, la machine peut continuer à tourner sans toutefois dépasser une vitesse N maxi acceptable comme non destructrice, au moins pendant le temps requis pour une intervention humaine correctrice.

C) - Le problème du rendement.

Dans les machines de Watt, la régulation de vitesse par vanne papillon agissant par laminage sur l'admission nuit à leur rendement général. Les spécialistes de la vapeur chercheront et trouveront toutes sortes de solutions jouant judicieusement sur la durée de l'admission. Toutes inévitablement bien plus complexes et donc coûteuses que le papillon de Watt et donc ne se justifiant que sur des machines de plus d'environ 15 cv. Et même plus encore en fonction du taux de rusticité recherché. **CORLISS** mettra au point le plus perfectionné au début du XX^{ème} s. Les locomotives ne seront jamais dotées de régulateurs automatiques mais toutes très vite munies de systèmes de distribution jouant sur la durée d'admission. Astreintes à de grandes variations de charge et d'allure un réglage de l'admission leur est indispensable si l'on ne veut pas affecter exagérément leur rendement thermique. Nous faisons état ici par exemple du système de biellettes et coulisses de l'ingénieur belge **Egilde WALSCHAËRTS** qui s'agitait d'une façon incompréhensible devant les cylindres de nos locos pour en commander leurs tiroirs.

CHAPITRE XIII.

Les pompes de Watt.

Elles ont comme point commun leur motorisation par le cylindre à action mixte dit « single acting » associé, évidemment, au condenseur à injection d'eau.

Les plus anciennes conservent le balancier en bois, parfois renforcé par des tirants en fer reliant ses extrémités à un poinçon dressé en son milieu et les liaisons par chaînes.

Après 1786, date du brevet du parallélogramme, le balancier pourra rester en bois mais les liaisons par chaînes seront abandonnées en conséquence.

Exceptionnellement, la liaison côté pompe se fera directement par bielle lorsque le corps de pompe sera éloigné de plusieurs dizaines de mètres du balancier (Cas des pompes d'exhaure) et rendra négligeable son inclinaison. (Fig.17)

Part 4: The Steam Engine Gains Popularity

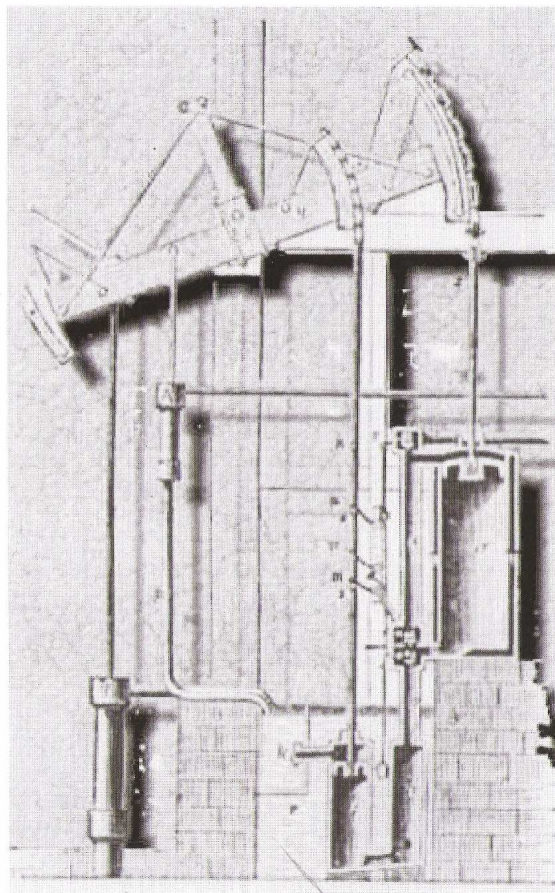


fig. 17

CHAPITRE XIV.

Les « Cornish pumps » ou pompes de Cornouailles.

Elles sont l'oeuvre des ingénieurs **TREVITHICK** et **CARTWRIGHT**. Ainsi nommée car mises au point pour les mines de Cornouailles après la fin de validité des brevets de Watt en 1800. (Fig. 18)

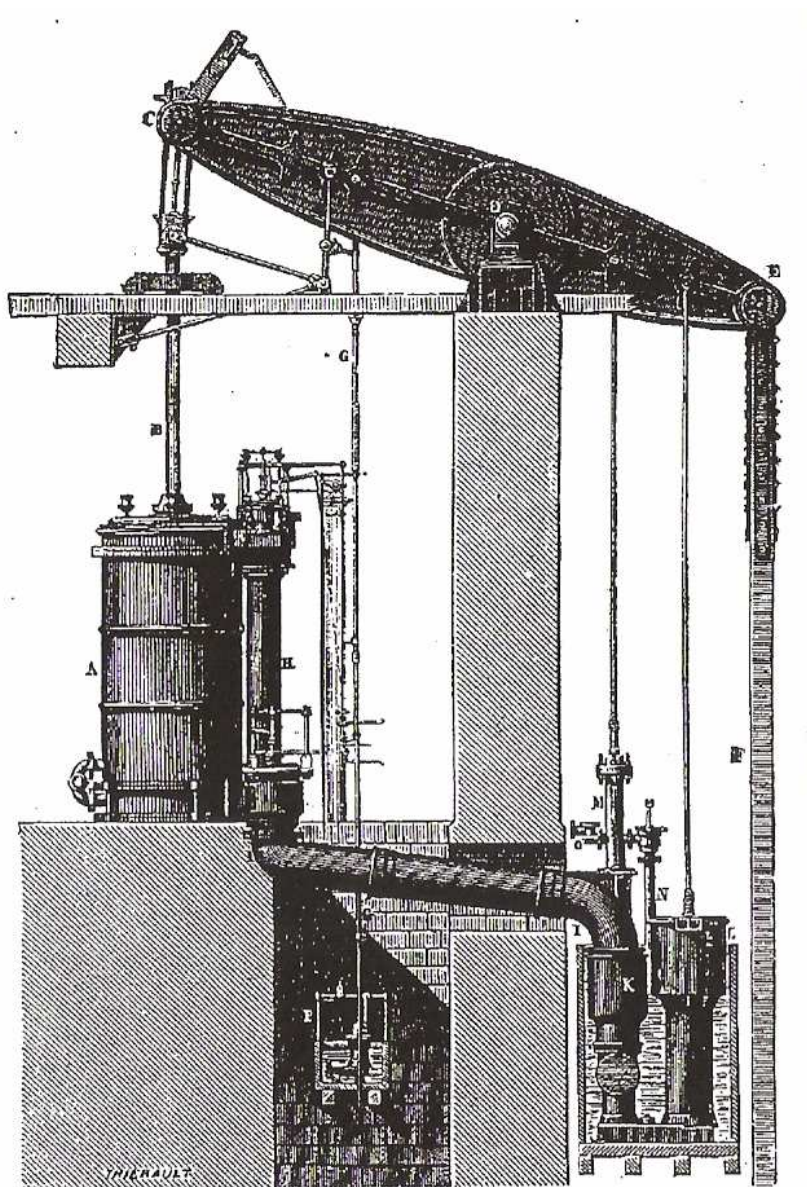


Fig. 56. — Machine du Cornouailles.

fig. 18

Elles reprennent des machines de Watt le cylindre « single acting », ainsi que le condenseur et les liaisons par parallélogramme tombées dans le domaine public.

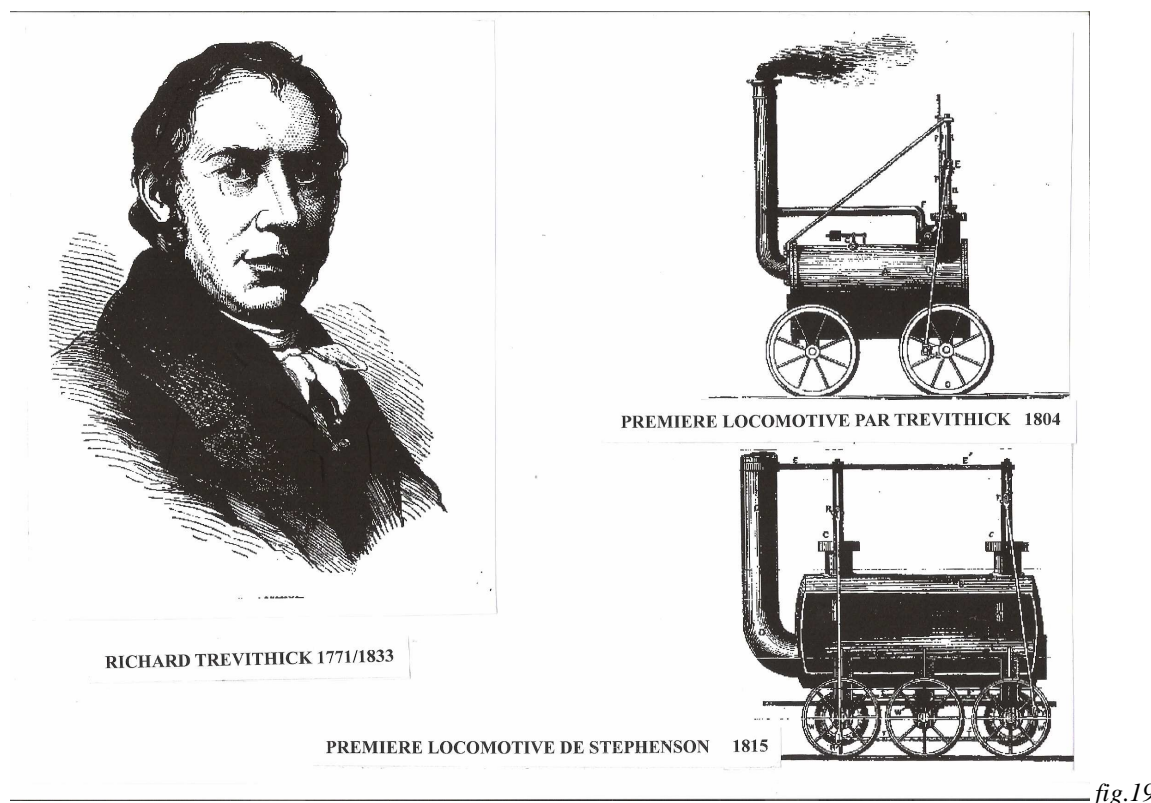
Les progrès de la fonderie permettent le remplacement du bois du balancier par de la fonte. En fait, elles ne correspondent majoritairement qu'à des perfectionnements affectant l'affinement du pilotage vapeur vive + dépression du cylindre moteur.

Ceci par l'heureuse introduction du dispositif retardateur dit « cataracte » sur lequel nous allons revenir.

Remarques sur Richard TREVITHICK. 1771/1833.

Né d'un père chef porion (chef d'équipe de mineurs) en Cornouailles.

Touche à tout génial, surtout connu comme créateur en 1804 de la première locomotive à vapeur
« Catch me who can » (Fig. 19)



CHAPITRE XV.

Considérations générales sur le fonctionnement des pompes Newcomen, Watt et de Cornouailles.

Toutes ces machines relèvent du système dit « A piston libre ».

Les documents d'époque faisant état des problèmes de fonctionnement automatique des « Fire pumps » de Newcomen et de Watt, moindrement de Cornouailles révèlent qu'ils étaient nombreux. Ils relevaient de deux ordres :

Le premier relatif à leur architecture mécanique proprement dite. (Ceci particulièrement lorsque les pistons vapeur et pompe étaient reliés au balancier par des chaînes.)

Les seconds aux approximations inévitables de leur pilotage automatique.

Ces deux causes sont liées au fait que toutes ces machines relèvent du système dit « à piston libre » .

En clair, cela signifie que les points morts des courses de leurs pistons ne sont pas géométriquement strictement définis comme cela est le cas dans les machines à vapeur rotatives.

En fonction du remplissage de la pompe, des éventuelles variations des pertes de charge des canalisations alimentées, des frottements, des fluctuations de la pression de la vapeur et de la cadence de marche choisie, les points effectifs d'inversion des mouvements des pistons, s'étalent dans une zone voisine des fonds des cylindres.

Or il importe au plus haut point que particulièrement le piston vapeur ne vienne jamais buter sur les dits fonds.

Compte tenu de l'énorme masse que représente la somme du piston de la pompe, de son contrepoids, du balancier et du piston-vapeur, de sa multiplication par le carré d'une vitesse même relativement faible, l'ensemble est chargé d'une énergie cinétique considérable. Sa dissipation brutale par heurt du piston sur les fonds du cylindre induirait des désordres importants dans la machine.

Il faut donc les éviter à tout prix.

CHAPITRE XVI.

Digression sur les machines dites « A piston attelé ».

Par l'intermédiaire d'une bielle, la tige de leur piston est reliée à une manivelle (Ou un vilebrequin), calé sur l'axe d'un volant. De ce fait, la course de leur piston est constante et rigoureusement définie. (Fig. 20)

Géométrie du système :

La bielle B établit une liaison positive entre le maneton de la manivelle M du vilebrequin V et le piston par l'intermédiaire de sa tige T.

La manivelle étant calée sur l'axe du volant lorsque ce dernier tourne, son maneton décrit donc un cercle. Il résulte de cela que la course du piston est géométriquement définie. Elle est limitée à ses extrémités par les points-morts PMAV et PMAR.

Bien entendu, le constructeur de la machine ménage entre les deux positions extrêmes du piston et les deux fonds du cylindre un espace permettant de tenir compte des dilatations et de la possibilité d'accumulation d'eau de condensation. Il est avantageux que cet espace soit le plus petit possible, car à chaque détente de vapeur le travail de celle qu'il contient est perdu. Le choix de ses dimensions relève de l'expérience.

De toute façon, le constructeur est sûr qu'aux dilatations près, la course du piston restera strictement définie. Le piston est dit "attelé".

Il n'en est pas ainsi dans les machines à piston libre.

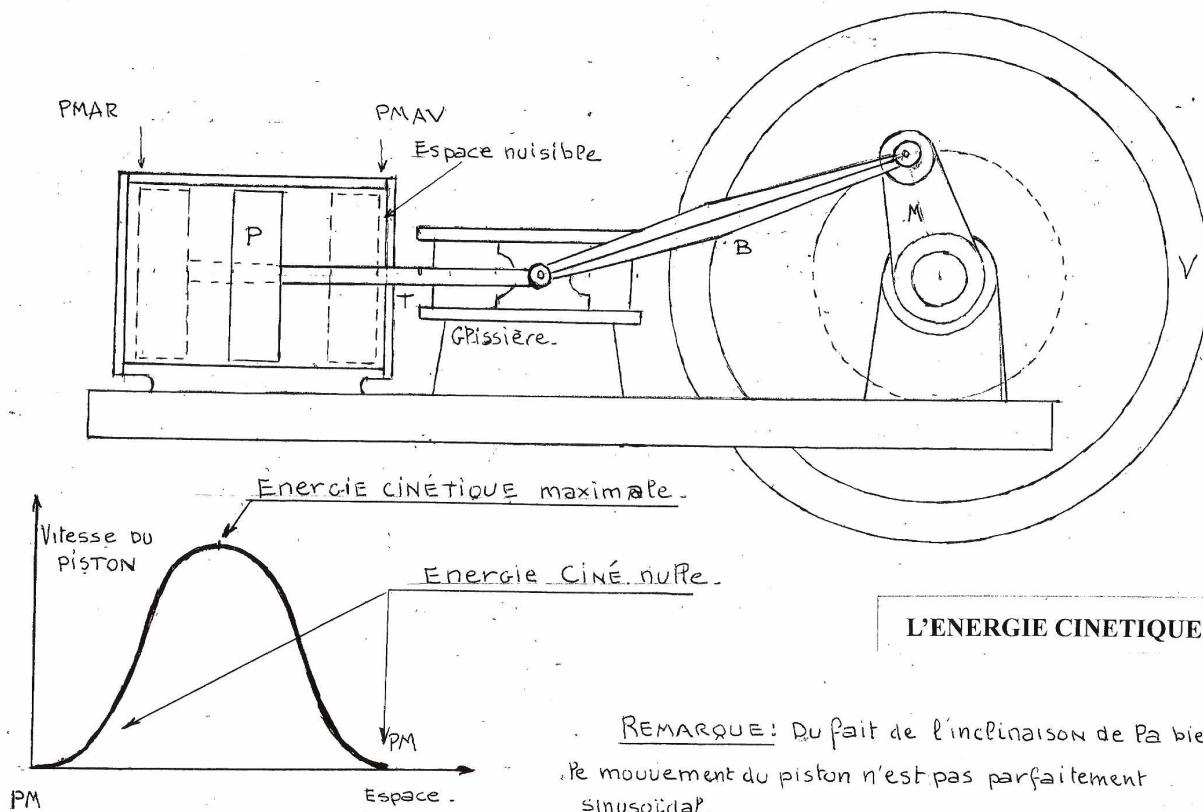


fig. 20

CHAPITRE XVII.

1) - Les échanges d'énergie cinétique dans les machines à piston.

Dans toutes machines à piston, le dit organe se déplace entre deux points-morts.

Lorsqu'il quitte l'un d'eux il accélère, acquiert une vitesse maximale puis ralentit jusqu'à s'arrêter à l'autre. Et ainsi de suite.

Les lois de la dynamique nous enseignent que tout corps de masse M doué d'une vitesse V est en quelque sorte « chargé » d'une énergie cinétique E proportionnelle au produit de la moitié de cette masse par le carré de sa vitesse V .

D'où la formule $E = \frac{1}{2} M.V^2$.

Pour mettre en mouvement le dit corps, il faut exercer sur lui une force F telle qu'il puisse atteindre la vitesse V . On conçoit que cette force devra être d'autant plus importante que le temps au bout duquel il est souhaité que cette vitesse soit acquise est plus court.

Par ailleurs, la mise à l'arrêt de tout corps en mouvement réclame symétriquement que l'énergie cinétique dont il est par définition chargé lui soit retirée.

Pour cela deux solutions: Soit par un échange d'énergie avec un autre corps, soit par destruction de son énergie par exemple dans un frein.

Remarque : Dans toutes les machines à piston, ce dernier organe étant constamment accéléré puis décéléralé, il s'établit en elles des échanges cycliques d'énergie cinétique. Dans les machines rapides à piston unique, la vitesse de déplacement de cet organe jouant au carré, les calculs montrent que très vite les efforts d'accéléralation et de décéléralation associés à leur mouvement deviennent très vite supérieurs à l'effort moteur qu'ils exercent.

De ce fait, ils interviennent considérablement dans le dimensionnement des organes des machines et poussent à utiliser un piston le plus léger possible. Les échanges d'énergie cinétique leur correspondant, étant internes à la machine, ne sont pas perceptibles extérieurement.

2) - Dans les machines à piston attelé, c'est le volant qui assure ces échanges. (Toujours fig. 20)

Si pour simplifier nous considérons que la vitesse de rotation du volant est constante, en négligeant l'inclinaison de la bielle, la vitesse de déplacement du piston est sinusoïdale.

A chacun de ses points-morts, le piston (Ainsi que les organes associés tels sa tige, le sabot de glissière et la bielle), n'ont donc ni vitesse ni énergie cinétique.

Au voisinage de sa mi-course, l'ensemble a acquis sa vitesse maximale et donc une énergie cinétique maximale. Mais passé ce point, il ralentit jusqu'au point mort d'arrivée.

Par définition, à ce moment, il a perdu l'énergie cinétique maximale dont il était chargé au milieu de la course.

Où est-elle passée ?

Inévitablement dans le volant.

Du fait de sa masse considérable, cette acquisition ne provoquera qu'une faible augmentation de sa vitesse de rotation. Mais déjà le piston et les organes associés repartent en sens inverse. Pour ce faire ils ont besoin de recevoir de l'énergie. C'est le volant qui par un léger ralentissement va la leur fournir.

Ces échanges permanents, joints au fait que sur les machines mono-cylindriques l'effet moteur est très pulsatoire, obligent donc le volant à tourner à une vitesse elle aussi pulsatoire.

Des calculs intégrant la poussée de la vapeur sur le piston, sa masse ainsi que celle de sa tige, du sabot de la glissière et d'une partie de sa bielle, permettent de calculer l'inertie souhaitable du volant pour un coefficient d'irrégularité à choisir selon les besoins.

Souvenirs pittoresques :

Cette pulsation inévitable était aisément perceptible sur les locomobiles qui autrefois entraînaient les batteuses. Lorsqu'elles tournaient à très faible charge, l'effet moteur étant faible, l'effet inertiel devenait prépondérant et la vitesse de la machine très pulsatoire. On voyait alors nettement les boules du régulateur battre en synchronisme avec les coups de piston.

3) - Comment se résout ce problème dans les machines à piston libre.

C'est-à-dire des machines Newcomen, Watt, Cornouailles et autres.

Dans ce genre de machine, le fait que le piston soit libre, c'est-à-dire non astreint mécaniquement à des mouvements alternatifs géométriquement stables, ne change rien à l'affaire. Comme dans celles à piston attelé, il faut l'accélérer ainsi que tous les organes liés à lui et surtout les ralentir pour qu'il puisse s'arrêter avant de venir heurter un des fonds du cylindre.

Les organes mobiles de ces machines ne sont astreints ni à une course ni à une loi de vitesse rigoureusement définies. Leur piston vapeur se déplace bien entre deux points-morts mais leur position est susceptible de grandes variations par rapport aux fonds du cylindre en fonction de la charge et de la pression de la vapeur. De toutes façons, le mouvement alternatif des organes de la pompe implique des échanges d'énergie cinétique. Dépourvues de volant régulateur, il ne faut pas compter sur lui pour assurer ni la régularité des courses ni les dits échanges. On pourrait songer à installer de puissants ressorts dans les fonds de cylindre qui, par absorptions puis restitutions, réaliseraient ces échanges en souplesse. Il a été trouvé bien mieux par l'organisation de matelas de vapeur chaque fois que le piston s'approche d'un des fonds du cylindre.

C'est la compression du dit matelas qui va provoquer son ralentissement puis son arrêt. C'est sa détente qui participera à son accélération dans le mouvement inverse.

Dans les machines à piston libre, la constitution de ces matelas gazeux élastiques est obtenue par le système de distribution de la vapeur dans le cylindre.

Cette conclusion réclame un examen général des problèmes de distribution dans les machines à vapeur.

CHAPITRE XVIII.

1) - Sur la distribution de la vapeur dans les machines à piston attelé.

Etant dotées d'un volant qui tourne régulièrement, il est aisé de prélever sur son axe un mouvement que l'on rendra pulsatoire par l'intermédiaire d'un excentrique.

On s'en servira pour piloter des soupapes ou des tiroirs qui feront entrer puis sortir judicieusement la vapeur dans chaque chambre du cylindre. Des systèmes plus ou moins perfectionnés peuvent être interposés pour faire varier la durée de l'admission et d'échappement, dans le but d'adapter au mieux (rendement thermique) la machine au service qu'on lui demande. Le procédé le plus usuel employé sur les locomotives à vapeur est connu sous le nom de « **Coulisse de Walchaërts** » du nom de son inventeur belge. Sur les machines fixes ce fut le **système Corliss** à côté d'innombrables autres, le plus ancien étant le **Farcot**.

Jamais il n'a été demandé à l'un de ces systèmes d'être capable d'organiser des matelas de vapeur amortisseurs en fin de course des pistons, car cela était inutile du fait de l'attelage du ou des pistons. Au contraire, on leur demandait de ne pas faire obstacle à la réduction optimale de l'espace nuisible subsistant inévitablement entre le piston à ses points morts et les fonds du cylindre. (Fig.21)

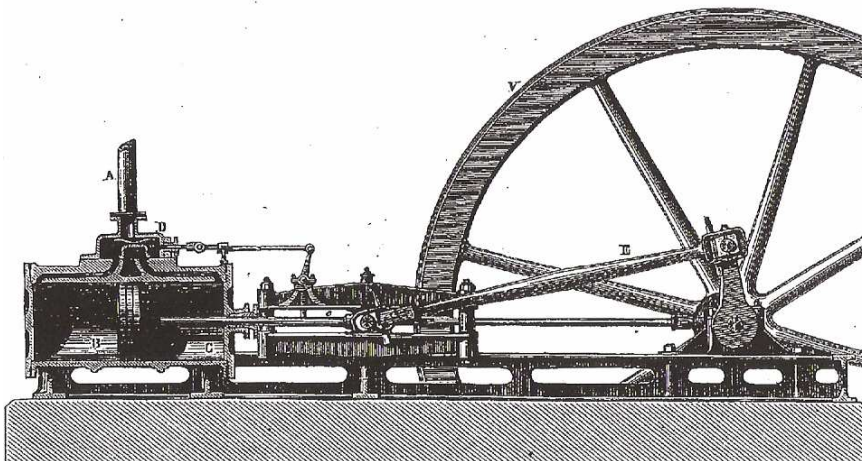


fig. 21

Remarque :

Ces espaces sont dits "nuisibles" car il n'est pas possible de tirer du travail de la vapeur, dont il faut inévitablement les remplir à chaque coup de piston. Ils sont inévitablement importants dans les distributions avec tiroir en tuile. D'innombrables systèmes à soupapes et valves ont visé à la réduire au maximum.

2) - Sur la distribution de la vapeur dans les machines à piston libre.

Faute de volant, lorsque leur piston est parvenu à l'un de ses points-morts et donc cesse de se mouvoir, tous les autres organes de la machine sont eux aussi sans mouvement. A la différence des machines rotatives, il est donc impossible d'en prélever un sur eux pour commander les soupapes qui organisent successivement l'alimentation et la purge du cylindre.

En conséquence, lorsque le piston s'approche d'un de ses points-morts, il y a obligation absolue de prélever sur le mouvement tendant vers sa fin la commande des soupapes qui vont provoquer successivement son arrêt élastique puis le mouvement inverse suivant. Cette commande prélevée à partir du balancier est donc liée à une position définie du piston dans le cylindre. Mais les points terminaux effectifs de sa course (Points-morts) n'étant pas définis positivement non plus que sa vitesse, et donc a fortiori son énergie cinétique, son arrêt effectif dépendant de la pression de la vapeur, de la charge et des frottements, les dits points se situeront toujours dans une zone et non pas en un lieu fixe.

Concrètement c'est par un jeu de cames fixées sur des poutres ou tiges métalliques reliées au balancier qu'il est agi sur les soupapes par de renvois de leviers appropriés.

Sous ce rapport Watt reprit les solutions mises au point par Beignton et Smeaton entre 1730 et 1740. (fig. 1)

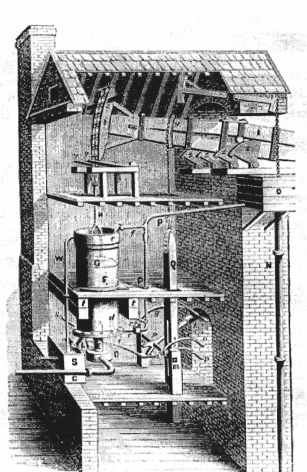


Fig. 21.—Smeaton's Newcomen Engine.

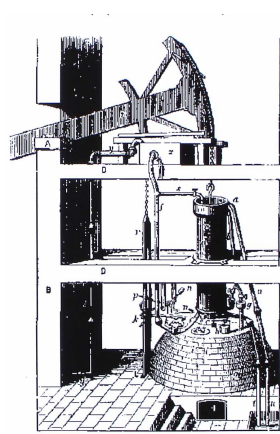


Fig. 20. Beighton's Valve-Gear, A. D. 1718.

Compte tenu des efforts qu'elles doivent exercer sur les leviers, les cames devaient être solidement fixées sur leur support et n'étaient donc réglables qu'à l'arrêt.

Il n'était donc pas question d'agir sur elles pour conduire la machine en finesse.

On était donc obligé de les régler pour les conditions de marche qui, faute de précaution, auraient conduit au heurt destructeur du piston sur un des fonds du cylindre.

La pire de ces conditions correspond à la conjonction d'une faible charge de la pompe (entrée d'air) et d'une pression de vapeur trop forte. (Le manomètre date de 1849)

Ce réglage vise à maintenir à la fin de chaque course du piston un espace suffisant pour que de la vapeur résiduelle (Point-mort bas) ou la vapeur vive (Point-mort haut) formant matelas élastique, absorbent puis restituent l'énergie cinétique des pièces en mouvement. Ce réglage étant établi pour les conditions de fonctionnement les plus défavorables, est donc défavorable lorsqu'elles sont optimales car à ce moment il organise des espaces nuisibles de sécurité inutilement grands.

Ces espaces nuisibles inutilement grands affectent évidemment le rendement thermique de l'engin, c'est-à-dire sa consommation de charbon.

Par ailleurs le conducteur de la machine ne dispose d'aucun autre moyen pour en régler la vitesse que d'étrangler l'arrivée de vapeur. Ce procédé agissant sur la réduction du rendement.

3)- Trevithick et Cartwright introduisent la « cataracte » dans les pompes de Watt.

Le pilotage automatique par les seules cames fixes conduit inexorablement à un rendement systématiquement médiocre. Le procédé ne permet aucune correction des effets de la variabilité de la charge et surtout, de la pression de la vapeur. Le pilotage manuel est possible, mais ne peut durer longtemps du fait de la gymnastique à laquelle il oblige le mécanicien.

Du fait même des précautions de réglage, les cames agissent systématiquement trop tôt lorsque tout va bien. La « cataracte » a été inventée pour permettre aisément la correction manuelle des effets de la variation des paramètres cités.

Concrètement le procédé permet d'obtenir un retard réglable entre l'émission mécanique inflexible des ordres de commande des soupapes, inévitablement envoyé par les cames avant l'arrivée au point mort, et leur exécution effective.

Schématiquement, à chaque coup de piston une quantité d'eau réglable aisément par le conducteur de la machine remplit un récipient qui va se vider plus ou moins vite en conséquence. Ce temps de vidage permet d'obtenir un avantageux retard entre le signal mécanique et son exécution.

La commande des soupapes est donc indirectement commandée très astucieusement par un système très complexe qui fait honneur à l'inventivité de ses protagonistes.

Les signaux d'intervention des cames sont donc réglés systématiquement « courts » et c'est le mécanicien qui en fonction de son expérience diffère judicieusement leur exécution effective. Il peut ainsi obtenir le meilleur rendement possible indépendamment de la charge et de la pression de la vapeur.

Il peut aussi régler l'allure de la machine.

4) - Sécurité ultime: Les butoirs de fin de course.

Le procédé d'optimisation de la marche par le système « cataracte » reste pointu et donc il faut interdire positivement la venue en butée des pistons sur les fonds de cylindre. En conséquence, Trevithick jugea utile de doter le balancier de deux traverses limitant son angle d'oscillation et donc interdisant mécaniquement les chocs dans le cylindre.

En cas de mauvais réglage ou d'incident de marche, ces traverses viennent porter sur divers montages élastiques dont un modèle très perfectionné est visible sur la pompe de Lyon. (Fig.22)

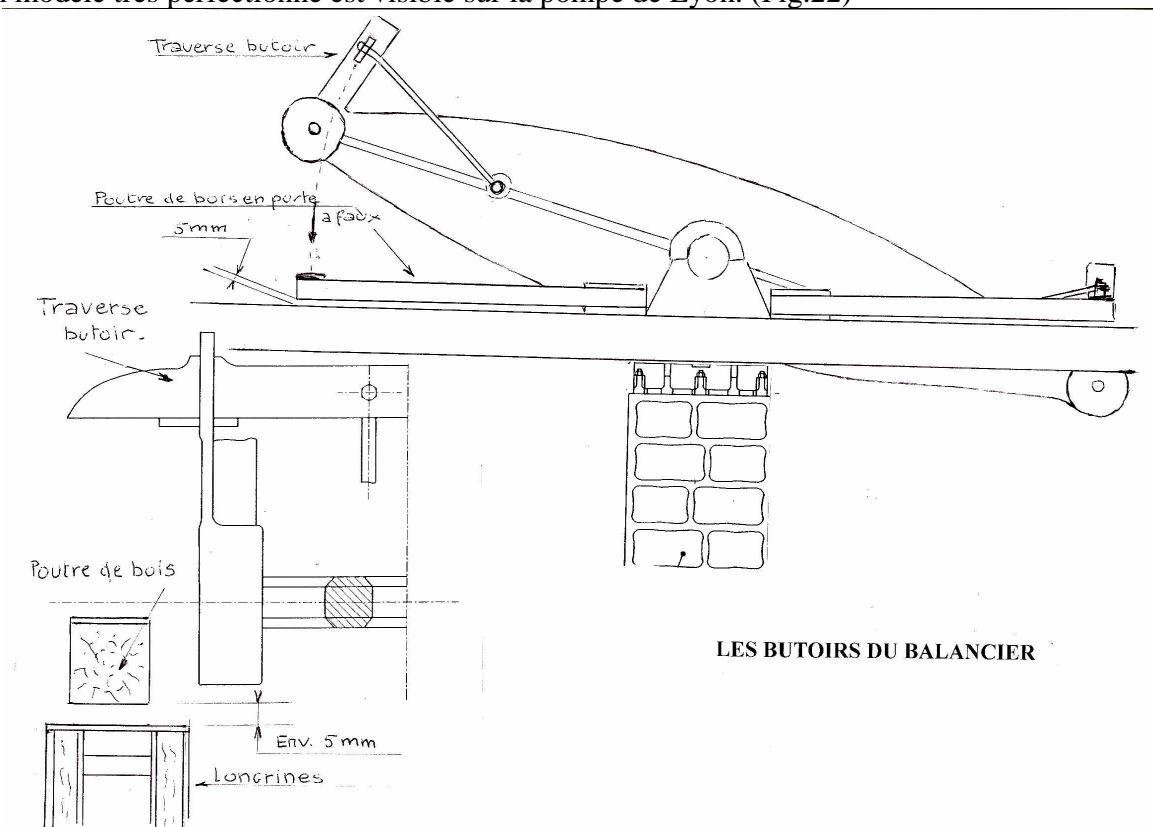


fig. 22

Remarques :

Le nom de « cataracte » tient à ce qu'à chaque coup de piston la vidange partielle du réservoir amortisseur s'accompagne d'un bruit de chute d'eau.

Certaines pompes tardives furent dotées d'un volant régulateur entraîné par une bielle attelée à un prolongement du balancier. (Leur piston est donc attelé, les espaces nuisibles sont réduits au minimum et il est alimenté par un système de distribution rigoureux. Cas de la pompe de BARBADINHOS à LISBONNE. 1880-1928)

Outre qu'elle régularise leur marche, cette disposition permet de les doter d'une régulation automatique, ce qui n'est pas possible avec les machines à piston libre.

CHAPITRE XIX.

La forme industrielle achevée des machines rotatives de Watt.

En dehors des très grosses pompes ou machines rotatives, la firme Boulton & Watt mettra au point des machines standardisées dont la particularité sera la compacité. Un bâti rectangulaire creux en fonte supportera à une extrémité le cylindre « double acting », toujours vertical, et à l'autre l'axe du vilebrequin lui-même supportant le volant en porte à faux. L'intérieur du dit bâti contiendra le condenseur et les pompe auxiliaires. Six colonnes également de fonte plantées sur ce bâti supporteront un cadre de même métal. En son centre reposent les pivots du balancier, à son extrémité surmontant le cylindre sont fixées par articulations les biellettes du parallélogramme qui le relie à son point fixe. Ceci pour assurer la liaison de la tige du piston au balancier. Une bielle relie l'autre au volant. (Fig. 23)

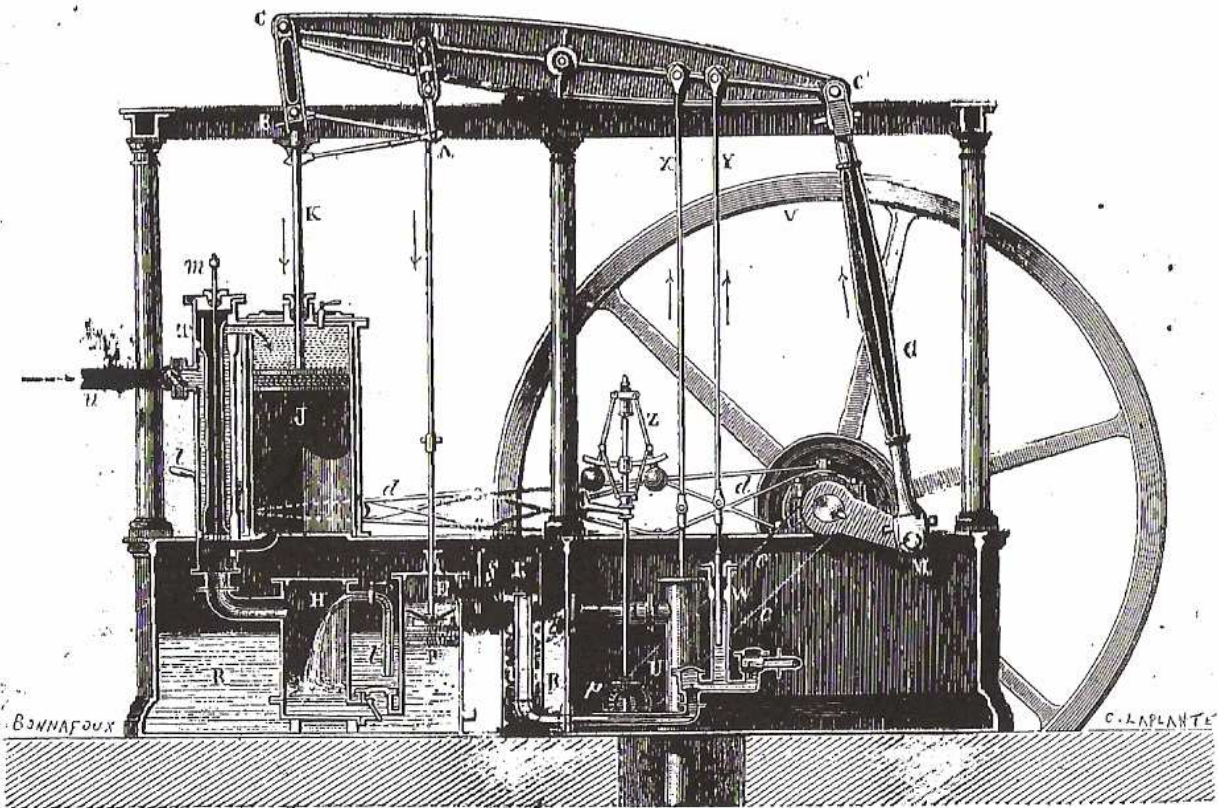


Fig. 59. — Machine à balancier de Watt.

v, tuyau de prise de vapeur ; *T* tiroir ; *J* cylindre ; *II* condenseur ; *PE* pompe d'épuisement ; *WY* pompe alimentaire de la chaudière ; *UX* pompe d'alimentation de la bêche *R* ; *pZ* régulateur ; *de* excentrique ; *ABCD* parallélogramme ; *GM* bielle et manivelle ; *V* volant.

fig.23

Vers la standardisation.

Ainsi conçues, les machines de Watt peuvent être entièrement montées, essayées et rodées en usine. Il suffit à l'utilisateur de prévoir le socle qui doit les recevoir avec la fosse latérale pour loger le volant plus les raccords de vapeur et d'eau.

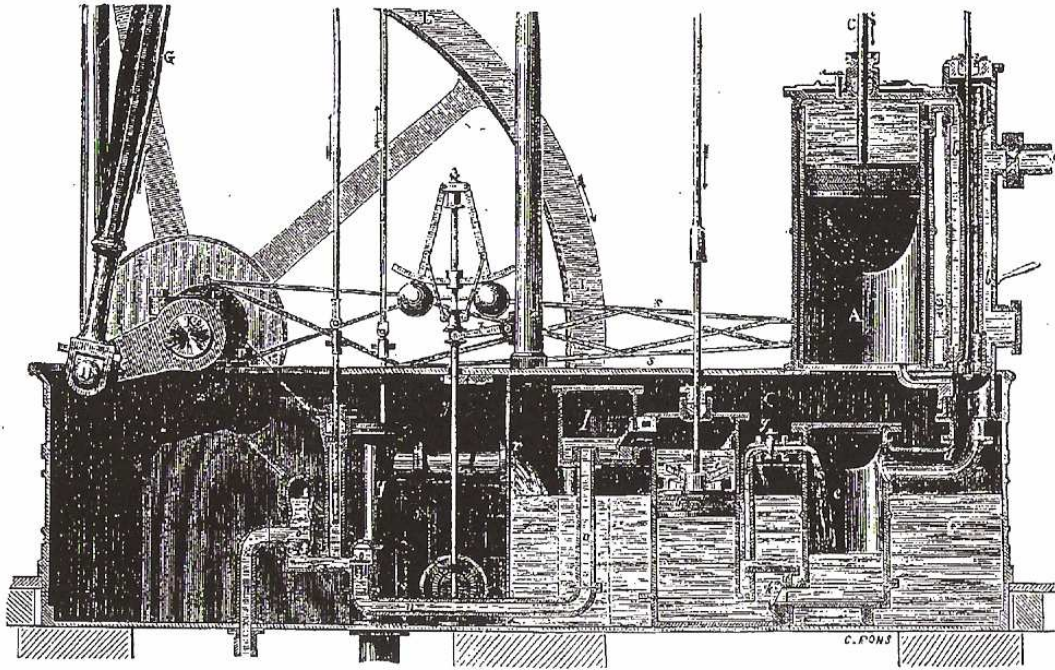


Fig. 68. — Coupe de la machine à condenseur, ou machine de Watt à basse pression.

Nous sommes en présence d'un engin conçu par et pour l'industrie, dont nombre des éléments constitutifs peuvent être fabriqués en série au meilleur compte. En outre cette architecture permet le montage final, soit en pompe soit en rotative, par simple substitution de certains organes alors que d'autres restent communs.

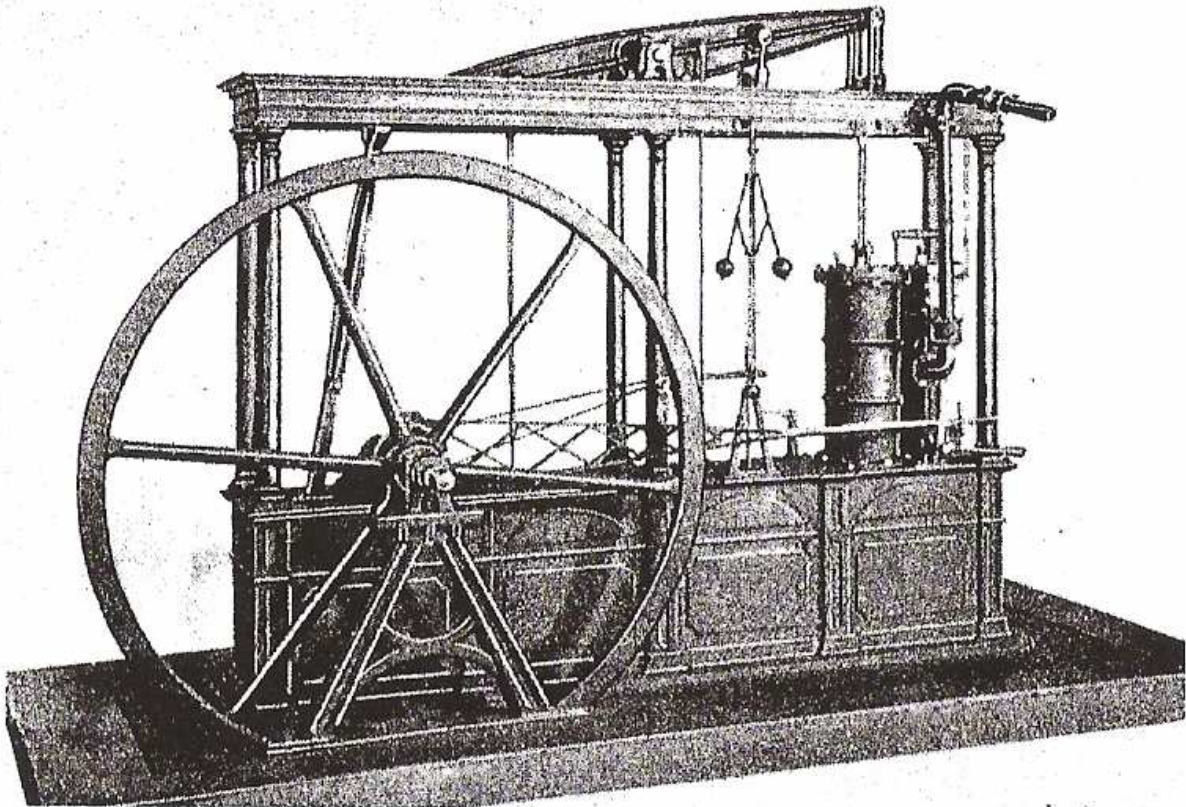
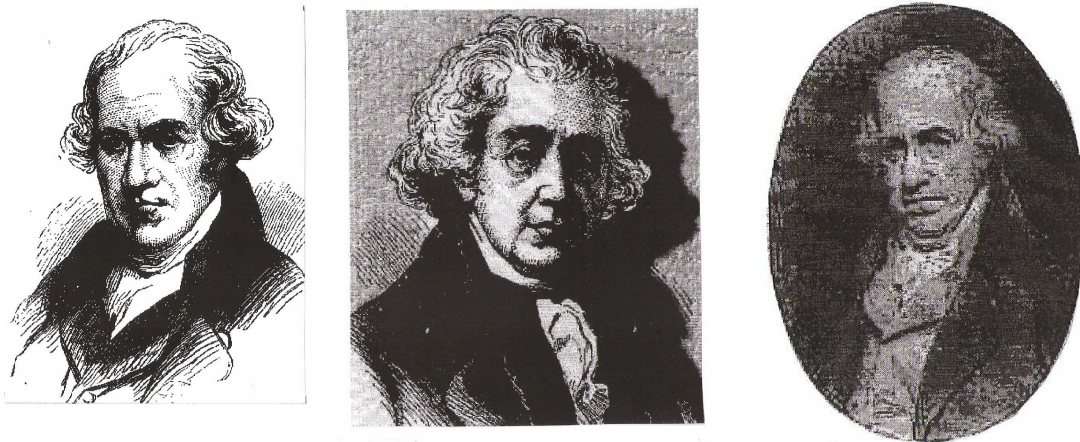


Fig. 31. — Machine à vapeur de Watt, à balancier, tiroirs en D (4063).

CHAPITRE XX.

Dernières considérations sur James Watt. (Fig.24)



TROIS PORTRAITS DE WATT

fig. 24

James Watt, en dehors de ses immenses talents d'ingénieur, fut un homme calme, réfléchi et censé.

La chance de sa vie fut de rencontrer Matthew Boulton constructeur et homme d'affaires hors pair.

Tout deux surent rassembler autour d'eux une équipe de techniciens concepteurs et fabricants de haut niveau.

Leur réussite financière fut en outre couronnée par la gloire, particulièrement pour Watt.

Boulton meurt en 1809 âgé de 81 ans. Watt lui survit jusqu'en 1819 où il meurt à 83 ans.

Ils avaient tous les deux quitté les affaires en 1800 en conformité avec leurs accords de 25 ans qui prévoyaient cette séparation à l'expiration des brevets de 1775. Leurs enfants prirent leur suite.

Watt était un autodidacte doué par la nature de facultés d'observation d'analyse et de combinaisons extraordinaires, tout ceci reposant sur une mémoire phénoménale qui en plus d'une connaissance encyclopédique de la mécanique lui permettait de retenir d'immenses morceaux de littérature.

Dégagé des préoccupations de l'ingénieur sans pour autant les oublier, il consacra les dernières 19 années de sa vie à fréquenter une société choisie de personnages distingués de son temps.

Les Britanniques reconnurent ses mérites et ne pouvant l'inhumer à Westminster car il désirait reposer à côté de Glasgow, lui érigèrent une statue en ce berceau de la nation.

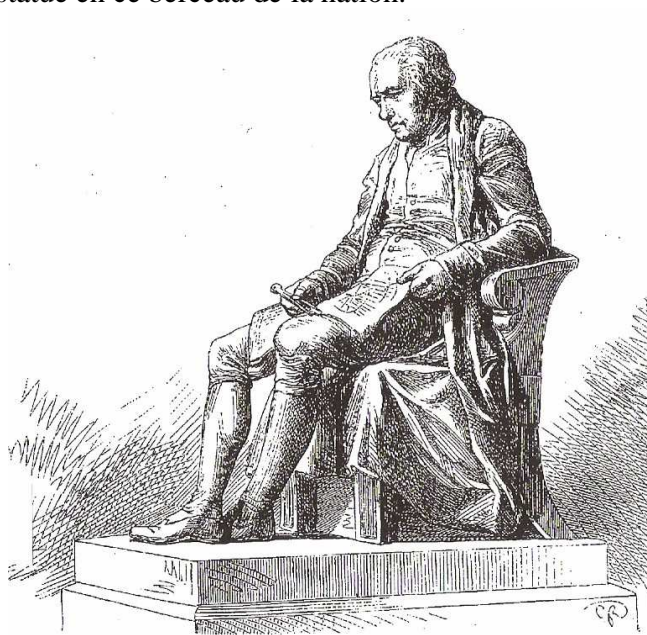


Fig. 52. — Statue de James Watt à Westminster. (page 103).

fig.25