MACHINES A VAPEUR INSOLITES

Par **ULYSSE**

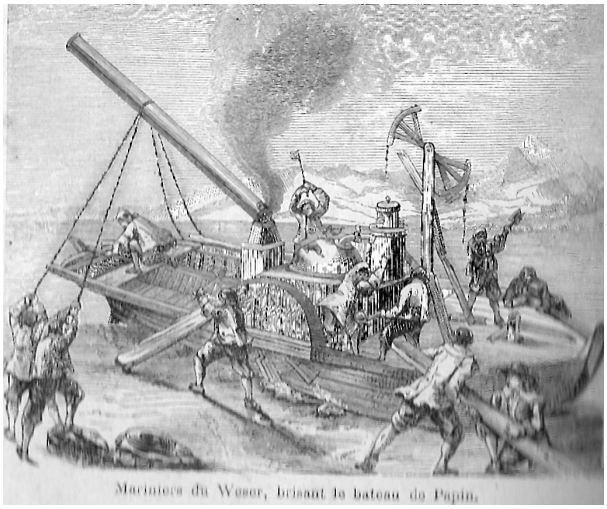
The plane with the steam engine, Author : Silvery

SOMMAIRE

LE BATEAU A VAPEUR DE DENIS PAPIN	**p.2**
LA MACHINE DE THOMAS SAVERY	**p.4**
LA MACHINE DE THOMAS NEWCOMEN	**p.6**
LA PREMIERE MACHINE DE WATT	**p.8**
LA CHAUDIERE DE ABEL PIFRE	**p.10**
JOHN ERICSSON ET LA PROPULSION NAVALE	**p.12**
LE SOUS MARIN A VAPEUR DE NARCISO MONTURIOL	**p.24**
LES MACHINES DU « NAUTILUS » de NEMO	**p.31**
L'HELICOPTERE A VAPEUR DE PONTON D'AMECOURT	**p.38**
LE PREMIER AÉROSTAT À VAPEUR : HENRI GIFFARD	**p.42**
AVIONS A VAPEUR	**p.49**
REALISATION D'UN AVION VAPEUR MODELE REDUIT	**p.63**
UN PIONNIER DE LA VAPEUR INSTANTANEE: Léon SERPOLET	**p.67**
FLASH STEAM ENGINES	**p.68**
LA FUSEE A VAPEUR : MYTHE OU REALITE ?	**p.71**
L'AVION A PROPULSION NUCLEAIRE	**p.76**

LE BATEAU A VAPEUR DE DENIS PAPIN

De nombreux mythes ont été inventés au sujet du bateau à vapeur de Papin dans lequel celui-ci aurait même remonté triomphalement la Tamise avec sa famille lors de son retour en Angleterre vers 1704.



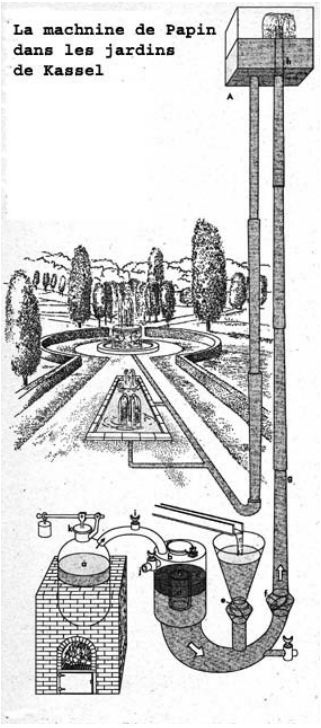
L'Académie des Sciences fit preuve de véhémence à ce sujet au XIXème Siècle: « *M. de Saussaie a réuni tous les éléments relatifs à la tentative de notre illustre compatriote, dont il donna lecture à la Sorbonne en 1865 et qui démontre que Papin construisit son bateau à vapeur en 1707 alors qu'il était professeur de mathématiques à Marbourg et le fit naviguer avec un plein succès sur la Pulda. Mais des bateliers mirent en pièces le navire de Papin.* » (Dictionnaire de l'industrie et des arts industriels 1873)

Les bateliers détruisent la bateau de Papin, gravure française, XIXème S

La ré appropriation cocardière de la paternité de l'invention au nom de la France devait culminer dans la vase polémique engagée par Arago : « *Un préjugé national a attribué à Newcomen l'invention de la machine d'épuisement des mines qui porte son nom et qu'on appelle également machine atmosphérique. Revendiquant cette gloire pour la France, Arago a victorieusement poussé contre M. Biot et quelques uns de ses confrères à l'Académie des Sciences que cette machine, la première qui ait rendu de véritables services à l'industrie, n'est sauf quelques détails de construction, autre chose que la machine proposée en 1690 et 1695 par Denis Papin et qu'il avait essayée en petit***.** » (Biographie générale 1866 de Firmin Didot.)
N'est-il pas également significatif que Papin soit représenté avec une maquette de bateau sur une statue du château de Marbourg. ?

Papin confirme lui-même avoir travaillé sur maquette : « *J'ai construit un petit modèle de voiture propulsé par cette force. Il manifeste, dans mon poêle, l'effet attendu. (…) en ce qui concerne les coches d'eau, je nourris l'espoir de mener l'affaire à bien assez tôt, pourvu que je trouve plus d'aide et plus d'appui que je n'en ai actuellement***.** »

En 1698, Papin publie à Marbourg un rapport concernant l'expérimentation d'une machine dont la chaudière est séparée du cylindre et qui utilise la pression de la vapeur lors du temps moteur : « *La manière dont j'utilise actuellement le feu pour élever l'eau repose toujours sur le principe de la vaporisation de l'eau. Mais j'opère maintenant en employant un procédé dont la réalisation est beaucoup plus facile (…) En plus de l'aspiration, j'utilise aussi la pression que l'eau exerce sur d'autres corps en se dilatant***.** »



Mais l'enthousiasme de Papin, qui envisage déjà l'application de son invention aux véhicules terrestres et aux coches d'eau après que sa maquette eût été construite à grande échelle, est tempéré par le Duc de Hesse qui l'emploie, lequel lui confie une application plus conforme de sa machine à pomper l'eau en lui demandant d'animer les jeux d'eau des jardins de son château de Kassel

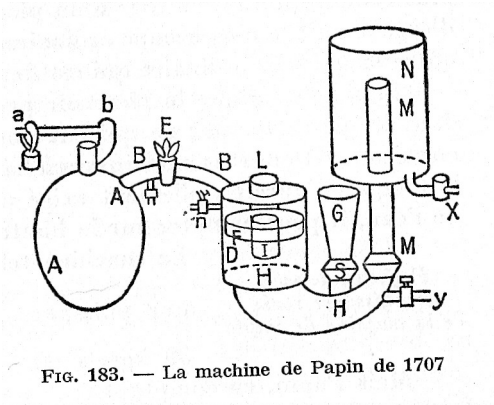
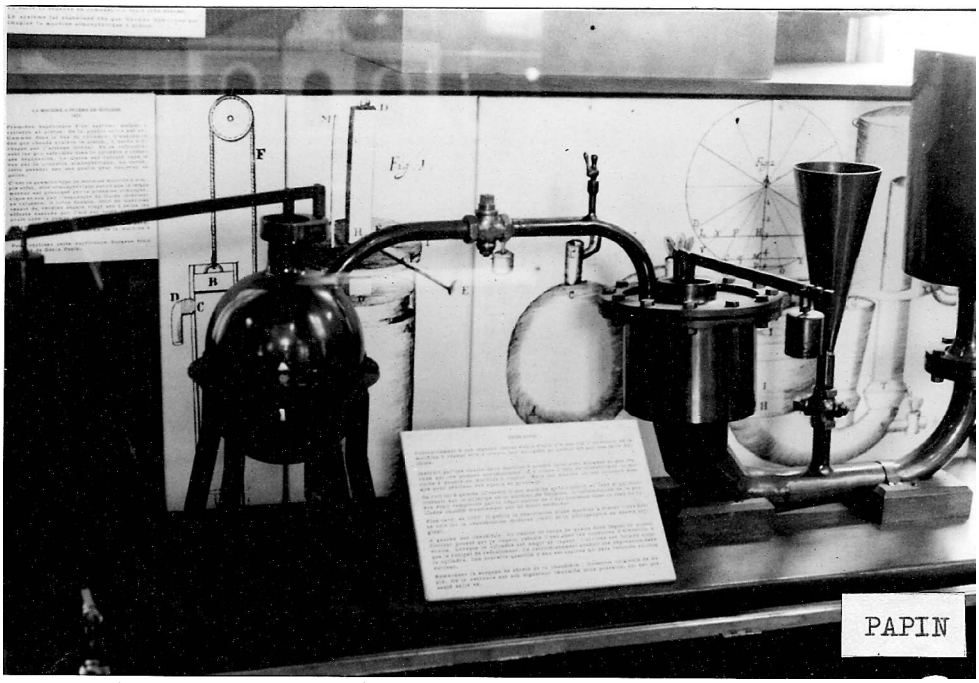


FIG. 183. — La machine de Papin de 1707

ci-dessus, le schéma de principe de la machine de Papin conservée au Conservatoire National des Arts et métiers (cf photo 2 Supra) qui montre bien qu'il s'agit d'une pompe à eau... En (A)la chaudière et sa soupape tarée par un poids (b,a). Lorsqu'on ouvre le robinet (E) la vapeur est injectée dans le cylindre (D) et fait descendre le piston (F) : un cylindre de métal creux qui flotte sur l'eau que l'on veut refouler à partir de (G) (remplissage) dans le réservoir (N), où elle comprime un volume d'air pour fournir de l'eau sous pression via le robinet (X). La surchauffe du cylindre est assurée par des fers rouges (i) introduits par l'orifice (L).)



La machine à vapeur de Papin conservée au CNAM

Ref. bibliographique : **Sigvard Strandh**, Machines, an illustrated history, Ed. Nordbok, Gothenburg, Sweden, 1982

LA MACHINE DE THOMAS SAVERY

Dès la fin du XVIIIème S. un ingénieur des houillères fit observer que « *l'homme qui découvrirait une machine à vapeur pratique pour aider les propriétaires des mines était sûr d'être rémunéré suffisamment pour s'établir à Londres avec un carrosse à six chevaux* »

Lorsqu'en 1698, Papin publie à Kassel les premiers résultats de ses travaux sur ne machine utilisant simultanément la pression de l'expansion de la vapeur et le vide provoqué par sa condensation, Thomas Savery se hâte de déposer le 25 juillet de la même année un brevet exhaustif sur sa propre invention : « *Elévation de l'eau et mise en marche de machines par le moyen de la force mouvante du feu* »

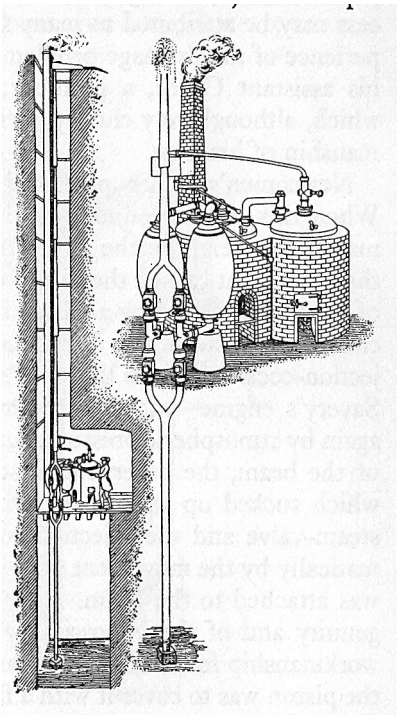


FIG. 142. Savery's 'Miner's Friend', 1699

Il obtient ce brevet le 25 avril 1699, pour une machine appelée « *the minor's friend* », ce lui vaut également d'être nommé membre de la Royal Society de Londres, après qu'il y eût présenté un modèle réduit de son invention. Conclu pour une durée légale de 14 ans, il accorde à Savery l'exclusivité du pompage des mines anglaises, et est exceptionnellement prolongé jusqu'en 1733 par décision spéciale du Parlement.

Savery était gentilhomme, issu d'une famille du Devonshire. Il devint capitaine d'une compagnie minière en Cornouailles. Il s'est manifestement livré à une course de vitesse pour s'approprier le brevet d'une machine destinée à l'épuisement des mines qui répondait à une demande croissante de l'industrie extractive.

Le témoignage d'un contemporain de Savery, Stephen Swicker (System of hudrostaticks and hydraulics, London 1729), contribue à lever le voile sur certains aspects obscurs de la génèse de la machine à vapeur : « *Je suis très bien informé de ce que M.Newcomen était aussi bien avancé dans son invention que M. Savery dans la sienne ; simplement, ce dernier était plus proche de la Cour et a obtenu son brevet avant que le premier le sache. En vertu de quoi M. Newcomen fut heureux d'y participer en tant qu'associé pour sa construction* »

A noter notamment la grande similitude de sa machine avec celle qu'aurait construit Edward Sommerset dans les douves de Raglan Castle à la demande du second Marquis de Worcester, brevetée en 1663 : « *Cette admirable méthode que je propose pour élever l'eau par la force du feu* »

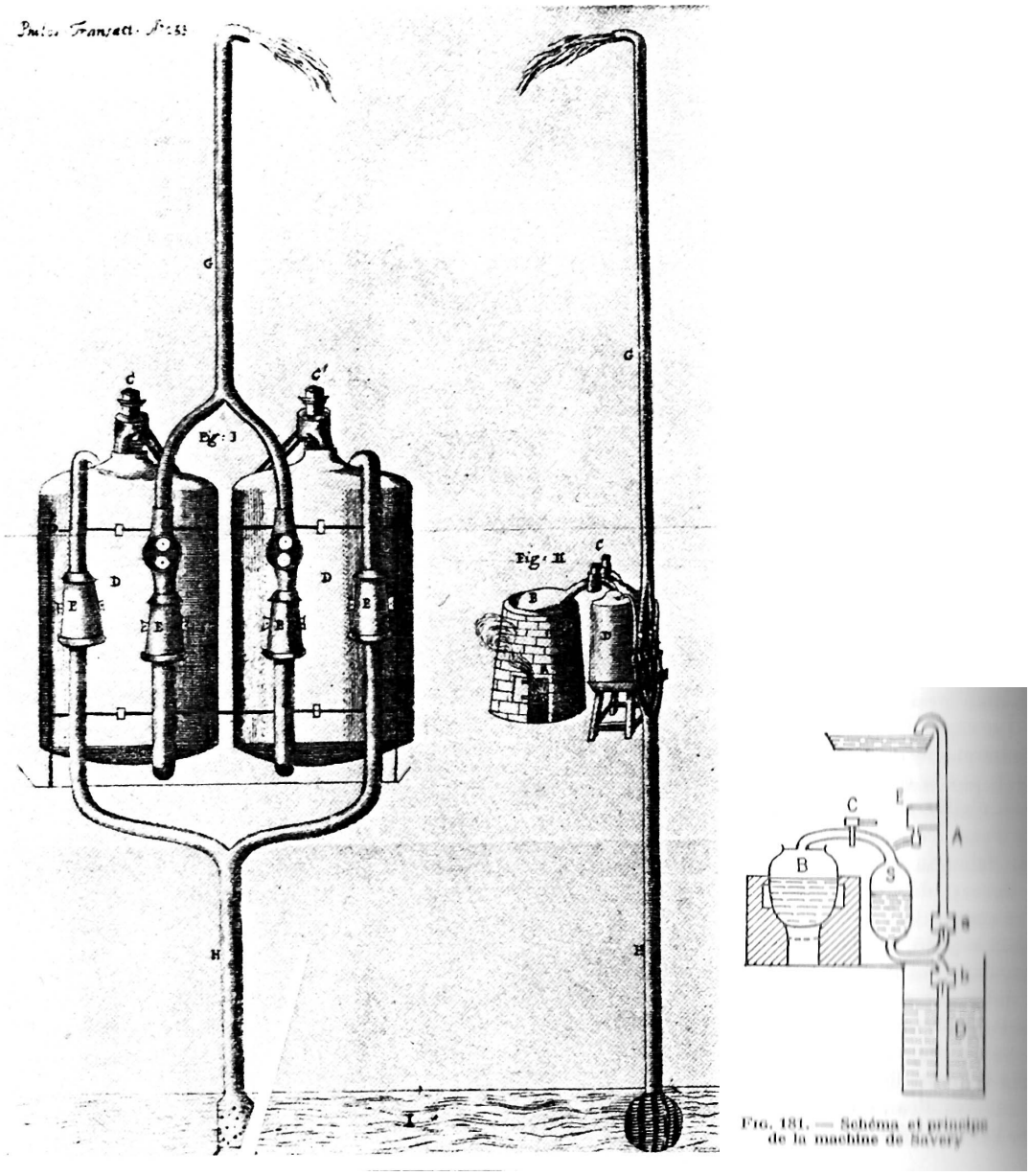
Savery ne parvint toutefois pas à fabriquer une machine fiable et sûre : d'après Des Aguliers, membre de la Royal Society et chroniqueur scientifique, une machine essayée à York sur une hauteur de refoulement de 300 pieds (90m) se disloqua : « *la chaleur était si grande que les soudures fondaient et la machine s'ouvrait aux coutures* ».

Sous réserve de l'obtention d'un vide parfait, le pompage de l'eau sous l'effet de la pression atmosphérique ne pouvait dépasser les 10,33m fatidiques déterminés par Torricelli, et son

refoulement nécessitait des pressions de vapeur vive incompatibles avec la technologie des matériaux de l'époque.

La machine de Newcomen, dynamique, ne doit rien à celle de Savery, hydrostatique. Il n'en demeure pas moins qu'il faudra attendre la fin du XIXéme S. pour que la machine de Savery devienne fonctionnelle sous le nom de « *pulsomètre* » alors que celle de Newcomen, améliorée par James Watt, deviendra le véritable moteur de la révolution industrielle.

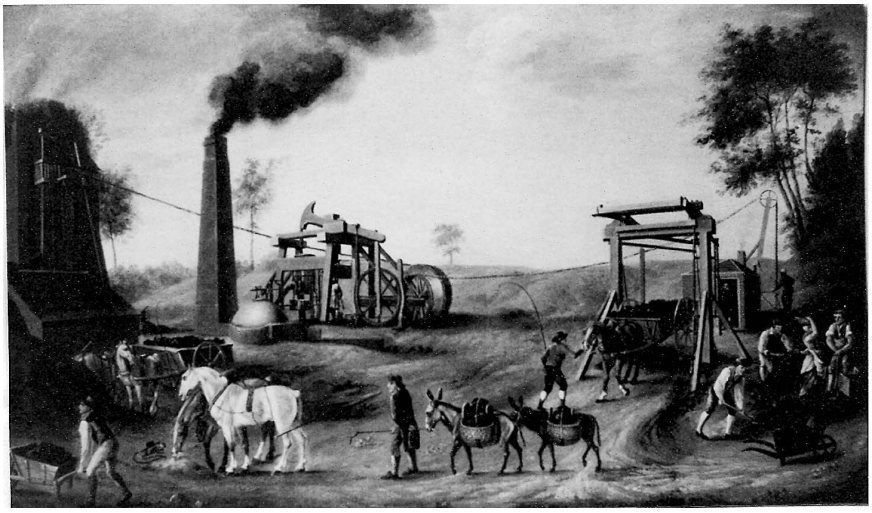
…. Ci-après une autre représentation de la machine de Savery et son schéma de principe.



Lorsque le robinet (C) est ouvert, l'eau contenue dans le réservoir (S) est chassée par la vapeur délivrée par la chaudière (B) et refoulée via le clapet (a) dans la colonne(A). La vapeur expansée se condense sous l'effet d'un refroidissement par arrosage extérieur du réservoir (S) via le réservoir (E). Le clapet (a) se ferme et le vide partiel créé par la condensation dans (S) crée une aspiration de l'eau du puits via la colonne (D) et le clapet (b)

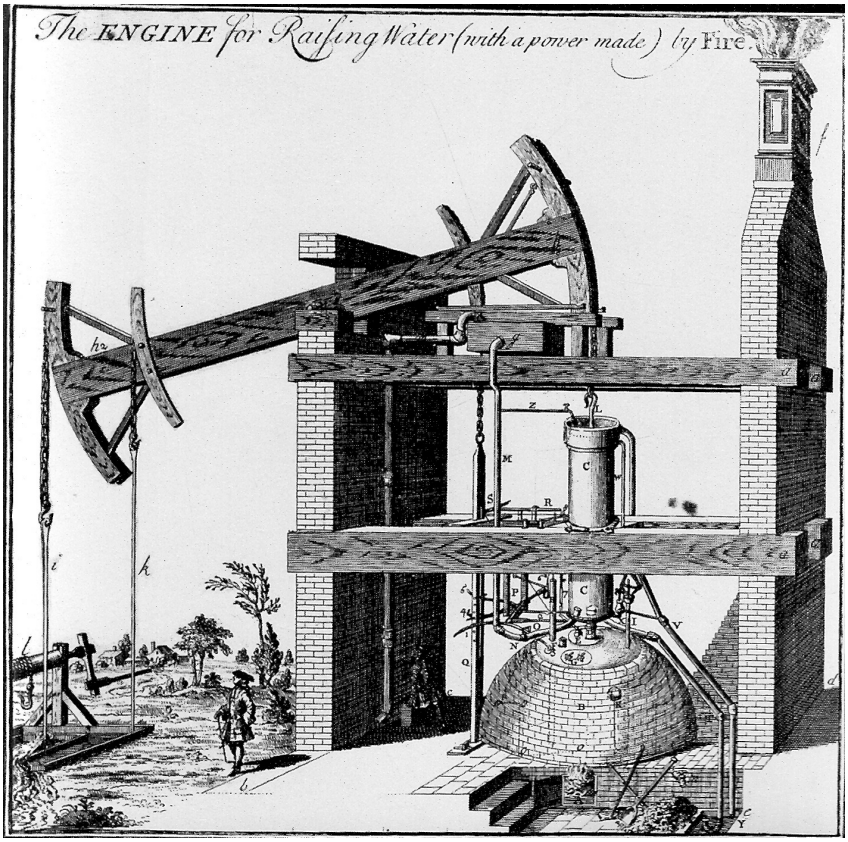
LA MACHINE DE THOMAS NEWCOMEN

Nous savons peu de chose du modeste dévonien de Dartmouth (Angleterre) souvent qualifié péjorativement de « *Ferrailleur anabaptiste* » par les éminents membres de la *Royal Society* , dont l'intuition géniale est pourtant à l'origine de la première révolution industrielle.



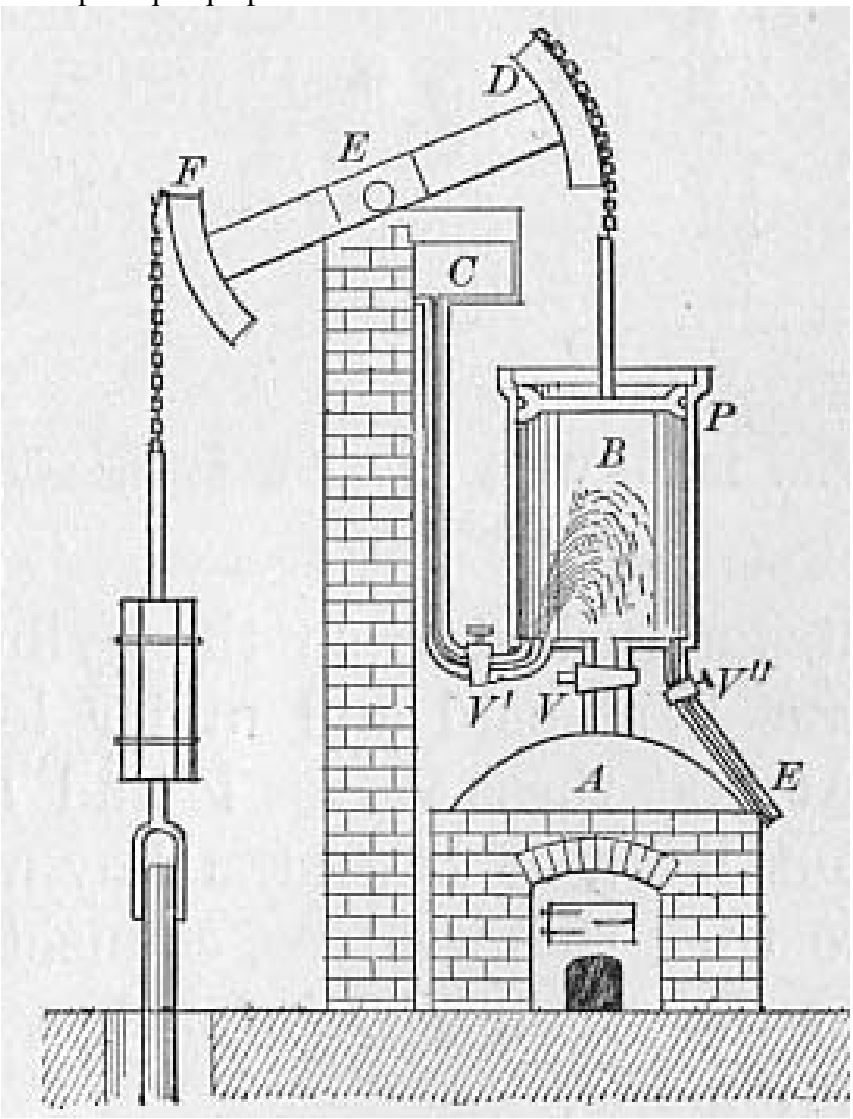
A mesure que s'enfonçaient les mines, la nécessité d'épuiser toujours plus profond l'eau des galeries nécessita la mise au point de nouvelles techniques. C'est à ce cahier de charges que répond la machine de Newcomen.

Thomas Newcomen (1663-1729) était un homme de si peu d'importance dans la vie sociale que ses contemporains lui dénièrent le mérite d'avoir conçu et mis au point une machine qui devait révolutionner l'industrie. Des combinaisons douteuses bien que légales le privèrent de tout le crédit et de tout le profit qui lui revenaient de droit et il mourut non reconnu en 1729, alors que ses machines étaient employées partout en Angleterre, Hongrie, France, Belgique, Allemagne, Autriche et Suède, sous une licence accordée à son concurrent de la *Royal Society* Thomas Savery.



La première description détaillée de cette machine est fournie par une gravure de 1719 conservée au *Science Museum* de Londres représentant l'installation de Dudley Castle (West Midlands), construite en 1712 sur un site aujourd'hui perdu. Une légende précise les caractéristiques de sa construction. On y apprend notamment que le balancier, «qui *oscille douze fois par minute élève trente gallons (cent vingt deux litres) sur cent cinquante six pieds (cinquante mètres*) »

L'étanchéité du piston était assurée par une corde suiffée et complétée par une couche d'eau au dessus du piston, compte tenu de l'impossibilité d'aléser des cylindres d'un diamètre supérieur à 7 pouces (17,8cm) à cette époque. Or le piston de la machine installée à Edmonston en 1725 avait un diamètre de 29 pouces (73,6cm) et une course de 9 pieds (2,745m) et celui de la machine de Newcastle 74x126 pouces, soit un diamètre de 1,88m pour une course de 3,20m ! Ce n'est pas ici la force vive de la vapeur mais la pression atmosphérique qui produit l'effet moteur…



Comment fonctionne cette machine?

La vapeur injectée sous pression soulève le piston équilibré via le balancier dit « *à tête de cheval* » par le poids des tiges de pompe qui plongent dans le puits. De l'eau froide injectée à la base du cylindre produit la condensation de la vapeur et crée du vide sous le piston qui redescend sous l'effet de la pression atmosphérique, relevant les tiges de pompe et aspirant l'eau du puits. Et le cycle recommence : l'ouverture du robinet de vapeur et l'ouverture du robinet d'injection d'eau sont commandés par la course du balancier.

Quelques références bibliographiques :

T.K Derry and Trevor.I Williams : A short history of technology, Oxford Univ.Press 1970.
W.H.G. Armytage : A social history of engineering, Faber London 1976.
T.E. Crowley : Beam engines, 1976, Shire publications N°15
S. Strandh : Machines an illustrated history, Nordbok, Sweden 1979.
F. Klemm : Histoire des techniques, Payot 1966.
B. Gille (sous la direction de.) : Histoire des techniques, Pléiade, Gallimard 1978.
M. Daumas (sous la direction de.) : Histoire générale des techniques, tome II, Presses universitaires de France 1964.

LA PREMIERE MACHINE DE WATT

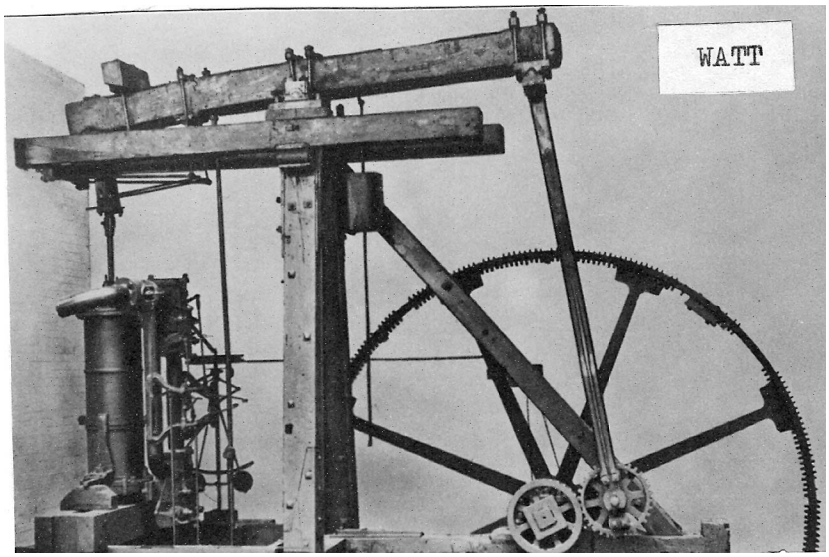
Né à Greenock en 1736 dans une famille très modeste, James Watt était employé comme mécanicien à la fabrication et à l'entretien des appareils et machines utilisés par le Professeur Black pour ses cours de physique pratique à l'Université de Glasgow. Spécialiste de la chaleur latente, ce dernier utilisait notamment une maquette en fer blanc de la machine de Newcomen dont le fonctionnement était défectueux. Watt, alors âgé de 27 ans, en détermina les principaux défauts qui entraînaient une consommation excessive de charbon : importante déperdition de chaleur liée au refroidissement du cylindre à chaque cycle pour obtenir la condensation de la vapeur, et condensation insuffisante de la vapeur dans le cylindre.

Après avoir entrepris une étude approfondie de la formation de la vapeur d'eau et découvert le principe de transformation de la chaleur en chaleur latente, Watt s'efforce d'améliorer le rendement de la machine à vapeur. Ses recherches débouchent sur la découverte du principe de condensation séparée et sur celui de l'isolation des cylindres par un fourreau de planches caractéristique qui perdurera jusqu'à la fin du XIXème S.

Le passage au stade industriel fut ici encore dépendant de l'industrie minière : John Robruck avait besoin de nouvelles machines pour épuiser ses mines de charbon sur la Forth.

En 1768, Watt installe sa première machine surnommée *Belzebub* à Kinnel House, prés de Edinburgh et, en 1769, il fait breveter le condenseur séparé, la chemise à vapeur et le cylindre fermé. Cette machine ne semble pas avoir rempli son office : en 1773 son mécène fut ruiné par l'inondation de ses mines.

Watt ne dut de poursuivre ses recherches qu'à son association en 1769 avec Mattew Boulton, de Birmingham, propriétaire de la Soho Factory qui produisait des jouets, des ustensiles ménagers, et de la ferblanterie. Boulton lui demanda d'installer une machine de Newcomen pour remonter l'eau en amont de la roue hydraulique qui actionnait ses machines-outils afin d'en augmenter le rendement. C'était encore à cette époque la seule application dynamique de la machine à vapeur atmosphérique de Newcomen, initialement conçue pour épuiser l'eau des mines.



Le problème de la translation verticale de la force à des tiges de pompe avait été élégamment résolu par Newcomen par son balancier à double tête de cheval (arcs de cercle) mais ce dispositif s'avérait inadapté à la transformation d'un mouvement linéaire en mouvement circulaire.

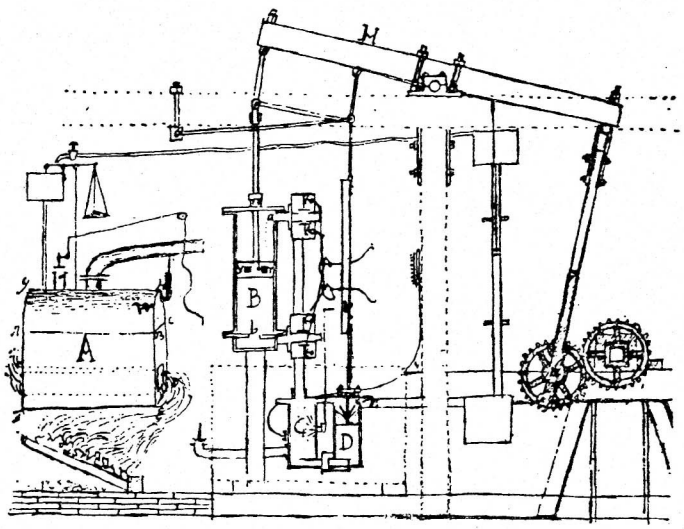


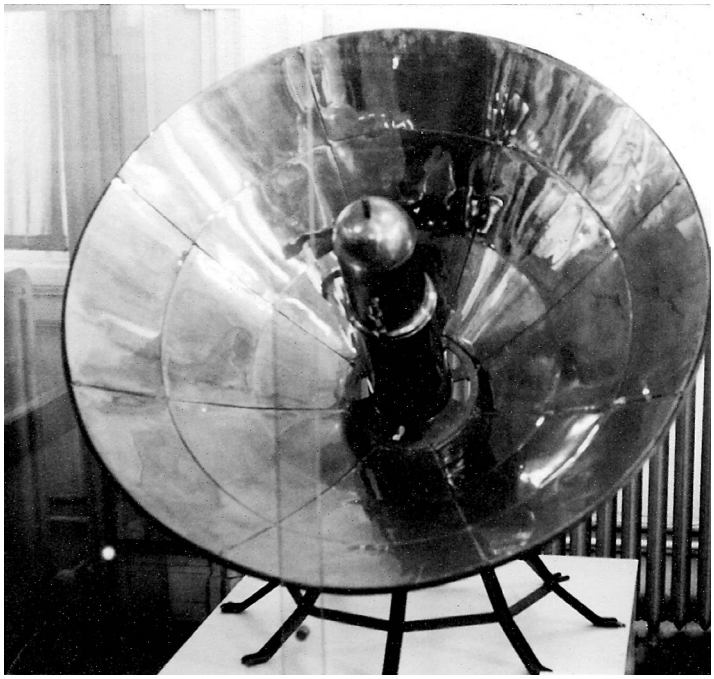
Fig. 33. — Machine à vapeur de Watt, à double effet et mouvement circulaire. 1791. Esquisse de G. Reichenbach dans son « journal ». B. du Dt. Mus., Munich. Longueur du balancier : environ 4,75 m.

Plutôt que d'utiliser le couplage bielle - manivelle, Watt eût l'idée de ce curieux système d'engrenages planétaires décrit en ces termes dans le catalogue du Musée du CNAM (section B : Mécanique) : « *Parallélogramme de Watt avec roue planétaire à mouche. Premier dispositif employé par Watt pour transformer le mouvement circulaire alternatif du balancier en mouvement continu. Il le nomma système planétaire. La roue ou planète est fixée à la bielle et tourne autour de la roue (ou Soleil) montée sur l'arbre du volant, lui fait faire un tour entier par oscillation simple du balancier, tandis que par l'emploi de la manivelle, l'arbre du volant ne fait un tour que pour une oscillation double du balancier. Les chocs qui se produisent dans l'engrenage ont fait abandonner ce système que Watt n'avait d'ailleurs adopté et créé que parce qu'un brevet l'empêchait d'employer la bielle et la manivelle* »

Mais n'aurait-il pas cherché plutôt à s'affranchir des points morts haut et bas de la manivelle ?

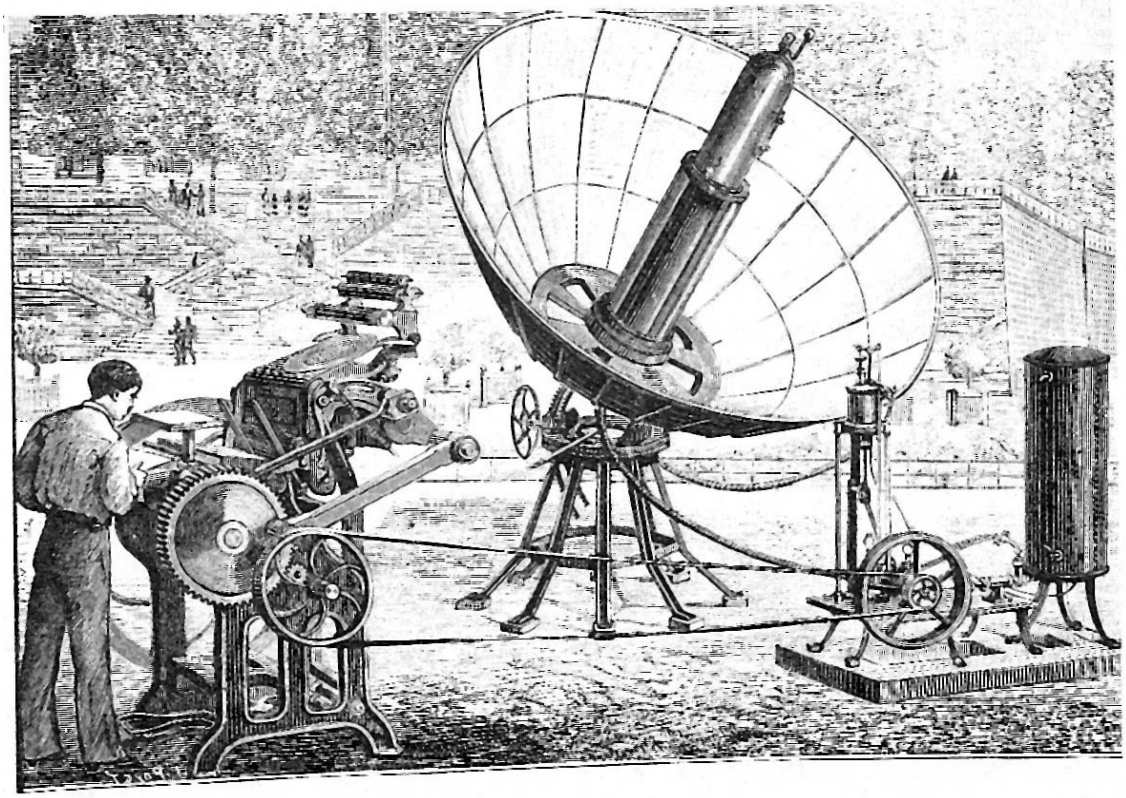
LA CHAUDIERE SOLAIRE DE ABEL PIFRE

Une chaudière solaire inventée par Abel Pifre à partir des travaux de Mouchot dont il fut l'assistant fut exposée aux fins d'expérimentation dans les jardins du Conservatoire National des Arts et Métiers au mois d'août 1881. Elle est toujours visible au Musée du C.N.A.M.



Des compte-rendus et gravures de l'époque nous apprennent que l'insolateur parabolique, d'un diamètre de 2m70, recevait à Paris 7000 calories sur une surface de 9m2 permettant de vaporiser les 50l d'eau contenus dans la chaudière sous une pression de 4 atmosphères et d'actionner une pompe d'un débit horaire de 600l par l'intermédiaire d'une petite machine à vapeur. L'ébullition était atteinte en moins d'une demi-heure par temps clair et la pression montait d'une atmosphère toutes les 7 ou 8 minutes.

Associée à une autre machine à vapeur, cette chaudière solaire actionna le 6 août 1881 une petite presse rotative avec laquelle fut imprimé un journal



Tirage d'un journal opéré par la chaleur solaire, Paris le 6 août 1882. *(Conservatoire National des Arts et Métiers.)*

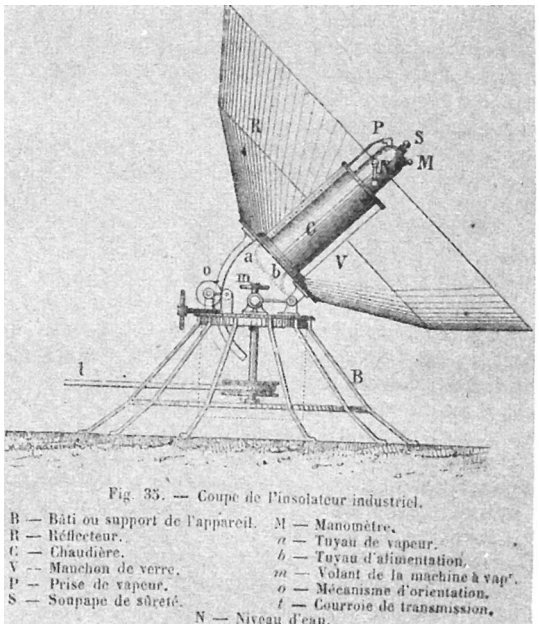
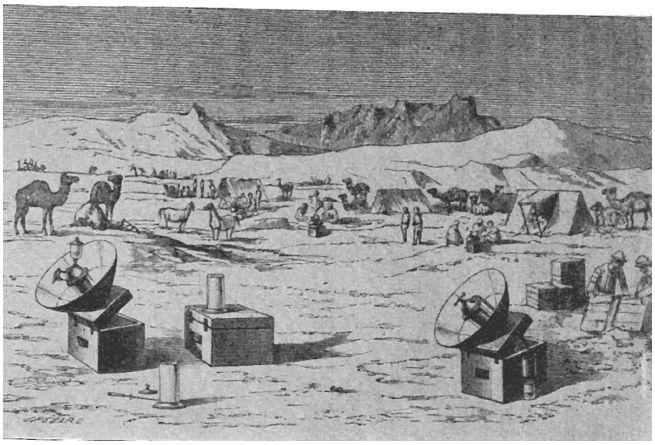


Fig. 35. — Coupe de l'insolateur industriel.

B — Bâti ou support de l'appareil.
R — Réflecteur.
C — Chaudière.
V — Manchon de verre.
P — Prise de vapeur.
S — Soupape de sûreté.
M — Manomètre.
a — Tuyau de vapeur.
b — Tuyau d'alimentation.
m — Volant de la machine à vap'.
o — Mécanisme d'orientation.
t — Courroie de transmission.
N — Niveau d'eau.

Dans ses « **Causeries scientifiques** » (21ème année, 1881-1884), Henri de Parville écrit : « *Pendant le mois d'août 1881, la foule se pressait curieusement dans le jardin du Conservatoire National des Arts et étiers devant de singuliers appareils. On voyait au milieu de la pelouse un petit moteur actionner une pompe qui élevait l'eau. La vapeur sifflait, l'eau retombait en cascade, on cherchait vainement le foyer de la machine et le charbon. Pas de foyer, pas de feu (…)Je rappelle en quelques lignes la disposition générale du récepteur solaire : Un abat-jour en cuivre plaqué d'argent tournant sa grande ouverture vers le Soleil. Au milieu et dans l'axe de l'abat-jour, le récipient que l'on se propose de chauffer, recouvert d'un enduit noir grand absorbant de calorique, et tout autour du récipient une enveloppe en verre pour empêcher la chaleur de s'en aller.(…) S'il s'agit de mettre sous pression la vapeur pour faire marcher des machines, l'abat-jour atteint 3m50 à 5m de grand diamètre.(…) Nous avons vu au C.N.A.M. une chaudière monter en pression jusqu'à 6 atmosphères en moins de 40minutes.(…) Avant les plus récents perfectionnements, le récepteur solaire utilisait mal la radiation : sur cent rayons de soleil, on n'en prenait que cinquante. Au lieu d'incliner les parois du réflecteur à 45 degrés, M. Pifre s'est rapproché de la forme parabolique. Il a diminué de moitié la hauteur de la chaudière et a évité les pertes par rayonnement. La radiation chauffe l'eau vers le bas de la chaudière au lieu de l'échauffer à la partie supérieure, ce qui est bien préférable pour la production régulière de vapeur.(…) D'après les expériences de M. Marie-Davy, directeur de l'observatoire municipal de Montsouris, le nouvel appareil Pifre emmagasine à Paris par minute et par m2 d'insolateur, 12 calories (1 calorie = quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré 1 kilogramme d'eau). C'est énorme pour Paris.* »



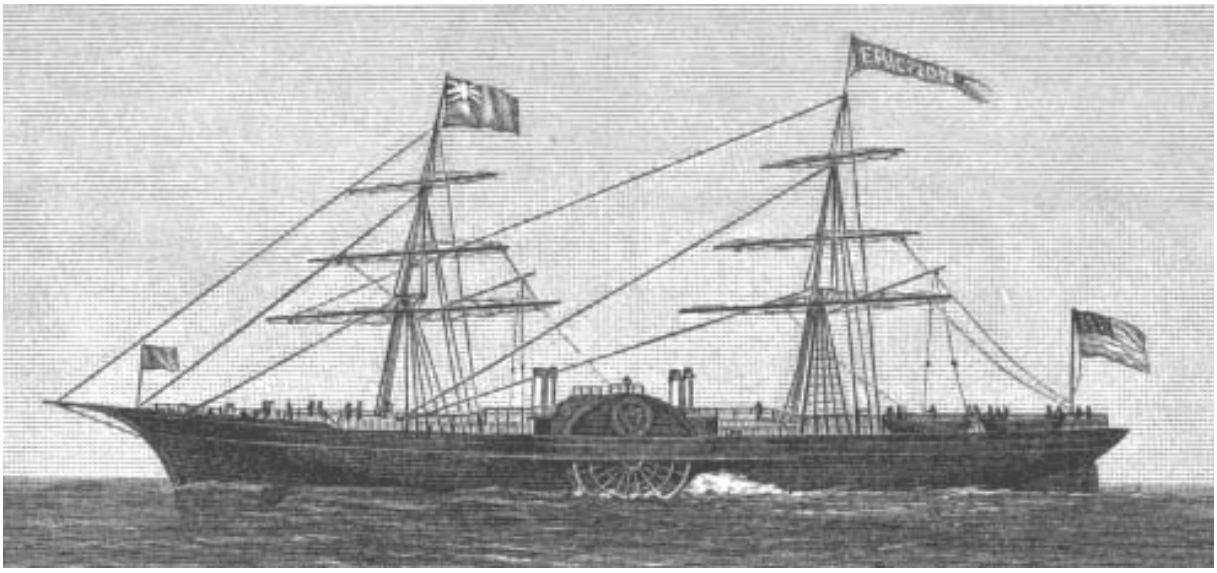
Le 11 septembre 1881 M. Tirard, ministre de l'agriculture et de l'Industrie de l'époque, assura à l'inventeur l'appui de l'Administration (laquelle n'honora d'ailleurs jamais ses promesses.) Abel Pifre fut donc contraint de constituer une société anonyme pour financer ses recherches et l'industrialisation de son invention. Une part du capital en était détenue par la « *Société Océanique* »,qui avait obtenu en 1878 la concession du creusement du Canal de Panama. Des publicités d'époque montrent d'ailleurs des insolateurs de Pifre utilisés lors d'une précédente expérimentation en Algérie pour actionner des pompes, cuire les aliments, désaliéner l'eau ou produire du froid. Tous ces appareils étaient pressentis pour le chantier de creusement du canal.

Mais la faillite frauduleuse de cette société semble avoir entraîné celle de Abel Pifre et l'oubli de son invention…

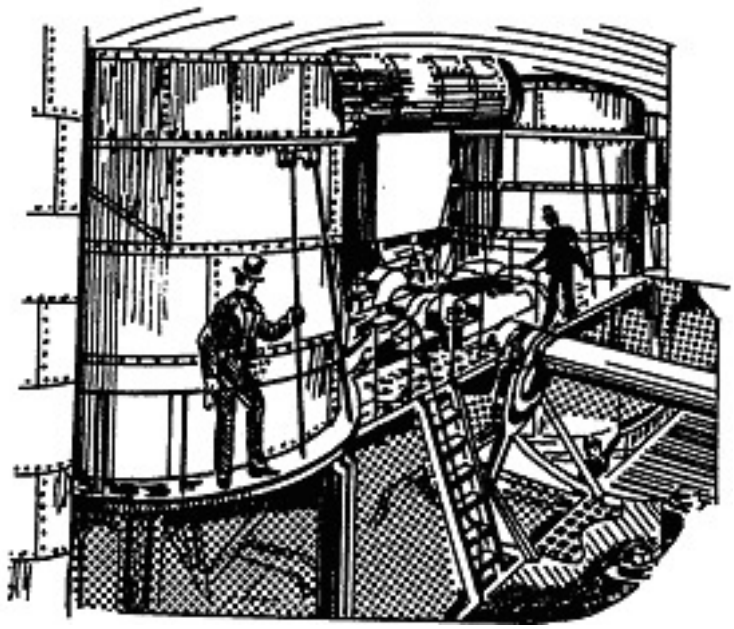
JOHN ERICSSON ET LA PROPULSION NAVALE

Dans un article du Nicholson's journal d'octobre 1807 Le pionnier anglais de l'aviation Sir John Cayley (1773-1857) semble le premier avoir émis l'hypothèse selon laquelle la dilatation de l'air chauffé pourrait être utilisée à des fins motrices pour construire des moteurs plus légers et économiques que la machine à vapeur.

La première application pratique de ses prémonitions revient à Robert Stirling (1790-1879)
L'inventeur Suédois John Ericsson (1803-1889) apporta des modifications au premier moteur Stirling en supprimant le refroidisseur à eau et en démontrant que si la flamme du foyer est alternativement appliquée dans une chambre mobile ayant la même fonction que le piston d'une machine à vapeur, la force motrice serait obtenue plus rapidement et à moindre coût.
Les résultats obtenus sur des maquettes de sa « *machine à feu* » encouragèrent Ericsson à persévérer. De déboires en perfectionnements et en recherches de mécènes, il finit par construire un premier bateau à roues de 90m sur 14m, le « *Ericsson* », qui déplaçait 9000tonnes et était équipé de l'un de ses moteurs à air chaud.



Moteur thermique d'Ericsson pour propulsion navale, 1853 (Kolin 1991).
Ce moteur marin dégageait une puissance de 220 kW avec un rendement global de 13,3 %. Sa vitesse de rotation valait 6,5 tr/min, la pression maximale de l'air dans le moteur, 0,16 MPa, la course des pistons, 1,8 m, l'alésage des cylindres, 3,5 m pour le cylindre de compression et 4,3 m pour le cylindre de détente ! (Kolin 1991)



La croisière inaugurale du jour de l'an 1853 fut un fiasco : la machine délivrait moins de 50% de la puissance calculée, avec un rendement global de 13,3 % (Kolin 1991). Le bateau se traînait et était ingouvernable. Après une série de modifications, les machines furent finalement remplacées par des machines à vapeur. Le « *Ericsson* » sombra en 1855 suite à un gros coup de vent à l'entrée du port de New York. Après cet échec, Ericsson chercha de nouvelles applications

pour son moteur en vue de satisfaire la demande croissante de l'industrie pour de petites ou moyennes sources d'énergie motrice. Ses moteurs furent fabriqués sous licence par dix compagnies aux USA et en Europe à la fin des années 1850. En 1862, il reçut le prix Rumford de l'Académie américaine des arts et sciences

La même année, John Ericsson construisit un nouveau bateau, le « *Monitor* », un cuirassé de 987 tonnes qui participa à l'effort de guerre des nordistes dans la guerre de sécession lors de la bataille de Hampton Roads et popularisa son invention.

Photo # NH 76324-KN Hand-colored line engraving of USS Monitor, 1862

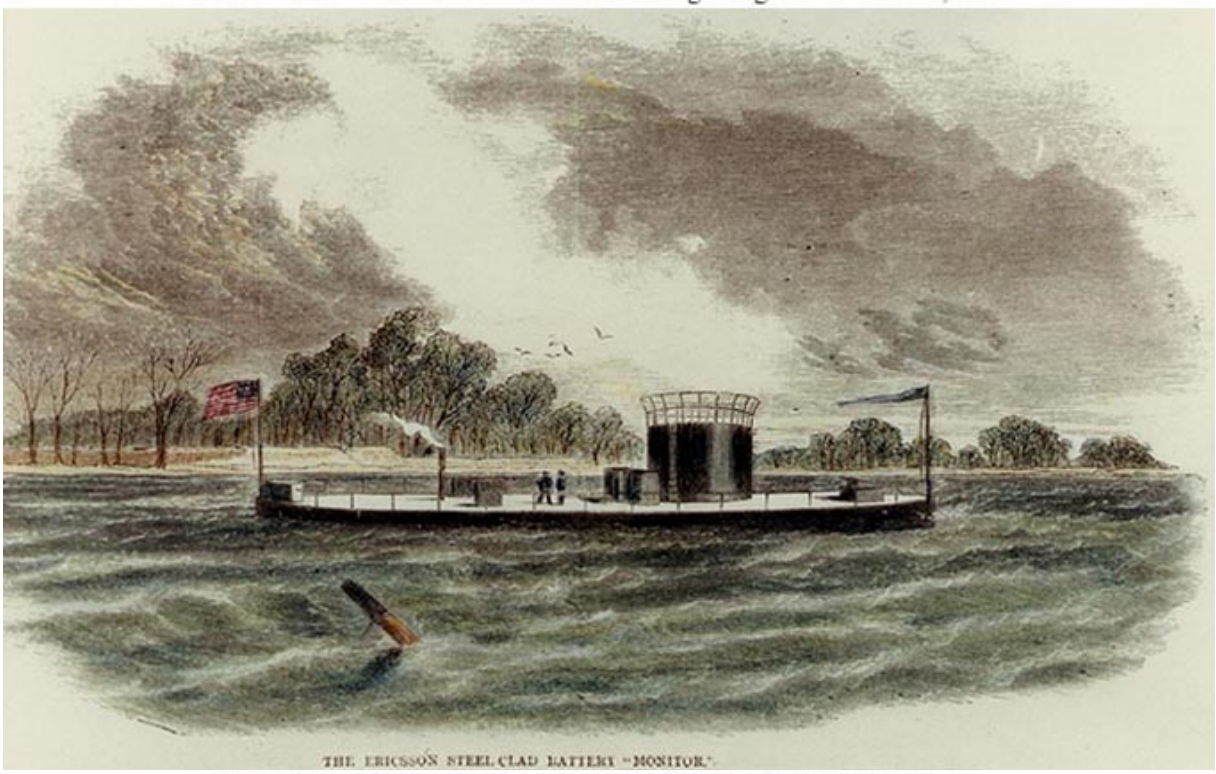


Photo # NH 94691 Sketch outboard profile plan of USS Monitor

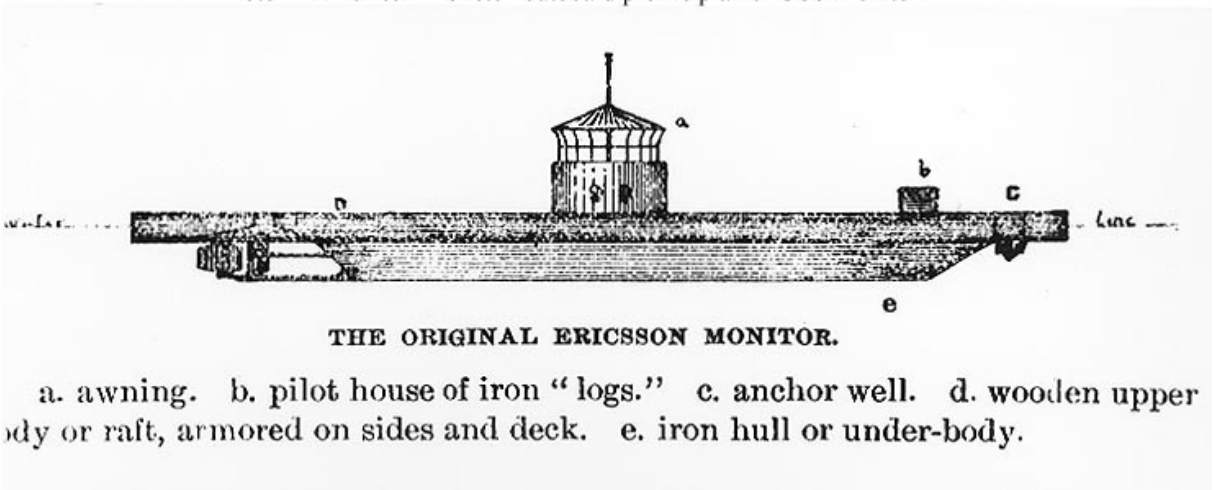
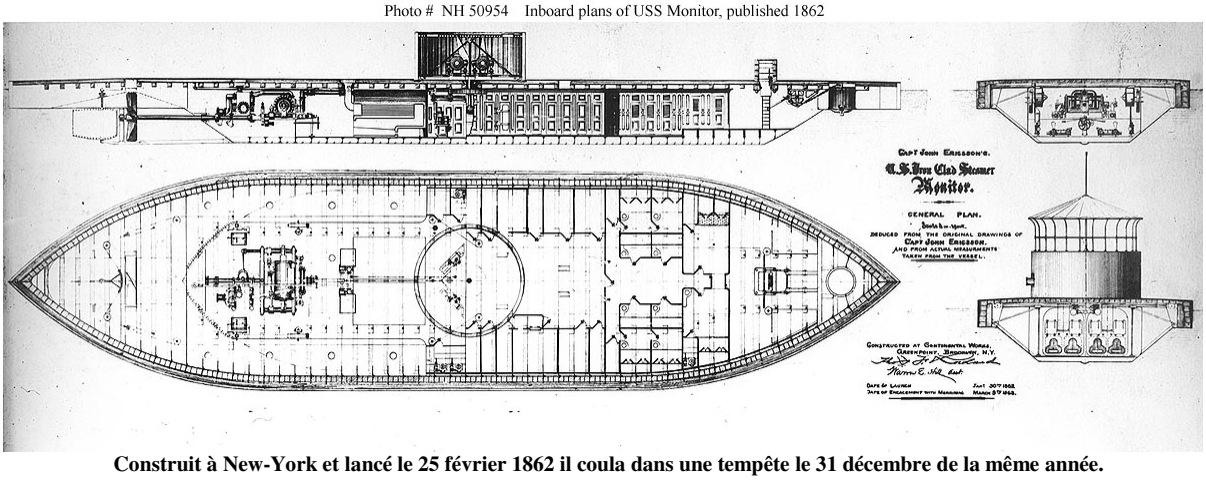
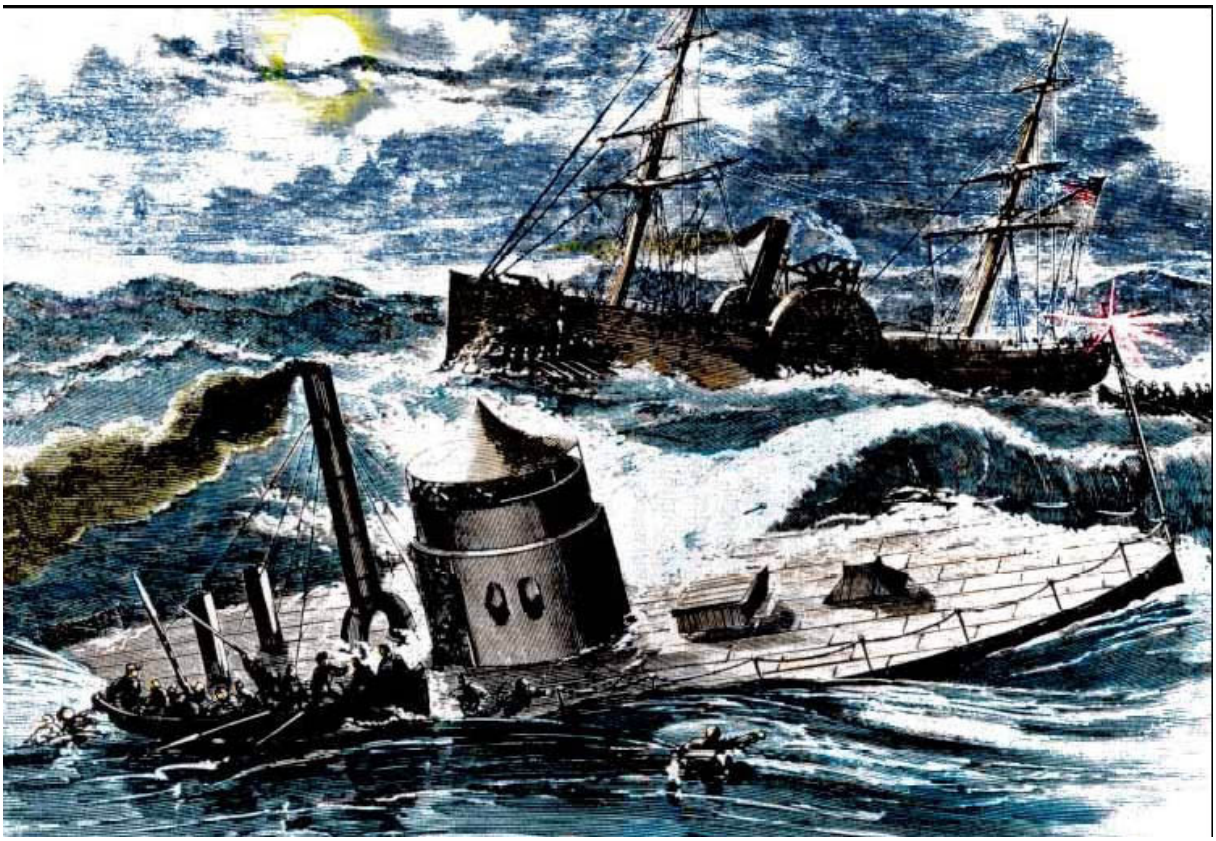


Photo # NH 50954 Inboard plans of USS Monitor, published 1862

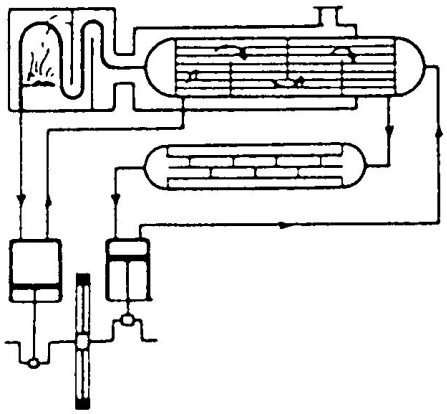


Construit à New-York et lancé le 25 février 1862 il coula dans une tempête le 31 décembre de la même année.



Son épave a été découverte en 1974 et le moteur a été renfloué le 26 décembre 2006 par l'US Marine.

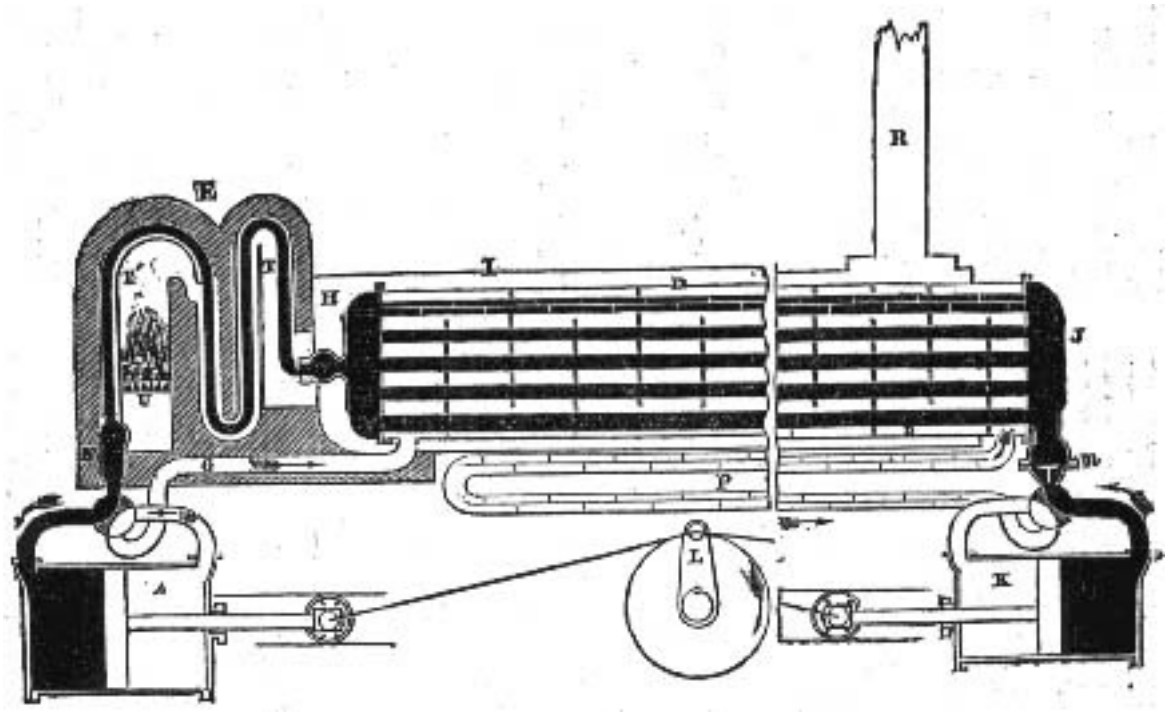
LE MOTEUR ERICSSON MARINE



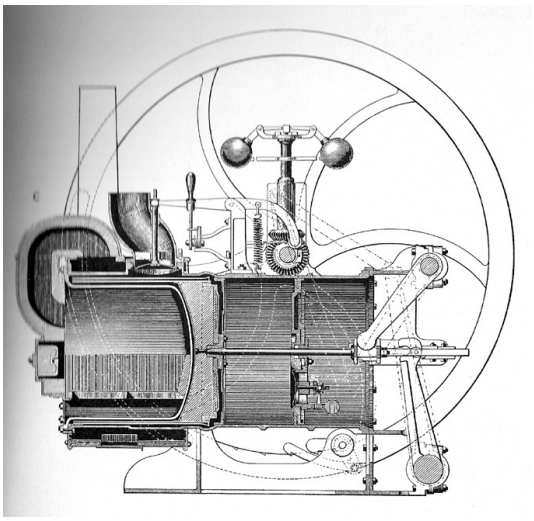
Le moteur à air chaud était très convoité pour les applications navales car il consommait peu et était facile à utiliser. John Ericsson inventa en 1833 un moteur thermique à air constitué d'un cylindre de compression muni de soupapes, d'un échangeur de chaleur récupérateur à contre-courant, d'un échangeur de chaleur pour la source chaude et d'un cylindre de détente, lui aussi muni de soupapes.

Ce moteur fut fabriqué et amélioré par plusieurs ingénieurs, dont l'Américain Alexander K. Rider, et la *Rider-Ericsson Engine Co.* domina le marché américain jusque dans les années 1930 .

Premier moteur thermique d'Ericsson, 1833 (Kolin 1991).

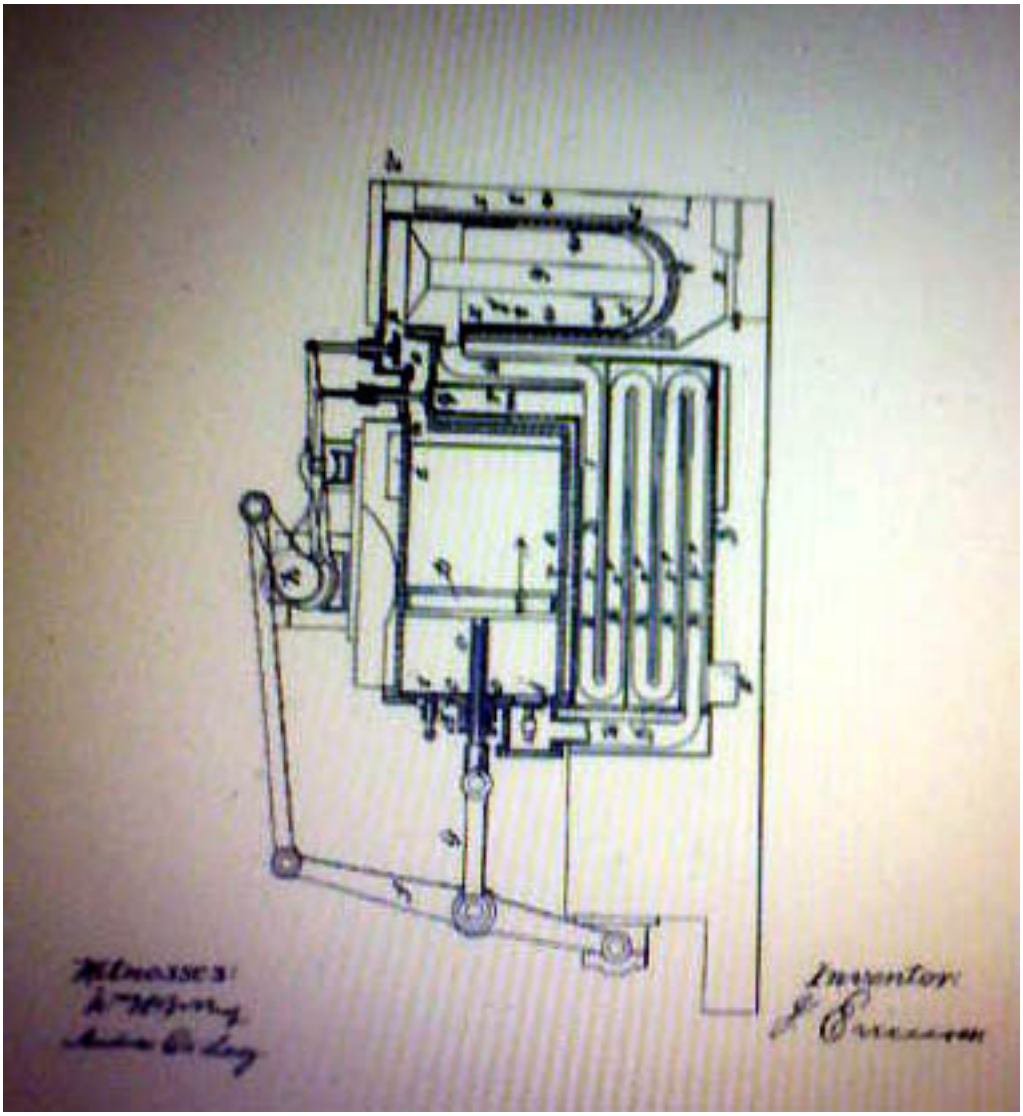


Le premier moteur du bateau « *Ericsson* » est constitué selon ce principe. On ne dispose toutefois pas d'un plan donnant la description exacte de ce moteur.



Suite à l'échec du moteur à air chaud du navire « *Ericson* » dont le rendement ne correspondait ni aux calculs de l'inventeur, ni aux attentes de l'Amirauté, Ericsson se consacra à la fabrication de moteurs de taille plus modeste fonctionnant toujours sur le même principe, mais de configuration mécanique sensiblement différente. En particulier, les deux pistons de compression et de détente se meuvent dans un même cylindre. Ce nouveau moteur fut le premier moteur à air chaud produit en grande série : prés de 3000 exemplaires furent vendus et mis en service aux Etats-Unis, en Angleterre, en Allemagne, en France et en Suède entre 1855 et 1860 (Stouffs 1999)

Le Bureau des brevets Américain (*US Patent and trademark office)* présente notamment sur son site (lien en annexe) le plan de la machine brevetée par Ericsson le 16 avril 1856 **(Ericsson Patent N° 14000).**



Un autre brevet pris en 1858 par Ericsson pour son "*half trunk, vibrating lever, back-acting engine*" concerne un moteur deux cylindres à double effet avec un alésage de 5 pouces, course de 2,75 pouces et à 85psi (et 20 pouces de mercure de vide) ; il développe 5 Hp à 125 tours-minute. Une simple commande à démultiplication par bras de levier entraîne la tige de manivelle solidaire de l'arbre d'hélice et l'excentrique de commande des soupapes. Ces leviers oscillants (« *vibrating levers* ») compensent la différence de course du piston et de la manivelle fréquemment évoquée comme un « problème de calage d'angle ») et augmentent les performances de la machine

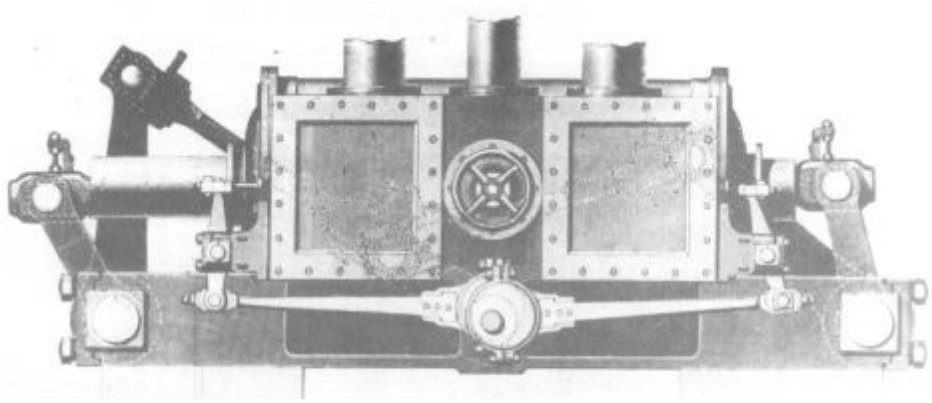
Nota : 1 pouce = 25,40cm environ.

Un modèle réduit qui accompagnait la demande de licence est visible *au British Science Museum* de Londres sous la référence **1865-35**

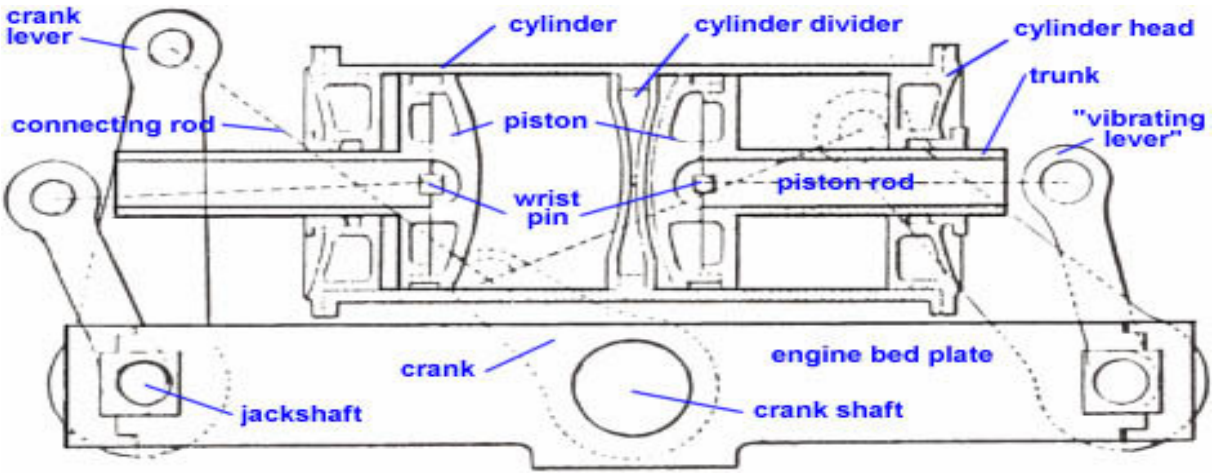
Ericsson améliora ensuite la conception de son moteur en décalant les cylindres et en les disposant de part et d'autre de la quille, le vilebrequin étant au centre. L'arbre d'hélice était ainsi relié directement au moteur et la charge était également répartie sur babord et tribord.

A noter également que tous les moteurs conçus par Ericsson après celui du bateau portant son nom étaient utilisés sur des bateaux utilisant un nouveau propulseur : l'hélice, dont certains historiens des techniques lui attribuent également l'invention.

En 1857 Ericsson avait encore réduit la taille du moteur en plaçant les cylindres dos à dos, ce qui permettait de centrer la charge sur la quille, grâce au système de leviers oscillant **(Ericsson Patent No. 20782).**

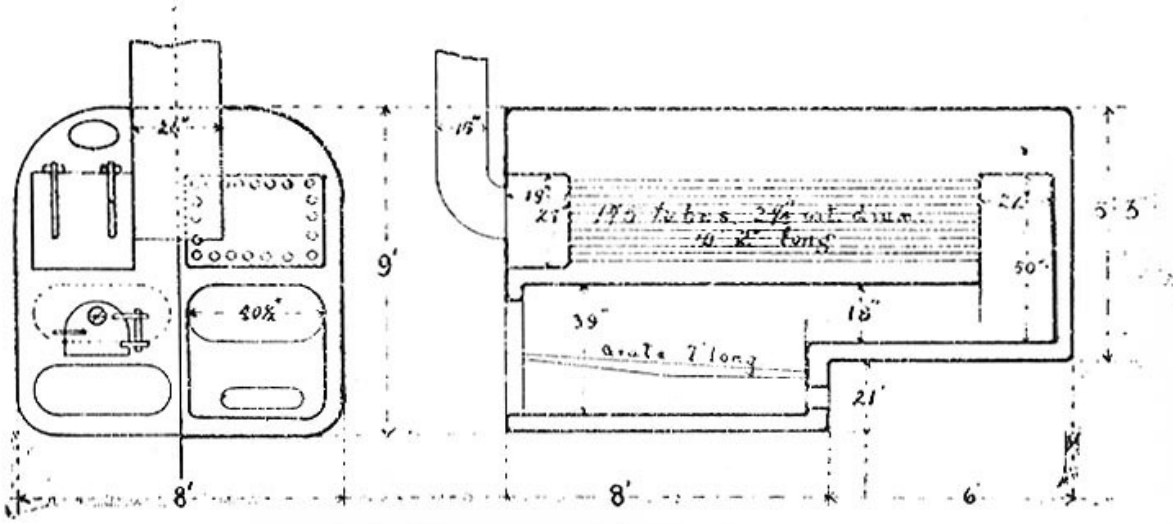


Mais le USS *Monitor* (1852) requérait un moteur encore plus compact et Ericsson, utilisant l'invention de John Penn concernant le concept de piston-arbre (*Trunk Piston*) s'affranchit du pied de bielle (cross-head) et diminua la largeur de la machine de façon à la rendre compatible avec la coque. Ce fut le modèle d'origine de tous les moteurs de type « *Monitor* » dont voici le schéma de principe :



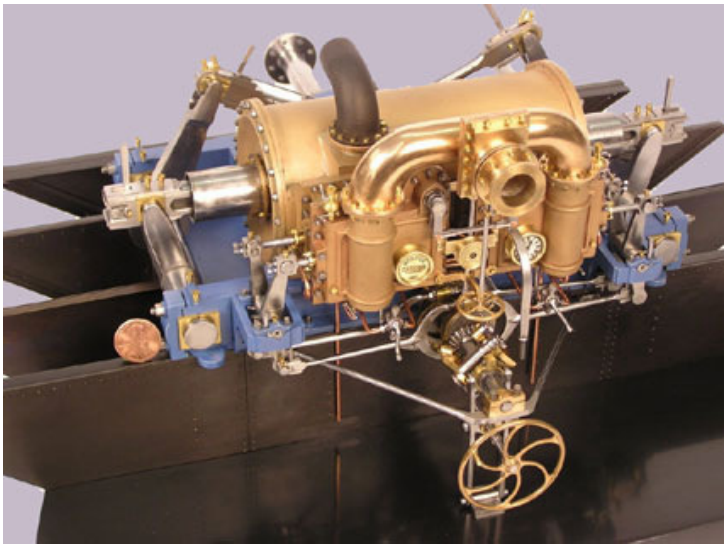
Ci-après le schéma de la chaudière du USS Monitor :

Photo # NH 94690 Sketch plan of boilers of USS Monitor



BOILER (2) OF THE MONITOR, 1861.

LORSQUE LES MODELISTES S'EN MELENT…



La maquette de cette machine au 1/16éme a été réalisée par Rich Carlstedt. A noter la pièce de monnaie qui donne l'échelle !

Elle est visible sur son site :
http://www.stationarysteam.com/
Les différentes étapes de fabrication de ce modèle peuvent être suivies sur le premier lien ci-après et une vidéo de cette machine en mouvement est consultable sur le second lien URL
http://bbs.homeshopmachinist.net/showthread.php?t=24113&highlight=USS+Monitor
http://www.youtube.com/watch?v=VWn8gQ9Ykpk

EN GUISE DE CONCLUSION….

En 1930 Le moteur Ericsson fut utilisé par Philips en Hollande pour motoriser de petits générateurs électriques portables destinés à alimenter les postes de radio à tubes exportés dans des pays dépourvus d'infrastructure énergétique.
Puis les militaires s'intéressèrent à l'invention de Ericsson pour la propulsion de navires de guerre et de submersibles. L' hélium en enceinte confinée fut alors substitué à l'air chaud pour des raisons de rendement et d'économies de combustible.
… Mais ceci est une autre histoire…

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Stouffs, P., 1999, « Machines thermiques non conventionnelles : état de l'art, applications, problèmes à résoudre », *Thermodynamique des machines thermiques non conventionnelles*, Journée d'Etudes organisée par la Section Thermodynamique de la SFT, 14 octobre 1999.
Fintkelsein, Th., Organ, A.J.,2001, *Air engines*, Professional Engineering Publishing Ltd, London.
Kolin, I., 1991, *Stirling motor: history - theory – practice*, University Publications Ltd, Zagreb.
Strandh, S.,1982, *Machines, an illustrated history*, Nordbok, Gottenburg, Sweden.
The American Society of Mechanical Engineers, 345 East 47th Street, New York, N.Y. 10017

REFERENCES INFORMATIQUES

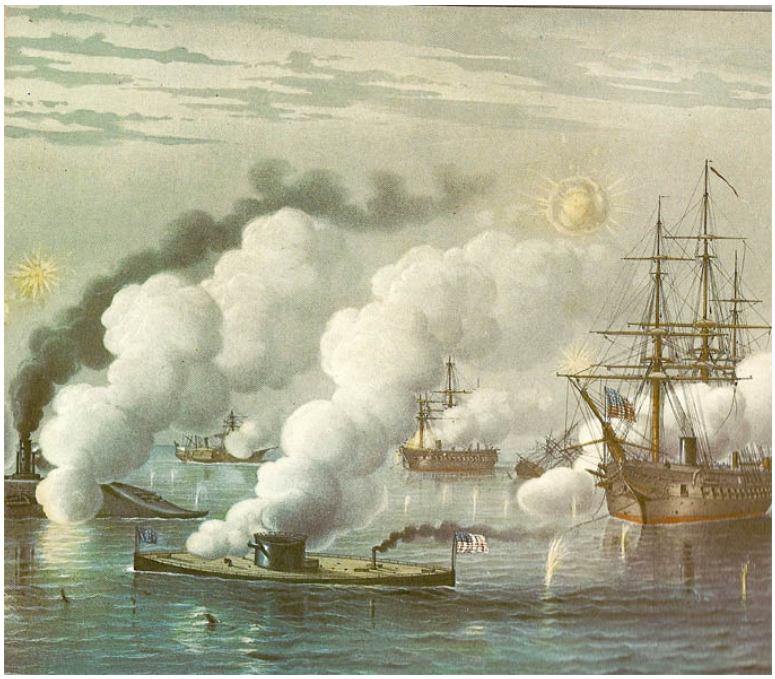
SITES SPECIALISES :
http://www.pcez.com/~artemis/SLAengine.htm
http://www.dself.dsl.pipex.com/MUSEUM/POWER/vibratory/vibrate.htm#eric
http://www.monitorcenter.org/forum/viewtopic.php?t=76
http://www.panda.ro/site/nr_3.doc
http://celebrating200years.noaa.gov/monitor/engine_register.html

NATIONAL HISTORIC MECHANICAL ENGINEERING LANDMARK :
http://files.asme.org/ASMEORG/Communities/History/Landmarks/5539.pdf

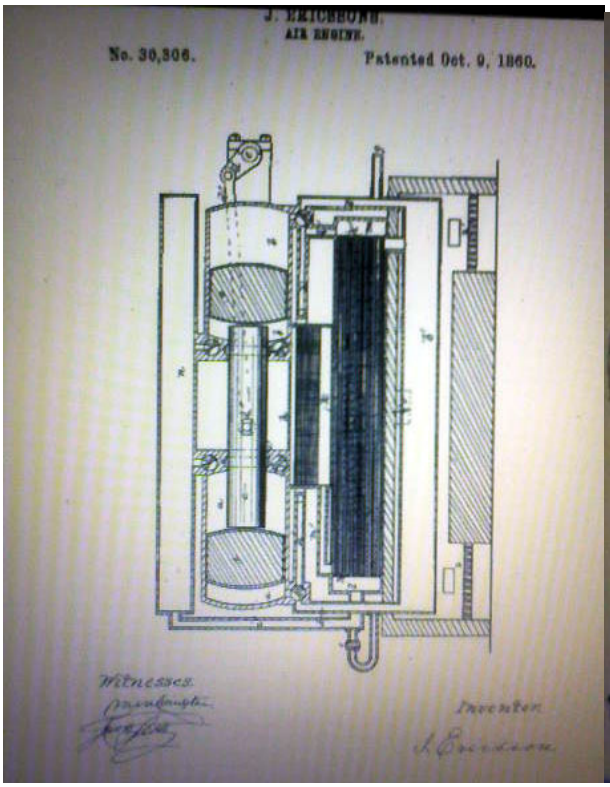
DEPARTMENT OF THE NAVY -- NAVAL HISTORICAL CENTER805 :
http://www.history.navy.mil/photos/sh-usn/usnsh-m/monitr-v.htm

US PATENT AND TRADEMARK OFFICE :
http://patft.uspto.gov/

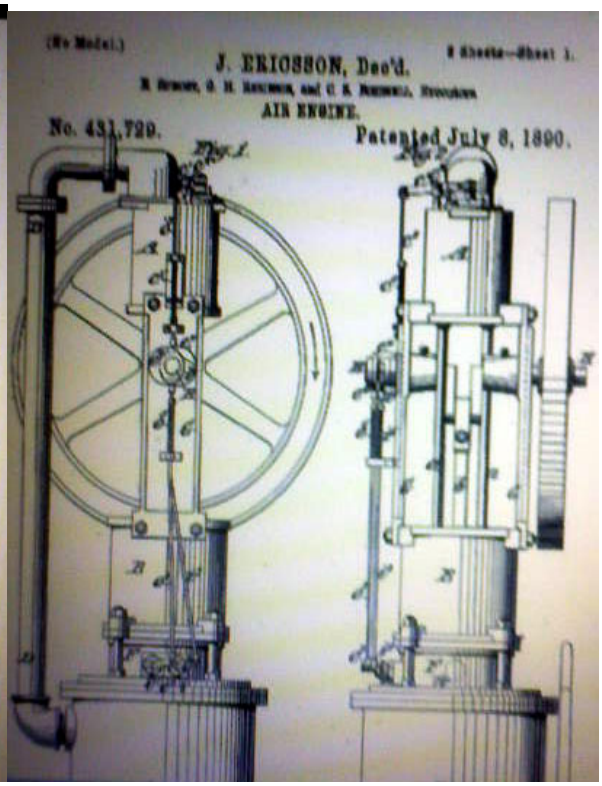
SOURCE DES ILLUSTRATIONS : Ouvrages et sites ci-dessus.



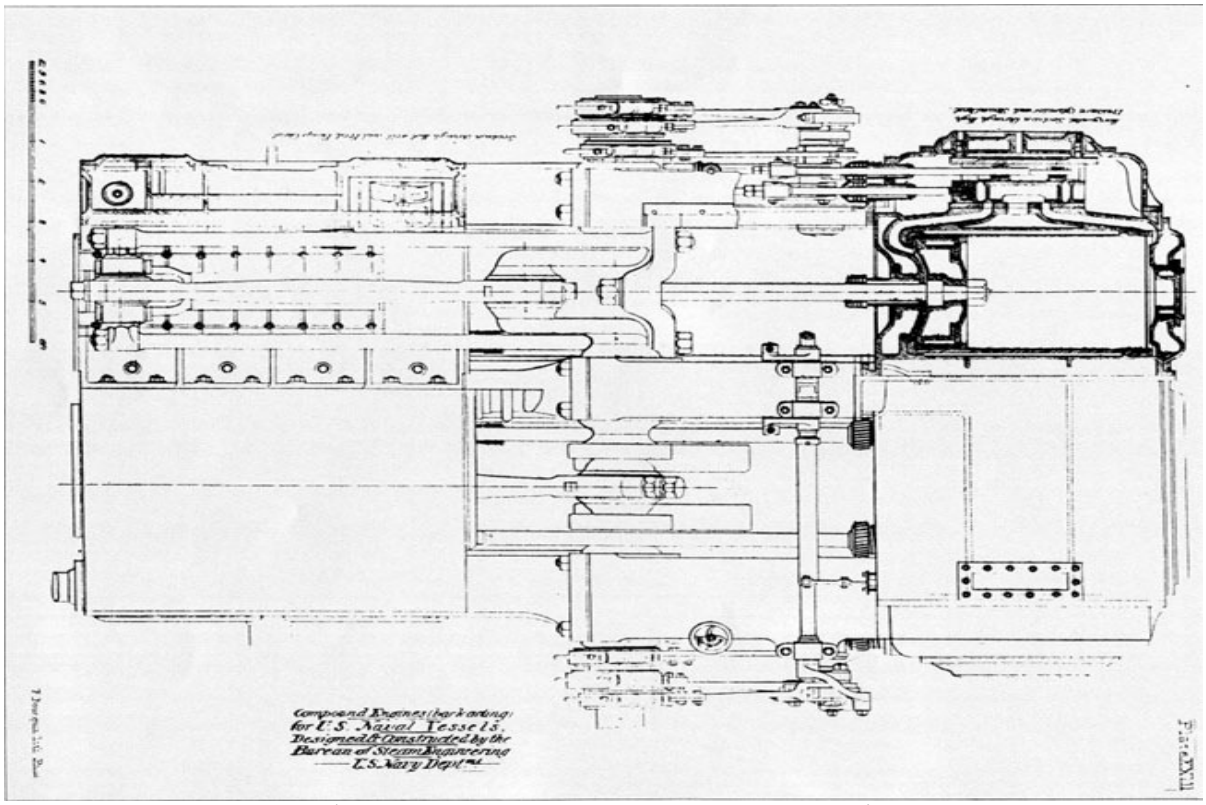
…ET LE BONUS POUR LES PASSIONNES !



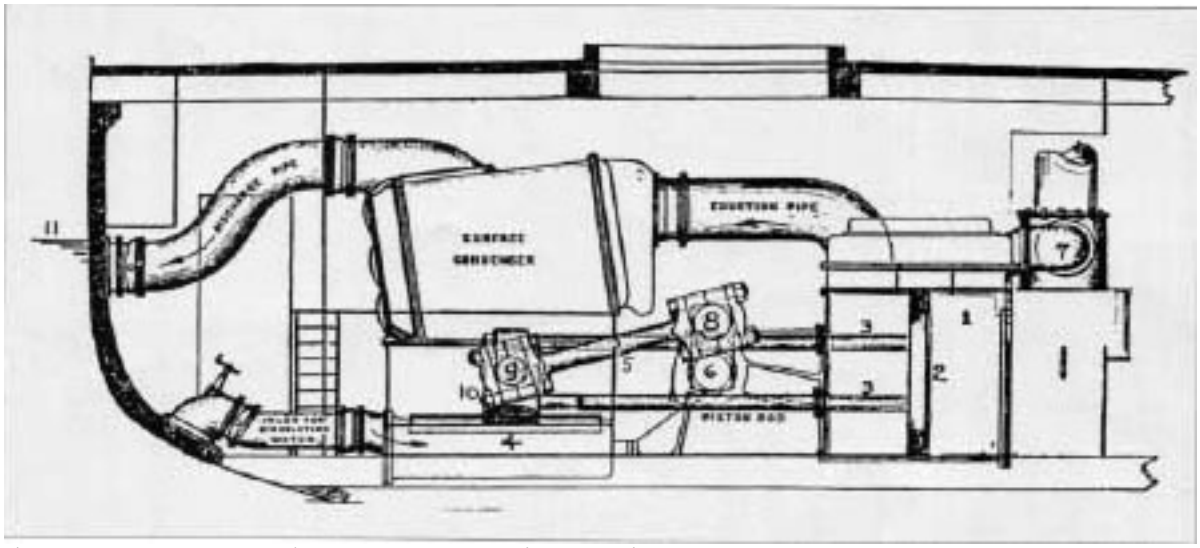
Brevet Ericsson 1860



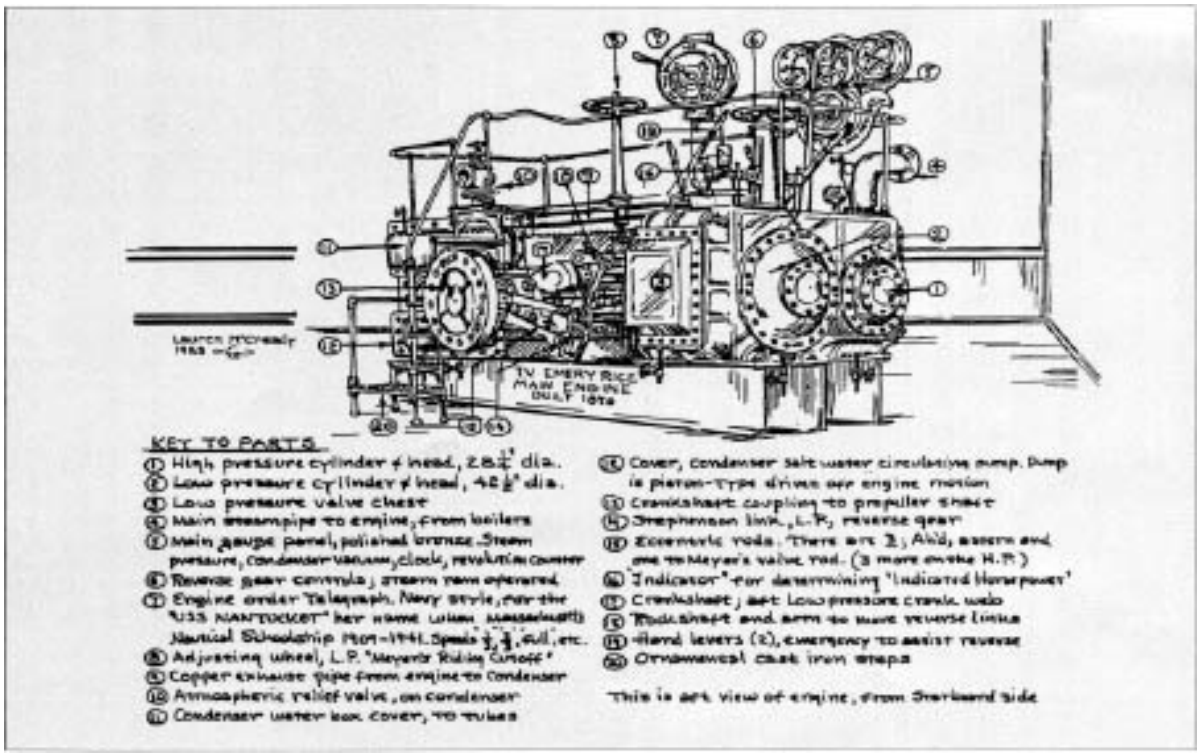
Brevet Ericsson 1890



Vue de dessus d'un moteur à vapeur compound double action avec tige de piston attelée au cylindre haute pression à gauche, et deux tiges de piston sous et au dessus du vilebrequin sur le cylindre basse pression.
(*Modern American Marine Engines,Boilers and Screw Propellers,* Emory Edwards, Philadelphia, 1881).



Pièces principales d'un moteur à vapeur propulsion arrière de la période 1855–1875. (adapted from*The Marine Steam Engine* by Sennett and Oram, London, 1915). 1–Cylindre; 2–piston; 3 et 3–tiges de piston, celle du haut la plus éloignée étant au-dessus du vilebrequin 6 et la plus proche passant dessus, la manivelle tournant entre les tiges.4–guide de tête de bielle; 5–bielle de raccord;6–vilebrequin; 7–admission de vapeur; 8–maneton;9–maneton; 10–pied de bielle; 11–ligne de flottaison .

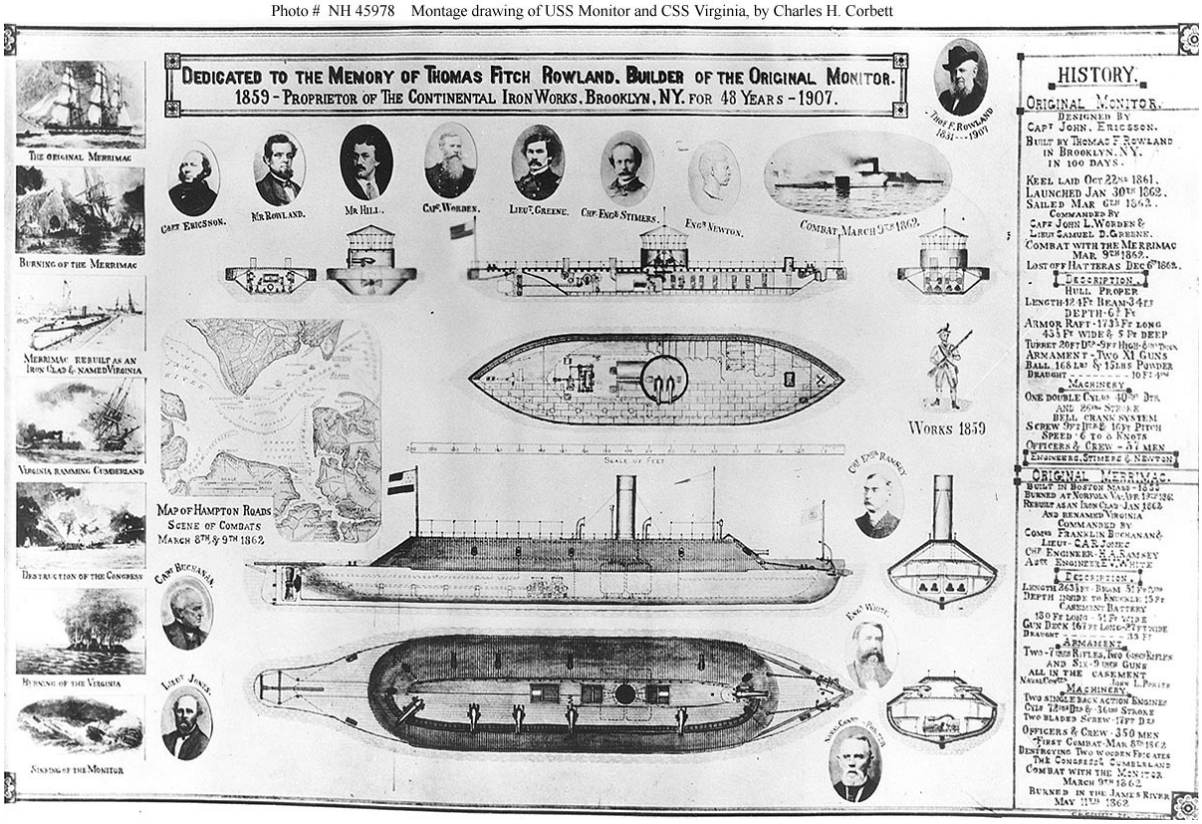


Main engine of T. V. EMERY RICE.

Ce moteur à vapeur est dérivé du prototype présenté en 1844 à la British Navy par la célèbre firme Maudslay & Field

Il connut son heure de gloire et disparut à la fin du dix-neuvième siècle lorsque le blindage des coques permit de protéger les machines à cylindres verticaux qui développaient une puissance nettement supérieure et étaient plus pratiques à mettre e n œuvre que les moteurs bas placés le long de la quille et sous le niveau de flottaison aux fins de protection contre les tirs ennemis.

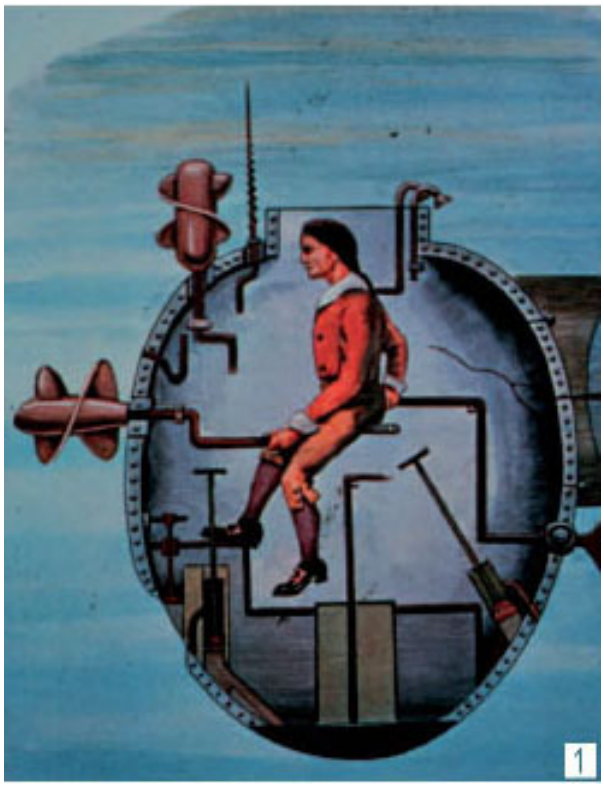
Photo # NH 45978 Montage drawing of USS Monitor and CSS Virginia, by Charles H. Corbett



John ERICSSON (1803-1889)

LE SOUS MARIN A VAPEUR DE NARCISO MONTURIOL (1819-1885)

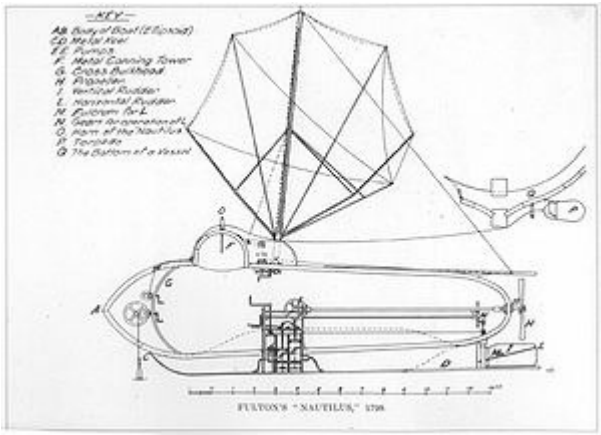
Virtuellement inconnu des historiens navals, Narcíso Monturiol est né en 1819 à Figueras (Catalogne).
Sympathisant des idées socialistes libertaires et utopiques, opposé à la monarchie réactionnaire, Monturiol s'engagea toute sa vie dans des activités républicaines. Il croyait notamment que la science et la technique devaient contribuer au progrès économique et social de l'humanité, et il était à la recherche permanente de remèdes à la souffrance humaine.
En 1844, alors qu'il se promène sur la plage de Barcelone, il voit un pêcheur de corail noyé entouré d'autres pêcheurs qui tentent de le ranimer. Une autre fois, toujours sur la même plage, observant les navires sous voile, une idée germe dans son esprit : Pourquoi ne pas construire un bateau à voile sous-marin qui permettrait aux pêcheurs de corail de pratiquer leur métier en toute sécurité ?
Il envisage même une nouvelle ère d'exploration scientifique sous les vagues qui recouvrent soixante quinze pour cent de la planète.



L'idée n'était toutefois pas nouvelle :

En 1776, David Bushnell avait construit le sous-marin monoplace à propulsion musculaire *Turtle.*
Le projet initial était de briser le blocus naval de New York par les Anglais durant la Révolution Américaine.

Deux hélices actionnées par manivelle, un gouvernail arrière et un ballast permettaient au submersible de se déplacer dans les trois dimensions. Une mèche verticale également actionnée par une manivelle servait à percer les coques en bois des navires ennemis et le *Turtle* pouvait également fixer des mines.



En 1800 l'Américain Robert Fulton avait proposé au Directoire de la Révolution Française son navire sous-marin *Nautilus* pour briser le blocus de l'Angleterre.
La propulsion en surface était assurée par des voiles et un système de manivelles actionnait une hélice en immersion. Après deux essais infructueux, Fulton ne parvint pas à convaincre les autorités.
Le sous-marin de Monturiol, appelé *Ictineo* (du Grec *icthus* = poisson et *naus* = bateau), a la forme d'un poisson et enveloppe

complètement ses passagers, les protégeant du milieu marin tout en leur permettant d'intéragir avec lui. Le navire est équipé de hublots et de pinces mécaniques pour recueillir le corail. Il doit être en mesure d'opérer de façon totalement autonome, et Monturiol envisage même la production d'oxygène à partir de l'eau de mer selon le principe des branchies des poissons.
En 1859 le sous-marin *Ictineo* fut lancé à Barcelone et resta deux heures en immersion. Il était propulsé par seize hommes qui actionnaient une manivelle.

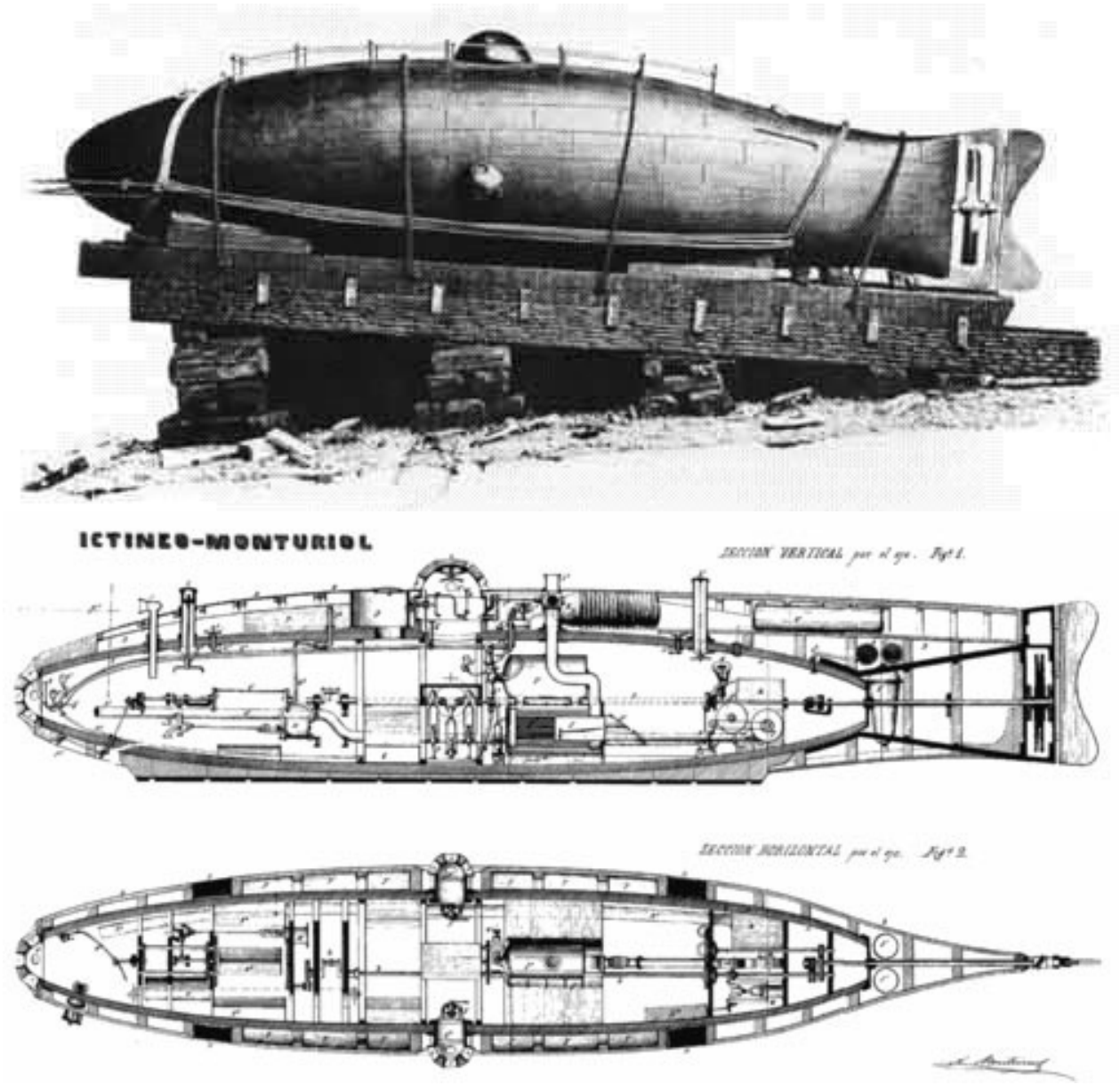
L'échec commercial de l'invention fut patent et Monturiol offrit même son submersible aux Confédérés pour briser le blocus fédéral. Les Confédérés déclinèrent l'offre et Monturiol s'intéressa alors au marché du renflouage des épaves. Cette invention semble toutefois avoir inspiré Horace L. Hunley, concepteur du submersible qui porte son nom et qui s'illustra dans la Guerre de Sécession.

Contrairement à ses prédécesseurs, Monturiol procéda à une étude extensive des principes scientifiques qui régissent la navigation sous-marine. Il devint un expert en océanographie, météorologie, biologie, chimie, physique et technologie, toutes disciplines dans lesquelles il mena ses propres expérimentations.
Son premier challenge fut la résistance à la pression de l'eau. Par expérience, Monturiol savait que la sphère était la forme la plus adaptée. Toutefois, celle du poisson lui semblait supérieure pour des raisons hydrodynamiques Il eut alors l'idée de génie de conserver une coque extérieure hydrodynamique et de la doubler intérieurement d'une coque ellipsoïde résistante à la pression de l'eau, ce qui lui permit également d'installer des ballasts et d'autres équipements dans l'espace compris entre les deux coques.
Monturiol voulait construire la coque interne en métal, mais le coût s'opposa à ce projet. Finalement, il fabriqua un fût cylindrique en bois d'olivier supporté par des couples en chêne et recouvert d'une feuille de cuivre de 2mm d'épaisseur. Cette coque mesurait environ quatre mètres de long, deux mètres en sa partie la plus haute, et un mètre de large, pour un volume

de 7m3 ; elle pouvait accueillir jusqu'à six membres d'équipage. D'après ses calculs, la coque était capable de résister à une pression correspondant à 500 mètres d'eau, qu'il limita à 50 mètres pour des questions de sécurité. La coque externe mesurait 7 mètres de long, deux mètres et demi de diamètre, et déplaçait dix tonnes.
Quatre ballast furent installés entre les deux coques,- deux à l'avant et deux à l'arrière -, contrôlés par des soupapes d'admission d'eau et des pompes de vidage. Monturiol installa également un lest amovible dont le décrochage augmenterait la flottabilité de son navire sous-marin en cas de défaillance des ballasts.
De même que pour la double coque en métal, Monturiol dut renoncer pour des raisons financières à installer une machine propulsive à vapeur. Comme ses prédécesseurs, il eut donc recours à la force musculaire pour propulser le *Ictineo*.
Un autre problème à résoudre était celui de la survie de l'équipage en immersion. Après avoir entrepris des recherches sur les branchies des poissons afin de comprendre comment était extrait l'oxygène dissous dans l'eau de mer, il abandonna cette voie. Il se consacra ensuite à la recherche d'un procédé destiné à purifier l'air contenu dans la coque du gaz carbonique en le filtrant dans un récipient contenant de la chaux sodée (hydroxyde de calcium). La réaction avec le dioxyde de carbone fixe celui-ci en formant du carbonate de calcium.
Par contre, sa solution pour fabriquer de l'oxygène s'avéra irréalisable car elle dégageait de l'acide sulfurique. Il se contenta donc de calculer la durée maximum d'immersion en fonction du volume d'air embarqué et du nombre d'hommes d'équipage. Le problème de l'éclairage fut résolu par l'emploi d'une bougie qui, bien que consommant elle-même de l'oxygène, s'avérait être un précieux indicateur en cas de raréfaction de celui-ci.
Pour explorer le monde sous-marin, le *Ictíneo* fut muni de hublots semi-coniques à l'avant, sur les côtés et en haut, scellés dans leur logement par la pression de l'eau.

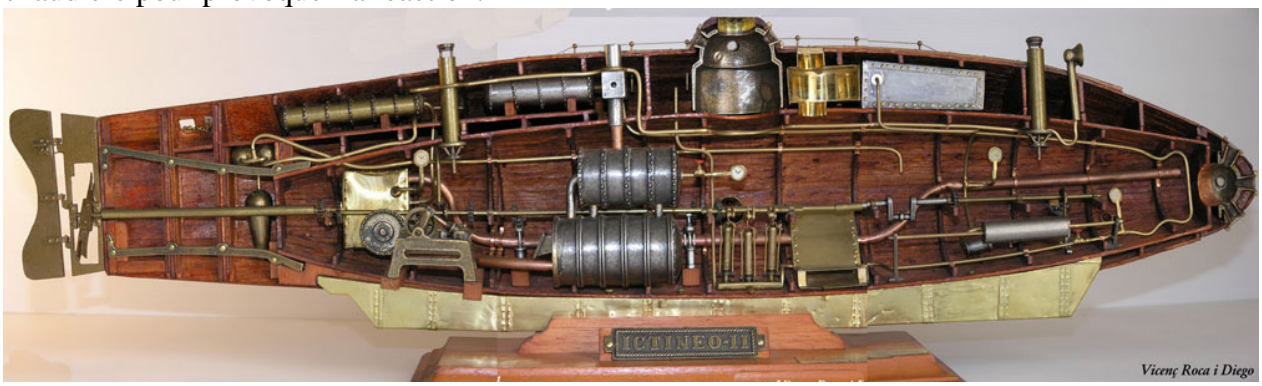
Le 28 juin 1859, le *Ictíneo* glissa sur sa cale de construction du port de Barcelone et s'écrasa dans l'eau sur des piliers cachés. Monturiol constata que les réparations dépasseraient ses capacités de financement, aussi renonça-t-il à réparer les dommages occasionnés aux hublots, à la coque extérieure et aux ballasts et limita-t-il les plongées à 10 mètres.
Quelques heures plus tard, le *Ictíneo* était prêt pour un nouvel essai. Monturiol et deux membres d'équipage s'enfermèrent dans le submersible et actionnèrent la manivelle de l'hélice. A distance de sécurité du quai, le *Ictineo* s'arrêta, et s'enfonça lentement dans une profusion de bulles d'air. Vingt minutes plus tard, la surface de l'eau se remit à bouillir et le *Ictineo* refit surface.
Au cours de l'été 1859, Monturiol effectue plus de vingt plongées d'essai avec le *Ictineo*, jusqu'à atteindre la profondeur limite de 20 mètres. Il constate que l'équipage pouvait respirer en immersion pendant environ deux heures à partir de l'air contenu dans la coque, et que leur endurance pouvait être doublée avec l'emploi de bouteilles d'oxygène d'appoint et d'un absorbeur de gaz carbonique. Le *Ictineo* avait fait la preuve d'un bon comportement marin, mais la vitesse liée à sa propulsion musculaire était décevante.
Néanmoins, à la fin de l'été 1859, Monturiol proclamait : « *Après les premiers essais concluants de mon premier Ictineo, qui n'est autre qu'un prototype expérimental, il n'est pas exagéré d'affirmer que, dorénavant, l'homme peut dominer l'intégralité de la croûte terrestre car il a entre les mains le moyen d'atteindre n'importe quel point du fond des océans.* »
En janvier 1862, après plusieurs plongées, le *Ictíneo* fut détruit par un cargo rétif qui le percuta alors qu'il était à l'amarre. Monturio en fut très affecté, mais cela renforça son engagement de construire un second submersible : *Ictineo II.*
Contrairement à ses prédécesseurs, et du fait de ses sympathies socialistes et utopistes, Monturiol n'avait pas conçu une machine de guerre. Il fut néanmoins forcé de se tourner vers l'armée Espagnole pour obtenir des subventions en vue de construire son second submersible.

Légèrement plus large que son prédécesseur conçu pour un équipage de vingt membres, le *Ictineo II* bénéficia de nombreux perfectionnements : lampe chimique, pinces articulées rétractables, systèmes de renouvellement d'air plus performants et ballasts séparés pour le contrôle de l'inclinaison et de la descente.



Le *Ictíneo II* entreprit son voyage inaugural le 20 Mai 1865 avec une plongée à trente mètres. Mais Monturiol était toujours préoccupé par le problème de la propulsion de son submersible. Après avoir calculé que trois nœuds était la vitesse minimum de sécurité d'une embarcation et que la seule force musculaire ne permettait pas de l'atteindre.
Le moteur électrique industriel et le moteur à combustion interne n'étant pas encore inventés, il n'avait d'autre choix que la machine à vapeur . Mais les machines de l'époque étaient chauffées par des foyers ouverts, ce qui n'est pas un handicap pour les navires de surface qui peuvent évacuer les gaz de combustion et s'approvisionner en air frais, mais qui pose par contre des problèmes insolubles dans le cas des submersibles.
Monturiol reprit ses expériences chimiques, concoctant des centaines de mélanges jusqu'à découvrir qu'un mélange de 53% de zinc, 16% de dioxyde de manganèse et 31% de chlorate de potassium était suffisamment exothermique pour chauffer la chaudière d'une machine à vapeur, tout en dégageant de l'oxygène.

Il se procura un moteur de 6 CV et doubla la chaudière : l'une, classique au charbon pour la navigation en surface et l'autre, chimique, pour la navigation en immersion. Les produits chimiques étaient stockés dans 15 cylindres en forme de tiges qui étaient insérés dans la chaudière pour provoquer la réaction.



Monturiol envisagea même la mise en chantier d'un troisième submersible plus vaste pour recevoir son nouveau moteur à vapeur, la chaudière chimique et les tuyauteries. Il aurait été entièrement construit en métal, bien meilleur conducteur de la chaleur que le bois. Le moteur aurait été logé dans un compartiment séparé et climatisé. Ce n'était toutefois qu'un projet irréalisable faute de subventions.

Une alternative plus réaliste, quoique également coûteuse, était d'enfourner les moteurs dans le *Ictíneo II,* d'installer un faisceau de tuyaux en bronze à l'intérieur du submersible, au travers desquels de l'eau de mer serait pompée pour évacuer l'excès de chaleur de la chaudière.

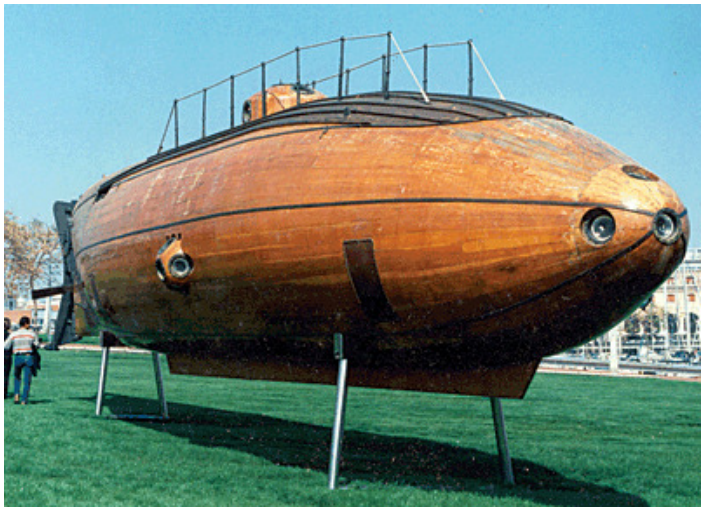
Dans la première moitié de l'année 1867 Monturiol était sur le point de réunir les fonds pour les deux chaudières de son *Ictineo II* mais il dut s'exiler à ce moment critique pour des raisons politiques.

De retour trois mois plus tard, il procédera le 22 octobre 1867 aux premiers essais en surface du *Ictineo II* sous vapeur. Le submersible afficha 3,5 nœuds avec une pointe de vitesse de 4,5 nœuds, ce qui était suffisant selon ses calculs pour garantir la manœuvrabilité du navire. Le 14 décembre il plongea et mit en marche le propulseur chimique sans toutefois se déplacer. En février 1867, l'association qui le finançait fit banqueroute. Incapable de payer ses dettes, Monturiol fut contraint d'abandonner son seul bien, le *Ictíneo II*, qui fut finalement démantelé et vendu à la ferraille. Après ce dernier échec il sombra dans l'oubli.

Narciso Monturiol (1819-1885)

Considéré de nos jours comme un personnage historique illustre, il est célébré dans toute la Catalogne, et l'an 2009 a été décrété "*Année Monturiol*" pour commémorer le cent cinquantième anniversaire de la mise à l'eau du sous-marin *Ictíneo* dans le port de Barcelone.
Le *IctineoII* aurait, avec le submersible éponyme de Fulton et peut-être même le *Hunley*, inspiré Jules Verne pour le ***Nautilus*** de Vingt mille lieues sous les mers.

Photographie du monument qui lui est dédié à Barcelone



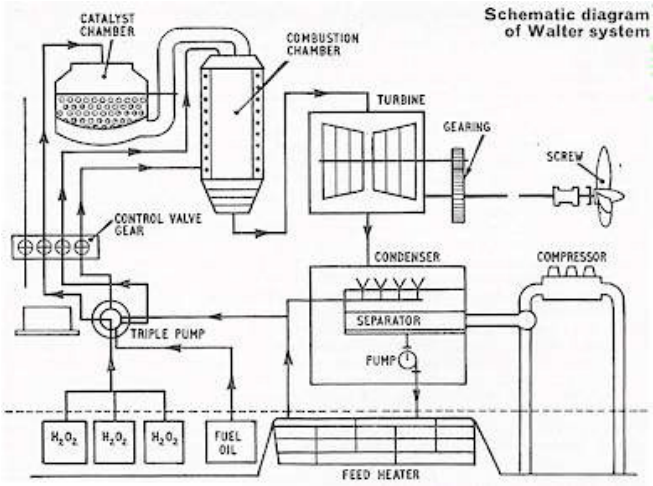
Références :

HOLIAN, T. , Monturiol, the forgotten Submariner,*Underseawarfare, The official magazine of the US Submarine Force*, Spring 2005 vol 7 N°3

http://www.centraliens-lyon.net/public/articles/download.php?id_document=379
http://en.wikipedia.org/wiki/Narcís_Monturiol_i_Estarriol
www.amicsdelmar.com/.../index.html

MONTURIOL VISIONNAIRE ?

Monturiol fit œuvre de pionnier dans ses réflexions sur la conception de sous-marins dits «*anaérobie* » (A.I.P.ou Air Independant Propulsion) qui fait aujourd'hui l'objet de recherches de pointe en vue depermettre le fonctionnement de systèmes propulsifs non nucléaires en immersion totale sans avoir recours à une prise d'air de type Schnorkel.

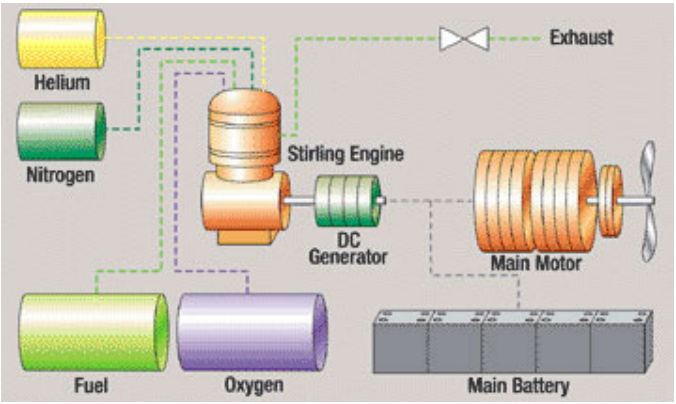


Le premier sous-marin de ce type fut mis au point en Allemagne pendant la seconde guerre mondiale par le Professeur Hellmuth Walter qui développa un système propulsif utilisant du peroxyde d'hydrogène fortement concentré pour produire de la vapeur sur un sous-marin à propulsion par turbine. Ce dispositif fut installé dans les U-boot du type XXVI.

Un autre système AIP conçu par les Soviétiques utilisait de l'oxygène liquide et du gazole pour faire fonctionner un moteur diesel en cycle fermé (CCD). Il a été installé dans le sous-marin M-401 de type « *Quebec* » pour une expérience qui a duré de 1940 à 1945.

Ces systèmes faisaient appel à un produit hautement instable : le peroxyde d'hydrogène et ont connu de très nombreux problèmes de sécurité : explosions, incendies et même la perte de quelques bâtiments que les sous-mariniers russes avaient sinistrement surnommés « *allume-cigarettes* ».

Retour au moteur Stirling.



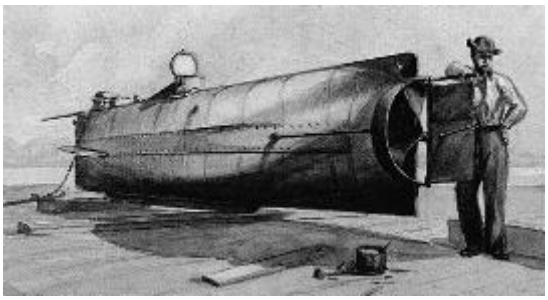
En 1989, la firme Kockums a équipé le sous-marin de la marine royale suédoise, le HMS Näcken, du premier système opérationnel au monde d'air indépendant propulsion (AIP) pour sous-marins conventionnels. Le principe du système AIP de Kockums est basé sur un moteur Stirling qui fonctionne comme une pompe à chaleur : il brûle le carburant diesel et l'oxygène pur dans une chambre de combustion séparée. La combustion continue s'effectue à une pression supérieure à celle du milieu marin environnant permettant ainsi aux gaz d'échappement d'être déversés directement dans la mer.

Références :

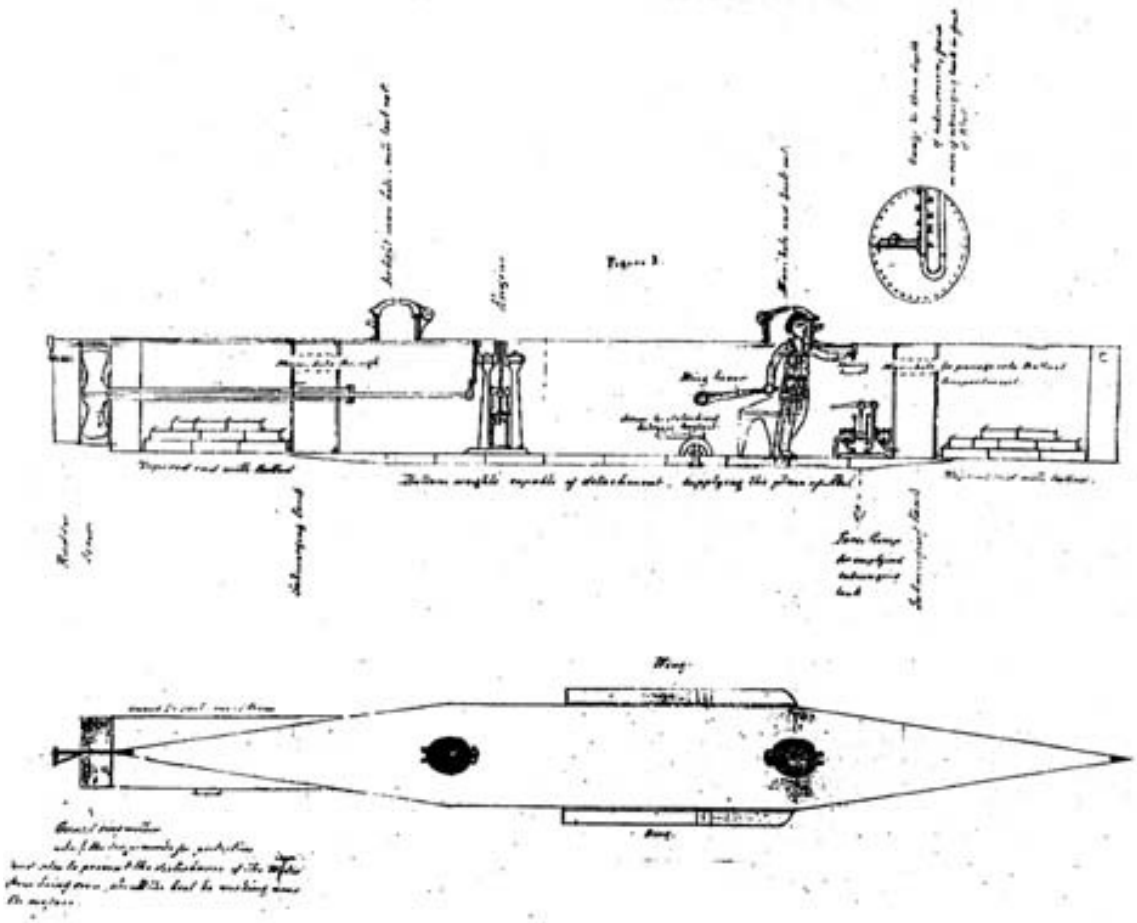
HOLIAN, T : Monturiol, the forgotten Submariner,*Underseawarfare, The official magazine of the US Submarine Force*, Spring 2005 vol 7 N°3
http://zone.sousmarins.free.fr/SF2page1.html
http://www.dataphone.se/~ms/ubootw/boats_walter-system.htm

LES MACHINES DU « NAUTILUS » de NEMO

En 1865, année de la fin de la guerre de Sécession, Jules Verne termine son roman « ***Les Forceurs de Blocus*** », qui prend pour cadre les événements américains récents. Il entreprend la même année, un nouveau récit d'aventures, soue le titre provisoire de « *Voyage sous les eaux* », et qui deviendra « *Vingt mille lieues sous les mers* ». Les américains sont convaincus que le **Hunley** est le modèle du **Nautilus**. Mais d'autres modèles ont également pu influencer Jules Verne. Nous chercherons également, parmi les innovations technologiques de son époque, des informations sur la motorisation du *Nautilus* et nous nous efforcerons de la modéliser.



Le sous-marin CSS H. L. *Hunley* fut conçu pour attaquer les navires de l'Union qui faisaient le blocus des ports des Confédérés. Mesurant 12,04 mètres de long pour 1,17 mètre diamètre et pesant 8 tonnes, il était pourvu d'une longue perche à l'avant, terminée par une charge explosive. L'opération, extrêmement dangereuse, consistait à approcher le navire ennemi, y attacher l'explosif, reculer et le faire détonner. Le submersible ne disposait d'autre alimentation en air que celui contenu dans le faible espace intérieur. Lors d'un essai il coula en 1863, tuant son inventeur Horace L. Hunley et les sept autres membres de l'équipage.



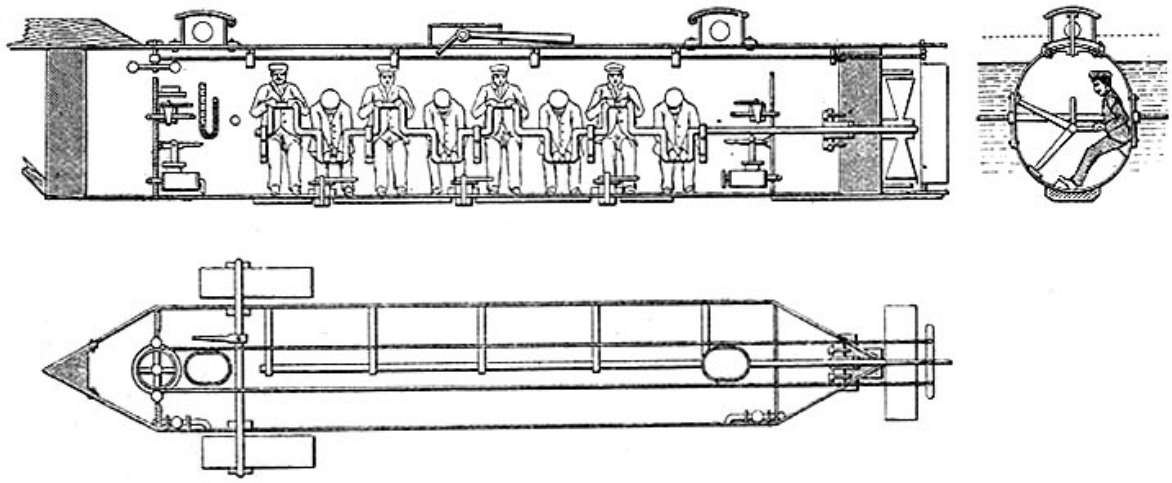
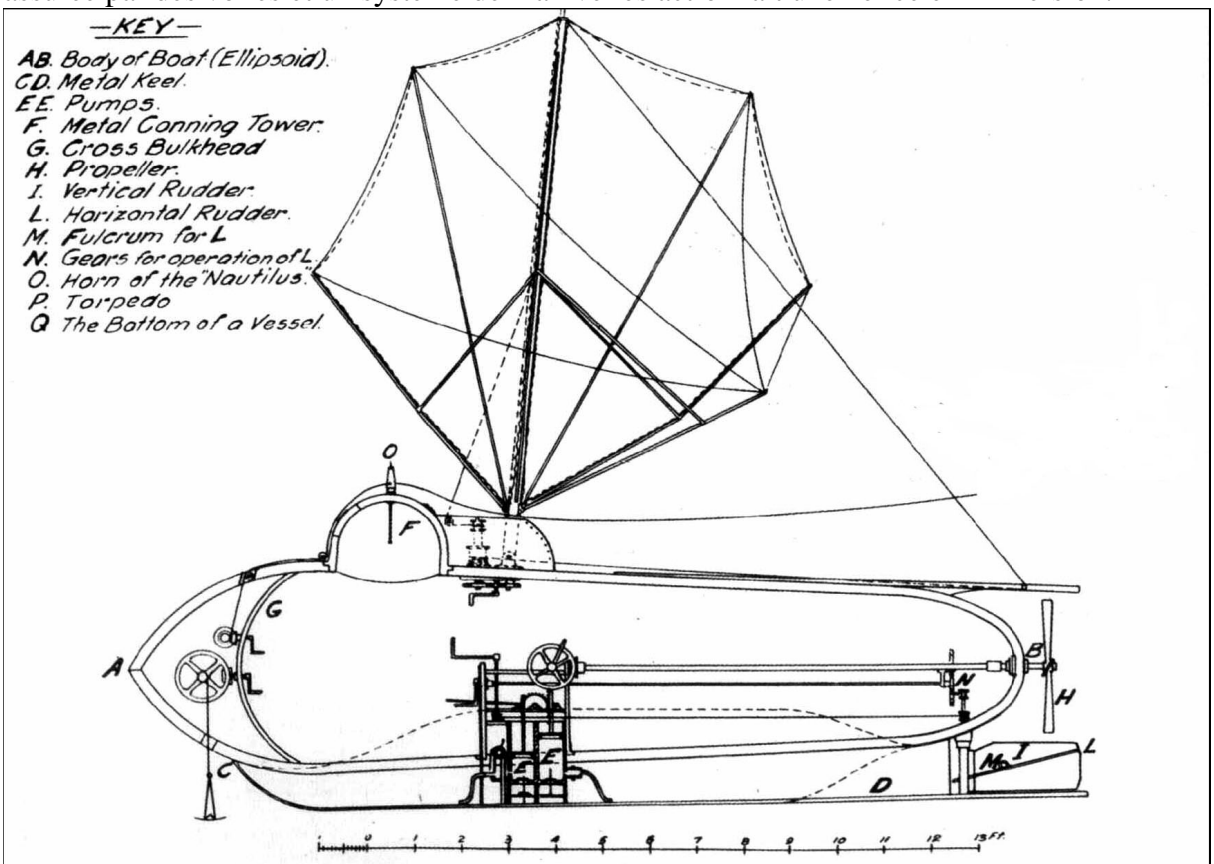


Fig. 175 à 177. — Le *David* de Hunley reconstitué d'après les dessins de M. William-A. Alexander (1863).

Renfloué, le **CSS H. L. Hunley** connaîtra son heure de gloire le 17 février 1864 : il part en mission depuis le port de Charleston, en direction du **USS Housatonic** et, après avoir fixé la charge explosive et coulé le navire ennemi, il devient le premier sous-marin parvenu à détruire un navire de guerre lors d'une opération militaire. Mais il ne parviendra pas à rejoindre la côte et coulera avec tout son équipage. Son épave a été retrouvée le 3 Mai 2000 et repêchée le 8 août de la même année.

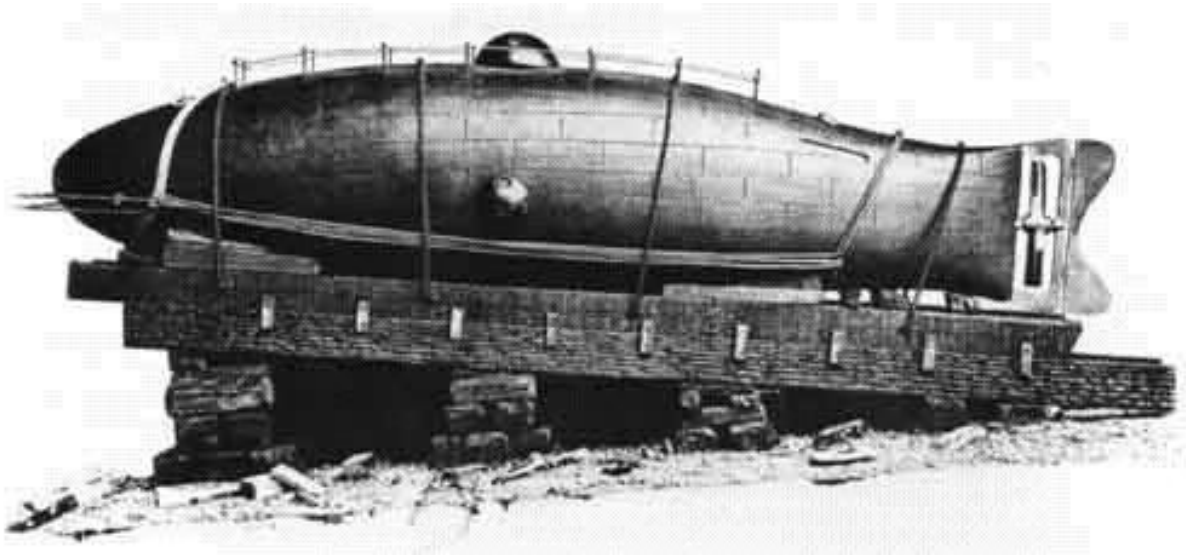
Renflouement du **CSS H. L. Hunley**

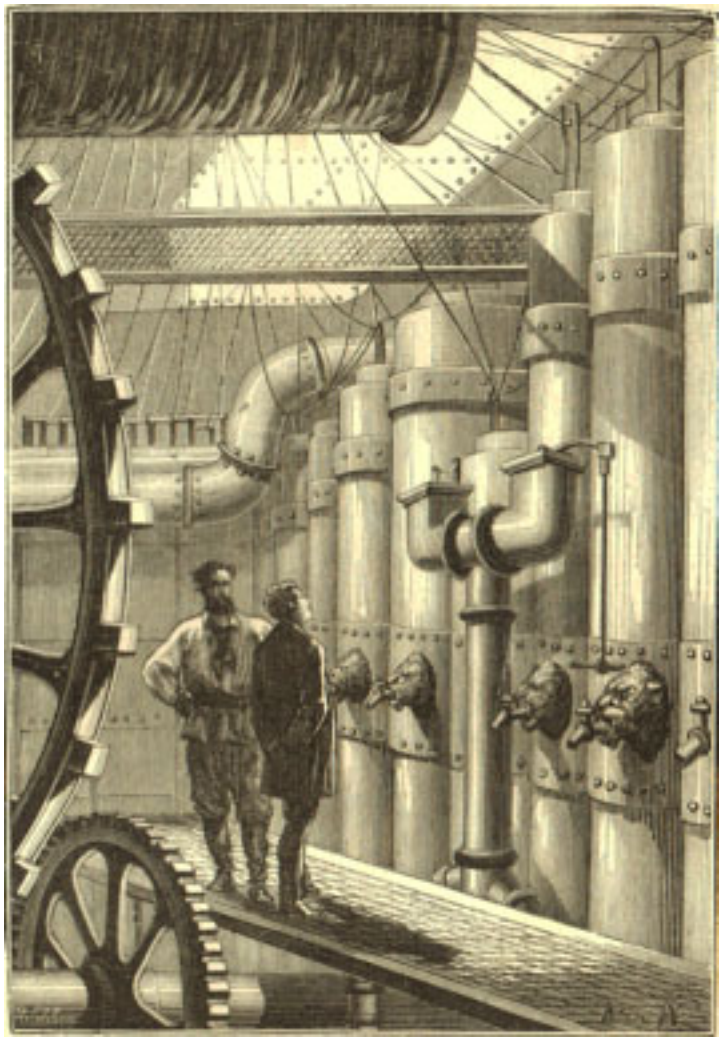
C'est à l'Américain Robert Fulton, qui avait proposé en 1800 au Directoire de la Révolution Française son navire sous-marin *Nautilus* pour briser le blocus de l'Angleterre, que Jules Verne empruntera le nom du submersible de Nemo. Mais sa propulsion en surface était assurée par des voiles et un système de manivelles actionnait une hélice en immersion.



FULTON'S "NAUTILUS," 1798

Et c'est sans doute à l'*Ictineo* du Catalan Espagnol Narciso Monturiol qu'il emprunta le design du *Nautilus*. A noter entre autres les hublots latéraux. Mais comme le *Hunley* et le *Nautilus* de Fulton son mode de propulsion originel par la force musculaire n'a rien de révolutionnaire.





Jules Verne s'est donc sans doute inspiré de ces prototypes pour fournir au Capitaine Nemo l'instrument de sa devise : *Nobilis in nobile*. Mais le Nautilus de Fulton, le Ictineo *de Monturiol ou le* Hunley ne marchent pas à l'électricité, contrairement au *Nautilus* qui dispose pour son éclairage et sa propulsion de piles Bunsen au mercure/chlorure de sodium : « *Vous le voyez, me dit le Capitaine Nemo, j'emploie les éléments Bunsen, et non les éléments Ruhmkorff (…) L'électricité produite se rend à l'arrière, où elle agit par des électro-aimants de grande dimension sur un système particulier de leviers et d'engrenages qui transmettent le mouvement à l'arbre d'hélice.* »

Que révèle cette gravure ? En premier plan à gauche un mécanisme d'horlogerie composé d'une roue à rochet et d'un jeu d'engrenages solidaire d'un arbre moteur. A droite une rangée de cuves cylindriques en métal serti munies à mi-hauteur de robinets de purge à tête de lion ; au centre un système de soupapes d'échappement des gaz. Au sommet de ces cuves sortent des électrodes reliées par une multitude de câbles électriques à une gigantesque bobine d'électro-aimant ou de *Ruhmkorff.*

245. Bobine d'induction. — Elle se compose de deux bobines superposées, l'une, la bobine *inductrice*, est formée d'un fil assez gros enroulé sur un faisceau de fils de fer qui lui sert d'axe, elle est recouverte d'une enveloppe isolante. La seconde, qui constitue la bobine *induite*, est enroulée sur la première ; elle est formée d'un très grand nombre de spires d'un fil

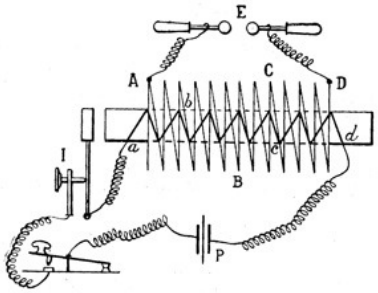
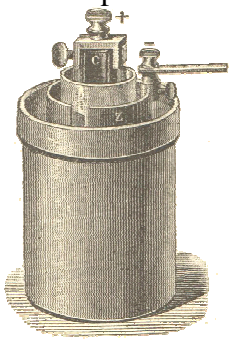


FIG. 199. — Vue d'ensemble de la bobine de Ruhmkorff.

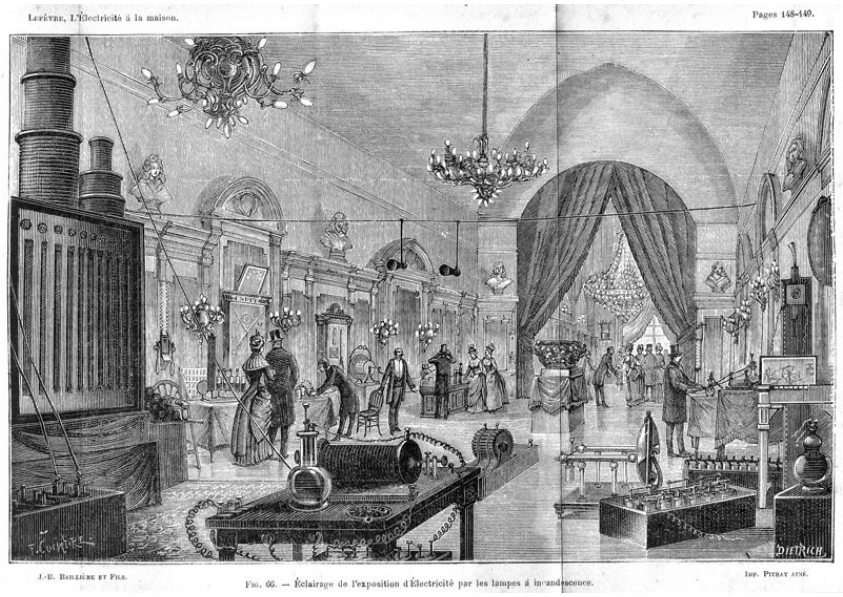
long et fin dont les extrémités sont amenées dans deux supports isolés EF où l'on viendra prendre les courants induits produits (fig. 199).

Soulignons une petite erreur de Jules Verne : *Ruhmkorff* n'a pas laissé son nom à un type de pile, mais à un transformateur élévateur de tension en forme de bobine susceptible de produire des décharges de plusieurs milliers de volts dans l'air et dans le vide. Il mentionne par contre plusieurs fois des "*appareils de Ruhmkorff*" pour désigner des lampes électriques sous-marines.



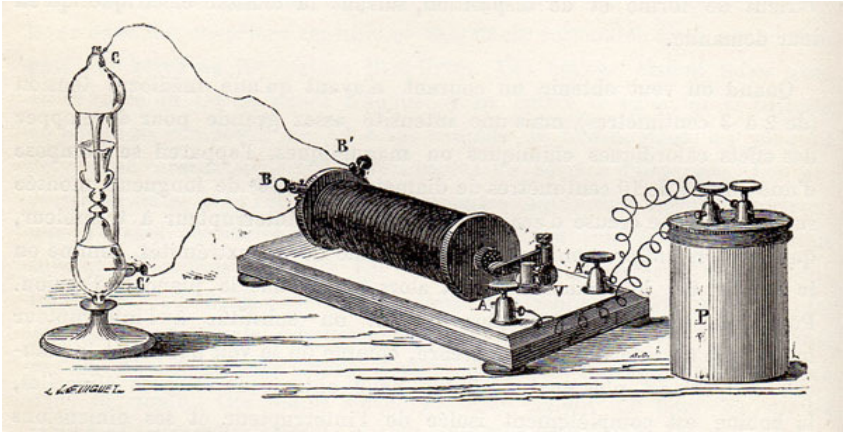
La pile Bunsen était en quelque sorte une pile à combustible car ses constituants, produits industriels bon marché, étaient remplacés après consommation

Le pôle négatif de cette pile est constitué d'une électrode en zinc, et le pôle positif de charbon de cornue ; l'électrolyte est une solution d'acide nitrique. Leur force électro-motrice était assez élevée : 1,9 V



Avant de nous intéresser à ce qui semble être une bobine de Ruhmkorff ou un électro-aimant, voyons la source d'énergie du Nautilus.

Dans l'esprit de Verne, le Nautilus de Nemo ne saurait être propulsé par la vapeur; plusieurs facteurs s'y opposent. Idéologiques en premier lieu : Nemo le libérateur des peuples opprimés ne peut utiliser un combustible arraché dans la douleur et la misère aux entrailles de la terre. Technologiques en second lieu : l'apport d'air frais pour la combustion et l'évacuation des gaz de combustion des chaudières sont inconcevables à l'époque dans des submersibles. Le génial inventeur Catalan Monturiol semble pourtant avoir trouvé une solution originale à ce problème en 1867 avec son réacteur chimique utilisé comme source de chaleur (et générateur d'oxygène de surcroît pour l'équipage) pour un système de propulsion à vapeur anaérobie. Les dates coïncident trop pour que Jules Verne ait pu passer à côté de cette invention. Pourtant, il choisit l'électricité : *« Il est un agent puissant, obéissant, rapide, facile, qui se plie à tous les usages et qui règne en maître à mon bord. Tout se fait par lui. Il m'éclaire, il m'échauffe, il est l'âme de mes appareils mécaniques. Cet agent, c'est l'électricité »* Bon ; admettons. Le Nautilus marchera donc sur piles. Mais dans un système autarcique, comment renouveler ces piles ? Les électrodes sont rongées, l'électrolyte s 'épuise… Nemo régénérera donc les cathodes de ses piles à partir de l'eau des océans : « *Vous connaissez la composition de l'eau de mer. (….)Vous voyez donc que le chlorure de sodium s'y rencontre dans une proportion notable. Or, c'est ce sodium que j'extrais de l'eau de mer et dont je compose mes éléments.(…) Mélangé avec le mercure, il forme un amalgame qui tient lieu du zinc dans les éléments Bunsen. Le mercure ne s'use jamais. Le sodium seul se consomme, et la mer me le fournit elle-même. Je vous dirai, en outre, que les piles au sodium doivent être considérées comme les plus énergiques, et que leur force électromotrice est double de celle des piles au zinc* »

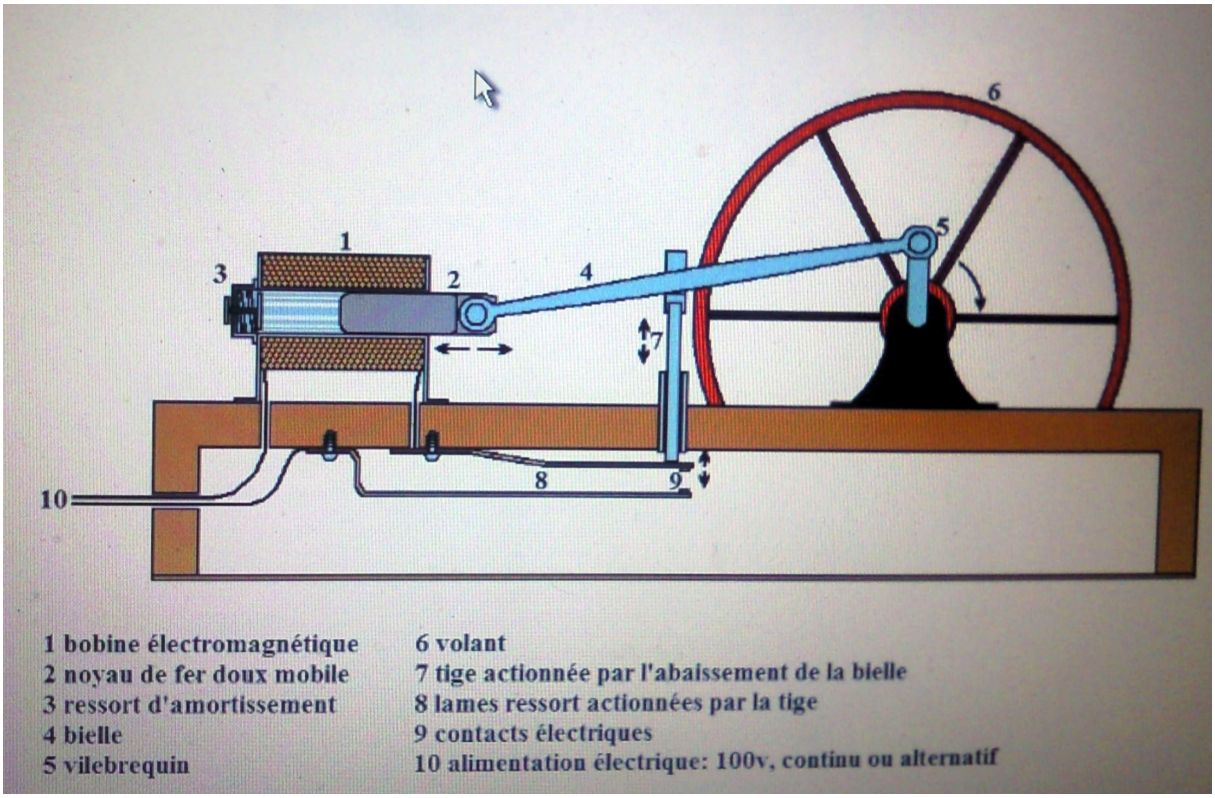


La haute tension produite par la bobine de Ruhmkorff illumine un tube de Geissler

Voyons maintenant la question de la puissance disponible. Némo tente de s'en sortir d'une pirouette : « *Monsieur le professeur, répondit le capitaine Nemo, mon électricité n'est pas celle de tout le monde, et c'est là tout ce que vous me permettrez de vous en dire* »

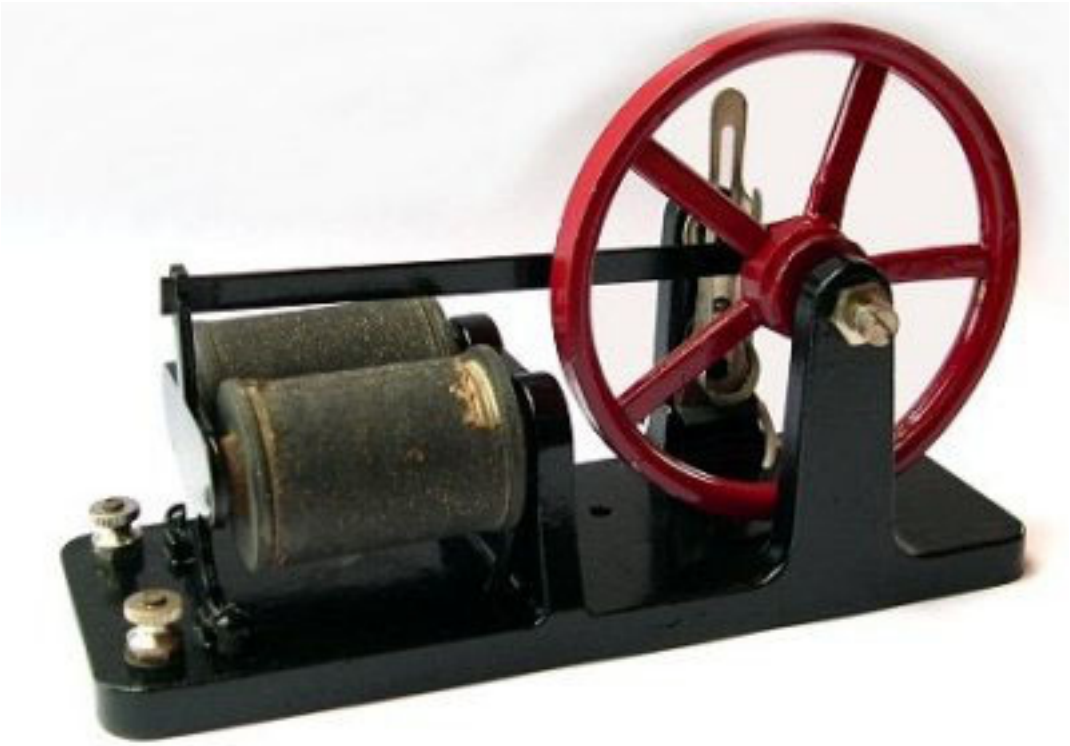
Certes… mais encore ? Dans ce jeu littéraire, Nemo ne répond pas. Il se désolidarise de son créateur Jules Verne qui émet à sa place des hypothèses au travers des interrogations d'un autre personnage, un scientifique lui aussi, le Professeur Aronnax : « *Mais comment l'électricité*

pouvait-elle agir avec une telle puissance ? Etait-ce dans sa transmission qu'un système de leviers inconnus pouvait accroître à l'infini ? » Et ici Jules Verne donne un indice en note bas de page : la découverte récente (qu'il ne précise pas) par un inventeur qu'aurait pu rencontrer Nemo, dans laquelle un nouveau jeu de levier produit des forces considérables.
Voilà du nouveau… Poursuivons : les piles Bunsen pour l'énergie, la bobine de Ruhmkorff pour l'éclairage dans des tubes à décharge haute tension et l'électrification protectrice de la coque contre les prédateurs. Cela se tient. Mais la propulsion ?
Revenons sur la description faite par Nemo : des électro-aimants de grande dimension, pourquoi pas ? un système de leviers et d'engrenages qui transmettent le mouvement à l'arbre de l'hélice… admettons ! Mais surtout cette découverte d'un nouveau jeu de leviers qui produit des forces considérables… Imaginez ! une hélice de six mètres de diamètre avec un pas de sept mètres cinquante qui tourne jusqu'à cent vingt tours par seconde et propulse un navire de mille cinq cents tonnes à une vitesse de cinquante nœuds ![1]
Voyons maintenant l'indice : le 5 septembre 1843 avait été lancé à Philadelphie le navire *Princeton*, construit par John Ericsson, motorisé par deux moteurs dits « *vibrating lever engines* » (moteurs à leviers oscillants) également de son invention et construits par *Merrick § Towne*, Philadelphia. Ils brûlaient de l'anthracite et entraînaient une vis à 6 pales de quatre mètres trente de diamètre Le moteur était suffisamment petit pour rester sous la ligne de flottaison.
L'invention par John Ericsson du « *vibrating lever engine* » fut largement diffusée par la presse et par les causeries scientifiques de l'époque et ne manqua pat d'interpeller Jules Verne.
On peut donc imaginer la machine comme une synthèse des éléments suivants:

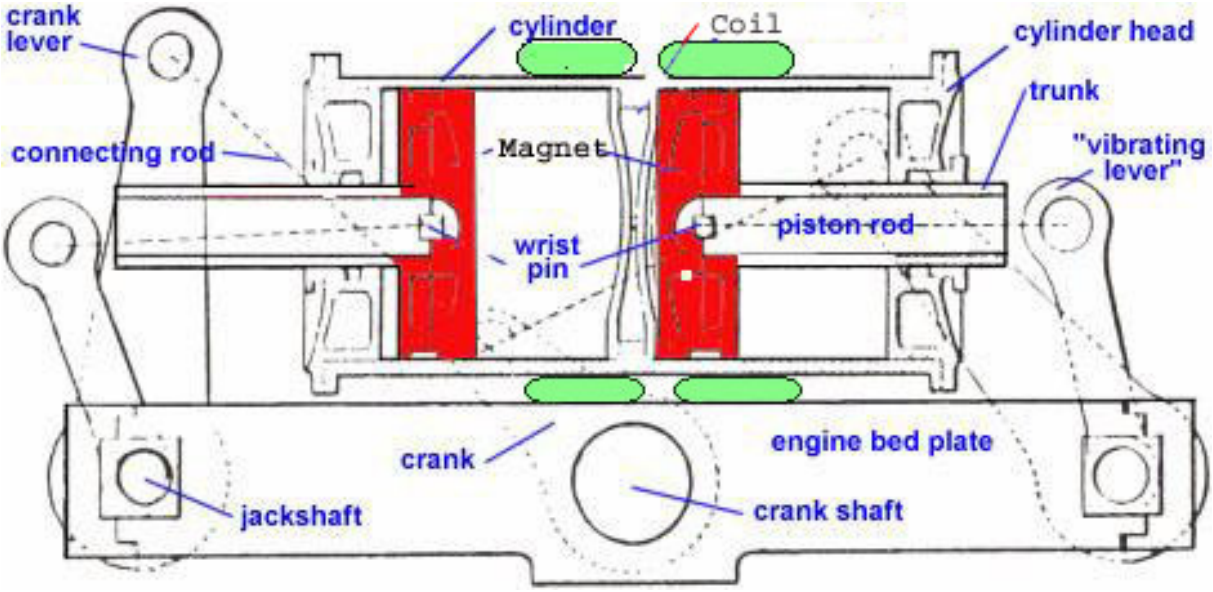


Principe : moteur jouet ancien

[1] A noter une sérieuse erreur typographique : lire cent vingt tours par minute (et non par seconde) pour obtenir le résultat –théorique- de cinquante nautic miles à l'heure.



Modèle réduit de jouet ancien



Extrapolation à partir du « Vibrating lever engine » de Ericsson

Les pistons sont constitués par deux noyaux magnétiques plongeurs (*magnet*). Le courant d'induction qui circule dans les bobines (*coil*) entourant les cylindres provoque leur déplacement. Le mouvement ainsi obtenu est recueilli par des leviers oscillants (« *vibrating levers* »)solidaires des leviers de bielle qui entraînent l'arbre via les bielles de connexion.

MOBILIS IN MOBILE

Quelques références

http://home.att.net/~karen.crisafulli/AllbyElectricity.html
http://home.att.net/~karen.crisafulli/nautilus.html
http://www.traqueur-stellaire.net/
http://jpbouvet.blogspot.com/

L'HELICOPTERE A VAPEUR DE PONTON D'AMECOURT

Le mot hélicoptère a été inventé par Gustave Ponton d'Amécourt(1825-1888), à partir du grec *helikos* (hélice) et *pteron* (aile). Ce terme est apparu pour la première fois le 3 août 1861 dans une demande de brevet déposée en Angleterre, puis le 16 juillet 1862 dans le certificat d'addition au brevet 49.077 initialement déposé le 3 avril 1861 en France.

Après avoir créé des appareils à ressort de montre qui furent très en vogue à l'époque et qui montaient à 2 et 3 mètres, cet ami de Félix Nadar et de Jules Verne inventa et construisit avec Gabriel de La Landelle un petit prototype d'hélicoptère à moteur à vapeur, dont la chaudière était en aluminium. (matière toute nouvelle à l'époque) et qui mesurait 63 cm de haut pour un poids de 2 kilos. Ce dernier est aujourd'hui exposé au musée de l'Air du Bourget.

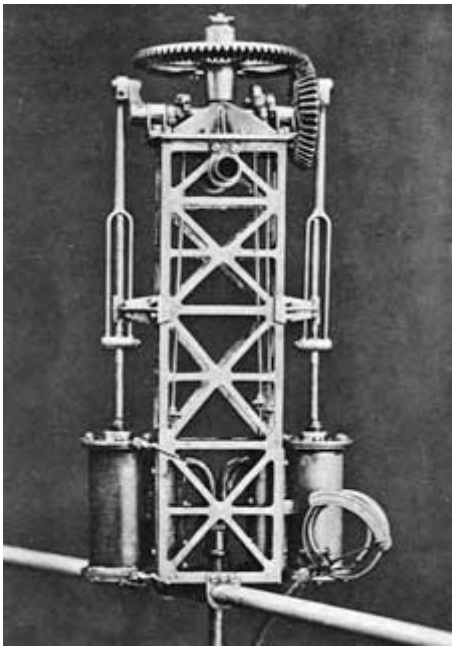
La « *chère hélice* » mise au point par Ponton d'Amécourt et photographiée par Nadar en 1863.

« *La chaudière et le bâti sont en aluminium et les cylindres en bronze. Le mouvement de va-et-vient des pistons est transmis par des engrenages à deux hélices superposées de 264*

centimètres carrés de surface et dont l'une tourne dans le sens inverse de l'autre. L'appareil vide qui se trouve actuellement au siège de la Société de navigation aérienne, pèse 2^{kgm},770. La chaudière a 0^{m},08 de hauteur sur 0^{m},10 de diamètre. La hauteur totale du système est de 0^{m},62. Malheureusement le générateur ne peut résister à une pression suffisante; quand cet hélicoptère fonctionne, il parvient à s'alléger notablement, il a une certaine force ascensionnelle, mais il n'arrive pas à quitter le sol »[2]

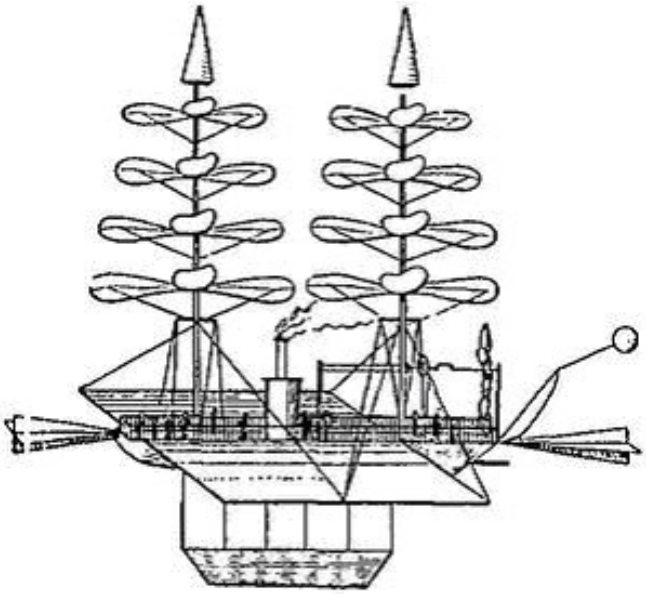
.En cherchant un moteur léger, Ponton d'Amécourt a aussi découvert les chaudières tubulaires, au moyen desquelles il peut faire bouillir et entretenir à haute pression cent litres d'eau avec un kilogramme de houille. Ce générateur de vapeur sera perfectionné par M.Temple et mis en application vingt ans plus tard par Léon Serpollet.

En 1877, Enrico Forlanini réalise un autre modèle qui atteint l'altitude de 13 mètres durant 20 secondes.

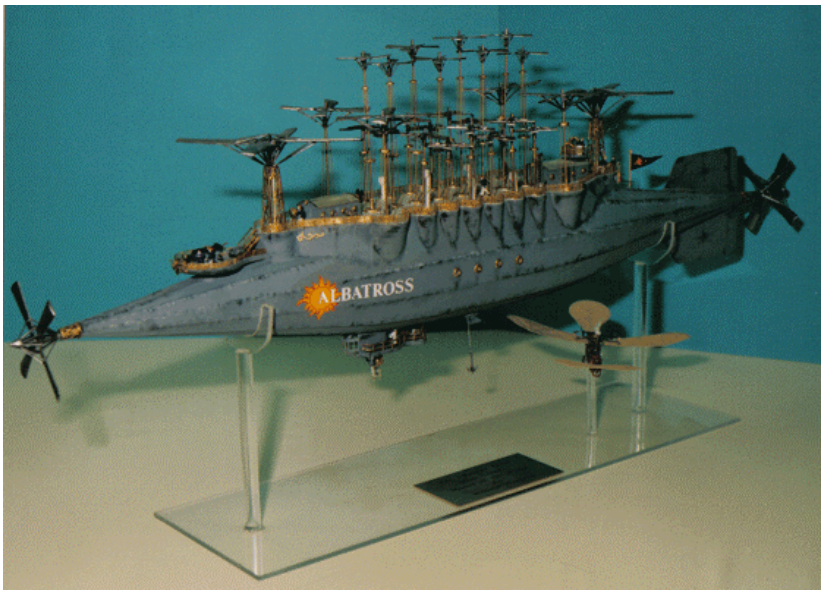


[2] *L'Aéronaute*, 12e année. 1879, p. 35

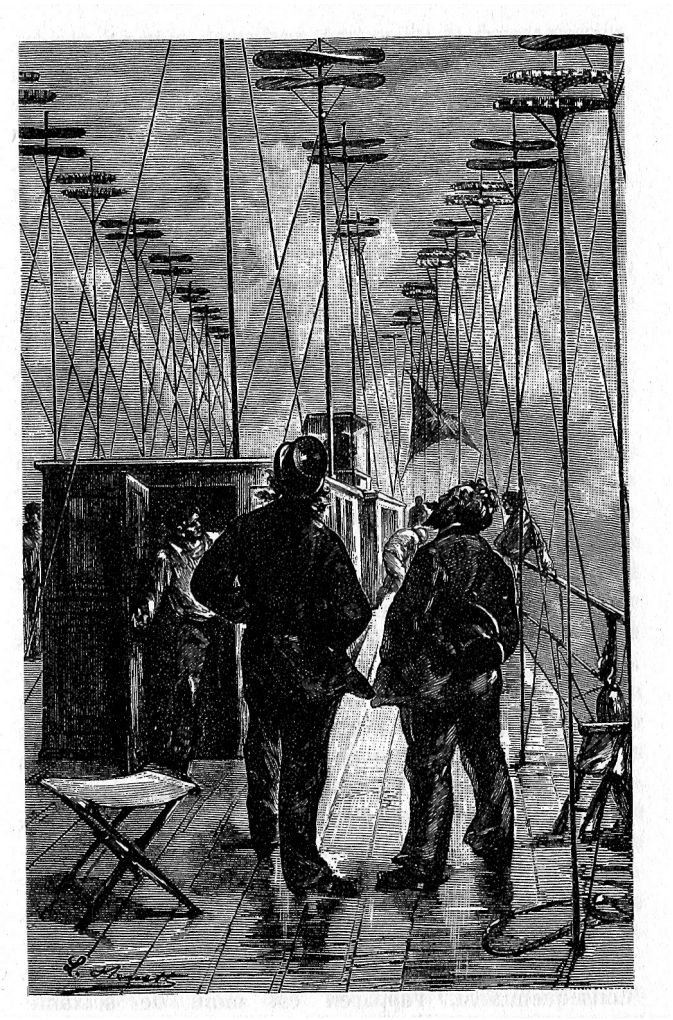
De l'autre côté de la Manche, un Anglais, M. Philipps, aurait élevé dès 1842 un modèle beaucoup plus volumineux au moyen de palettes tournantes. Son appareil entièrement en métal pesait 2 livres en pleine charge. Il se composait d' un générateur de vapeur et de quatre palettes inclinées de 20 degrés sur l'horizon et soutenues par huit bras. La vapeur s'échappait à travers les bras selon le principe de Éolipyle de Héron d'Alexandrie et faisait tourner les palettes avec une énergie considérable. Selon certains récits de l'époque, le modèle s'éleva à une très grande hauteur, et traversa deux champs avant de toucher terre. La force motrice employée était obtenue par la combustion d'un mélange de charbon et de salpêtre. Les produits de la combustion se mêlaient à l'eau de la chaudière et sortaient sous haute pression de l'extrémité des huit bras[3]



Les journaux illustrés de l'époque ont publié un autre projet de grand hélicoptère à vapeur attribué à M. de la Landelle, mais nul essai d'appareil de ce genre ne fut entrepris et n'aurait pu être exécuté en raison de l'insuffisance des moteurs dont on pouvait disposer.



[3] Rapport sur la première Exposition de la Société aéronautique de la Grande-Bretagne, tenue au Palais de Cristal à Londres en juin 1868, p. 10



Robur le conquérant : gravure de Alphonse de Neuville et Edouard Riou

Jules Verne s'inspira partiellement de ce projet et du prototype de Ponton d'Amécourt pour décrire l'*Albatros*[4] de Robur le Conquérant (1886) : outre le «*Je ferai mieux que Ponton d'Amécourt*», Robur reprend dans ses démonstrations, toute la théorie des partisans du plus lourd que l'air : « *(…)Ce que Robur disait là, c'était ce qu'avaient dit avant lui tous les partisans de l'aviation, dont les travaux devaient, lentement mais sûrement, conduire à la solution du problème. A MM. de Ponton d'Amécourt, de La Landelle, Nadar,(…) à tant d'autres enfin, l'honneur d'avoir répandu ces idées si simples! Abandonnées et reprises plusieurs fois, elles ne pouvaient manquer de triompher un jour* » (chap III)

Ponton d'Amécourt

Une stèle commémorative dédiée à Ponton d'Amécourt a été érigée en juillet 2009 dans le parc de la commune de Trilport (Seine et Marne) dont il a été le maire.

Ref bibliographique :

Gaston Tissandier : La navigation aérienne : l'aviation et la direction des aérostats dans les temps anciens et modernes, Hachette, 1886

[4] *L'Albatros* était également le nom de la barque ailée du marin breton Jean-Marie Le Bris (1863)

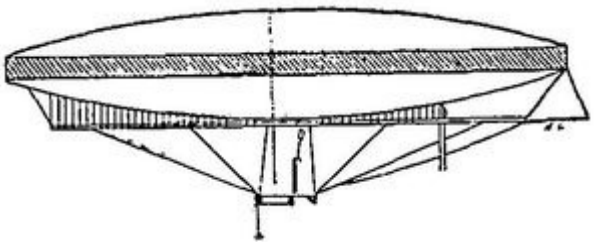
LE PREMIER AÉROSTAT À VAPEUR

Si l'ingénieur Henri Giffard (1825 - 1882 est bien connu des vaporistes pour l'invention de l'injecteur, il l'est moins pour ses expériences aéronautiques. Pourtant, dés 1852, il mit au point le premier dirigeable *à vapeur* qui vola entre Paris et Trappes (~20 km) à la vitesse de 7 km/h.

Dés l'âge de dix huit ans il s'intéresse à la navigation aérienne. Il se lie avec deux autres élèves de l'École Centrale, David et Sciama, et tous trois travaillèrent sur la construction d'un navire aérien à vapeur.

Il se passionne pour la construction des machines à vapeur légères, et il réalise une machine de trois chevaux pesant 45 kilogrammes qui tourne à trois mille tours par minute. Après ces études préliminaires, il dépose le 20 août 1851 un brevet (n° 12 226) en collaboration avec l'Ecole Centrale pour l'*application de la vapeur à la navigation aérienne*, où il décrit un aérostat allongé, muni d'un propulseur à vapeur.

L'AEROSTAT



Après avoir étudié l'aérodynamisme de son ballon dirigeable, pour lequel il retient une forme en cigare, Giffard calcule le pas de l'hélice, l'effort de propulsion, et tous les détails de son navire aérien qu'il présente d'abord sous l'aspect de la figure ci-contre.

Après plusieurs tentatives avortées, l'expérience eut lieu en public le 24 septembre 1852 à l'Hippodrome, l'aérostat étant gonflé au gaz d'éclairage.

Cette « première » fut relatée en ces termes dans le journal « *la Presse* » du 26 septembre 1852 sous le titre « *Le risque et l'invention* » :

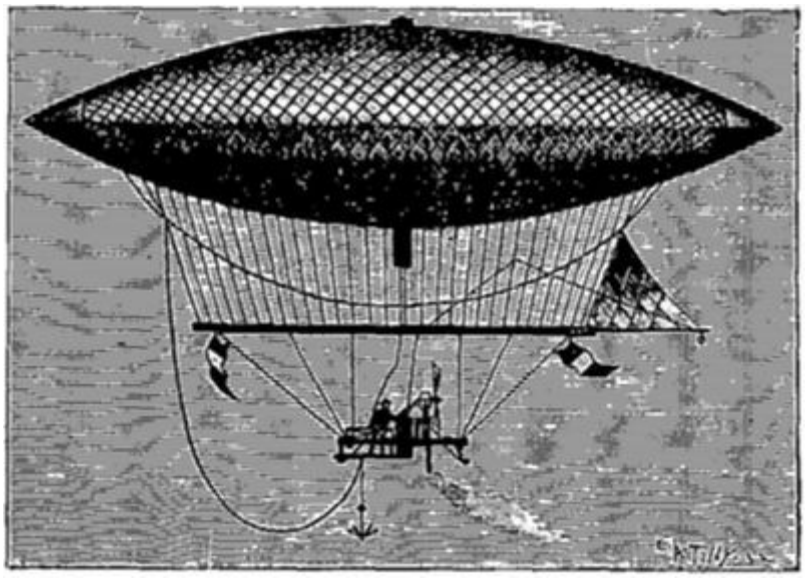
« *Hier, vendredi 24 septembre, un homme est parti imperturbablement assis sur le tender d'une machine à vapeur, élevée par un ballon ayant la forme d'une immense baleine, navire aérien pourvu d'un mât servant de quille et d'une voile tenant lieu de gouvernail .Ce Fulton de la navigation aérienne se nomme Henri Giffard.*

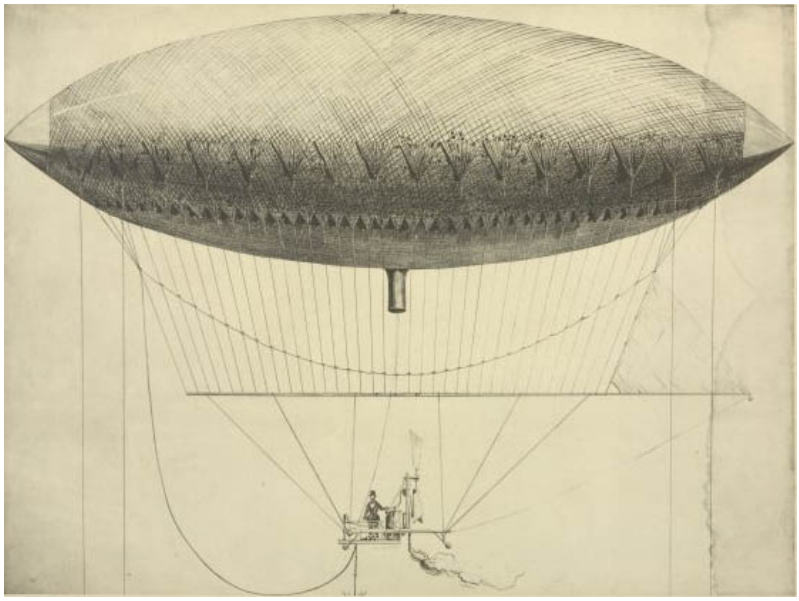
C'est un jeune ingénieur qu'aucun sacrifice, aucun mécompte, aucun péril n'ont pu décourager ni détourner de cette entreprise audacieuse, où il n'avait pour appui que deux jeunes ingénieurs de ses amis, MM. David et Sciama, anciens élèves de l'École centrale.

Il est parti de l'Hippodrome. C'était un beau et dramatique spectacle que celui de ce soldat de l'idée, affrontant, avec l'intrépidité que l'invention communique à l'inventeur, le péril, peut-être la mort ; car à l'heure où j'écris, j'ignore encore si la descente a pu s'opérer sans accident et comment elle a pu s'opérer... ».

L'aérostat est décrit comme suit par son inventeur :

« L'appareil aéronautique dont je viens de faire l'expérience, a présenté pour la première fois dans l'atmosphère la réunion d'une machine à vapeur et d'un aérostat d'une forme nouvelle convenable pour la direction.





Cet aérostat est allongé et terminé par deux pointes; il a 12 mètres de diamètre au milieu, et 44 mètres de longueur; il contient environ 2 500 mètres cubes de gaz; il est enveloppé de toutes parts, sauf à la partie inférieure et aux pointes, d'un filet dont les extrémités ou pattes d'oie viennent se réunir à une série de cordes fixées à une traverse horizontale en bois, de 20 mètres, de longueur; cette traverse porte à son extrémité une espèce de voile triangulaire assujettie par un de ses côtés à la dernière corde partant du filet, et qui lui tient lieu de charnière. Cette voile représente le gouvernail et la quille; il suffit, au moyen de deux cordes qui viennent se réunir à la machine, de l'incliner de droite à gauche pour produire une déviation correspondante à l'appareil et changer immédiatement de direction. À défaut de cette manœuvre, elle revient aussitôt se placer d'elle-même dans l'axe de l'aérostat, et son effet normal consiste alors à faire l'office de quille ou girouette, c'est-à-dire à maintenir l'ensemble du système dans la direction du vent relatif.

Un modèle réduit fonctionnel en a été réalisé en 2007-2008 par les étudiants en première année de Diplôme Universitaire Technologique de Génie Mécanique et Productique de l'I. U. T. Bordeaux –1 est consultable sur l'URL :

http://www.dailymotion.com/video/x92u1h_reconstitution-du-dirigeable-a-vape_tech

LA MACHINE

C'est la description de la machine à vapeur qui nous intéresse le plus : elle pèse à elle seule 159 kg et est pourvue d'un cylindre vertical qui actionne une hélice à trois pales :

La reconstitution de ce moteur est donnée à l'URL suivant :

http://www.dailymotion.com/video/x95v6x_reconstitution-dirigeable-vapeur-gi_news

Giffard poursuit : « *À 6 mètres au-dessous de la traverse sont suspendus la machine à vapeur et tous ses accessoires.*

« *Elle est posée sur une espèce de brancard en bois, dont les quatre extrémités sont soutenues par des cordes de suspension, et dont le milieu, garni de planches, destiné à supporter les personnes et l'approvisionnement d'eau et de charbon. La chaudière est verticale et à foyer intérieur sans tubes; elle est entourée extérieurement, en partie, d'une enveloppe en tôle qui, tout en utilisant mieux la chaleur du charbon, permet aux gaz de la combustion de s'écouler à une plus basse température; la cheminée est dirigée de haut en bas, et le tirage s'y opère au moyen de la vapeur qui vient s'y élancer avec force à sa sortie du cylindre, et qui, en se mélangeant avec la fumée, abaisse encore considérablement sa température tout en les projetant rapidement dans une direction opposée à celle de l'aérostat. La combustion du charbon a lieu sur une grille complètement entourée d'un cendrier, de sorte qu'en définitive il est impossible d'apercevoir extérieurement la moindre trace de feu. Le combustible que j'emploie est du coke de bonne qualité .*

« *La vapeur produite se rend aussitôt dans la machine proprement dite; celle-ci est à un cylindre vertical dans lequel se meut un piston qui, par l'intermédiaire d'une bielle, fait tourner l'arbre coudé placé au sommet. Celui-ci porte à son extrémité une hélice à 3 patelles de 3^m,40 de diamètre, destinée à prendre le point d'appui sur l'air et à faire progresser l'appareil. La vitesse de l'hélice est d'environ 110 tours par minute, et la force que développe la machine pour la faire tourner est de 3 chevaux, ce qui représente la puissance de 25 ou 30 hommes. Le poids du moteur proprement dit, indépendamment de l'approvisionnement et de ses accessoires, est de 100 kilogrammes pour la chaudière, et de 58 kilogrammes pour la machine; en tout 159 kilogrammes ou 50 kilogrammes par force de cheval, ou bien encore 5 à 6 kilogrammes par force d'homme; de sorte que s'il s'agissait de produire le même effet par ce dernier moyen, il faudrait, ce qui serait impossible, enlever 25 à 30 hommes représentant un poids moyen de 1800 kilogrammes, c'est-à-dire un poids douze fois plus considérable. De chaque côté de la machine sont deux bâches, dont l'une contient le combustible et l'autre l'eau destinée à être refoulée dans la chaudière au moyen d'une pompe mue par la tige du piston. Cet approvisionnement représente également la quantité de lest dont il est indispensable de se munir même en assez grande quantité, pour parer aux fuites du gaz par les pores du tissu; de sorte qu'ici la dépense de la machine, loin d'être nuisible, a pour effet très avantageux de délester graduellement l'aérostat, sans avoir recours aux projections de sable ou à tout autre moyen employé habituellement dans les ascensions ordinaires.*

Enfin, l'appareil moteur est monté tout entier sur quelques roues mobiles en tous sens, ce qui permet de le transporter facilement à terre; cette disposition pourrait, en outre, être utile, dans le cas où la machine viendrait toucher le sol avec une certaine vitesse horizontale. »

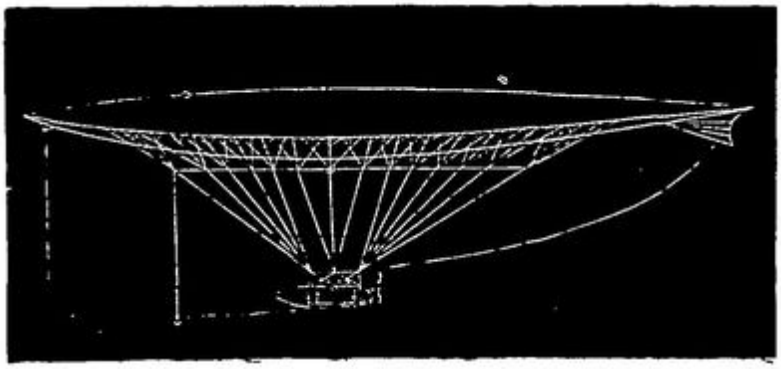
NOUVELLES INVENTIONS

L'inventeur explique ensuite qu'il a choisi de gonfler son aérostat au gaz d'éclairage, compte tenu de la taille de l'engin et de la difficulté rencontrée pour produire de l'hydrogène en grande quantité, bien que sa densité plus élevée donne une sustentation plus faible,.

Après ces premiers résultats encourageants, Giffard envisage la conception d'un appareil plus important, mû par un moteur beaucoup plus puissant, afin d'étudier les principes théoriques et pratiques de la navigation aérienne à vapeur.

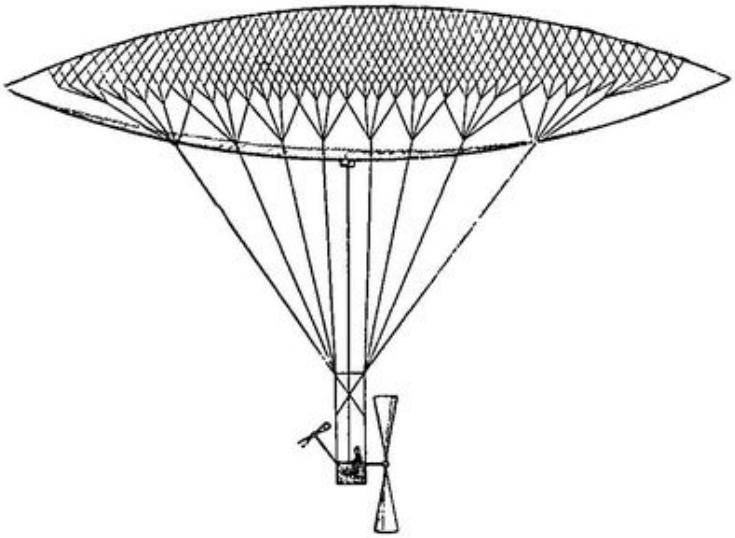
En 1855, il construit un nouvel aérostat allongé en forme de cigare de 70 mètres de longueur et de 10 mètres de diamètre, équipé d'un nouveau moteur à vapeur. Le départ a lieu à l'usine à gaz de Courcelles, et confirme les premiers résultats de manœuvrabilité par les mouvements combinés du gouvernail et de l'hélice.

Le 6 juillet 1855, Giffard prend un second brevet sur son *système de navigation aérienne*. Dans le texte de ce brevet, il étudie d'une façon très complète les modalités de construction d'un gigantesque aérostat allongé de 220000 mètres cubes dont la gravure ci-dessous est une esquisse. La longueur totale de ce navire aérien devait être de 600 mètres et son diamètre au centre de 30 mètres. Selon lui, un tel aérostat dont la construction ne sera peut-être pas impossible dans l'avenir, pourrait enlever un moteur de 30000 kilogrammes, avec un excès de force ascensionnelle considérable pour les voyageurs, le lest et les approvisionnements. Henri Giffard démontre par le calcul que la vitesse propre de ce navire pourrait atteindre 20 mètres par seconde, et par conséquent dominer presque tous les vents.



Cet aérostat aurait été plus effilé à l'arrière qu'à l'avant et la rigidité aurait été obtenue au moyen d'une arête fixée sur le sommet et dans toute sa longueur.

Giffard poursuit également ses recherches sur les problèmes de stabilité et de fonctionnement dans l'air des aérostats allongés en travaillant sur maquette.



En 1856, il construit le navire aérien ci-contre. Le ballon, de très petit volume, était muni d'une hélice que l'aéronaute devait lui-même faire fonctionner: il s'agissait simplement de faire certaines observations expérimentales. On essaya de remplir cet aérostat au moyen de gaz hydrogène, mais le gonflement ne put être achevé.

Giffard dut abandonner ces expériences fort coûteuses. Il se reconvertit dans la construction

de petites machines à vapeur à grande vitesse, qui lui rapportèrent bientôt une centaine de mille francs, après s'être associé avec Flaud pour fonder l'Atelier de Mécanique, l'un des établissements industriels les plus importants de Paris à l'époque.

Le jeune ingénieur dépose ensuite un brevet sur l'injecteur des machines à vapeur qu'il avait inventé en 1850 mais qu'il n'avait alors pu réaliser faute de moyens. Cette invention, considérable pour l'époque, fit sa fortune.

Il n'en resta pas moins passionné jusqu'à la fin de sa vie par les ballons. Pour l'Exposition universelle de 1867, il construit le premier aérostat captif à vapeur .

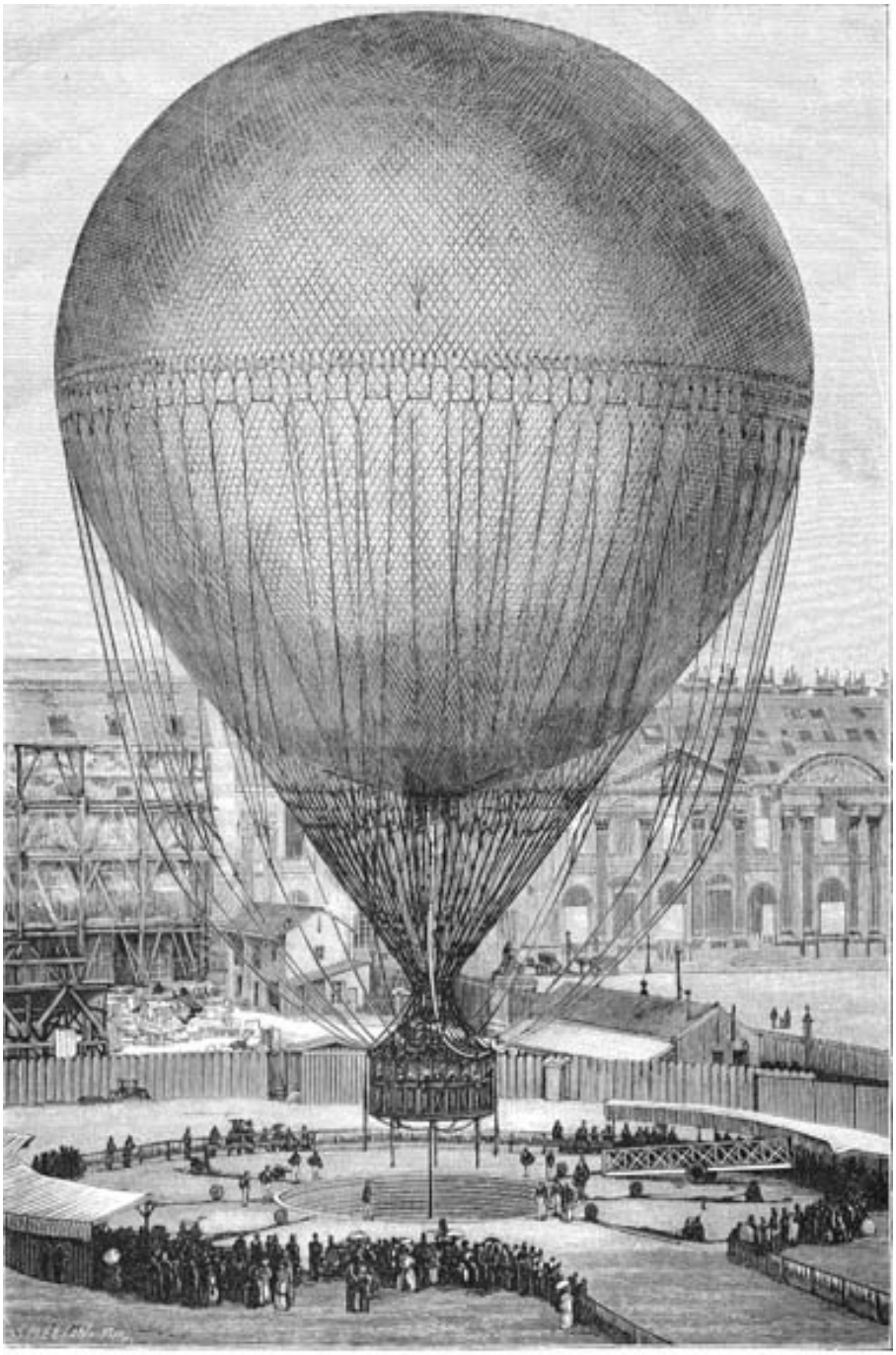
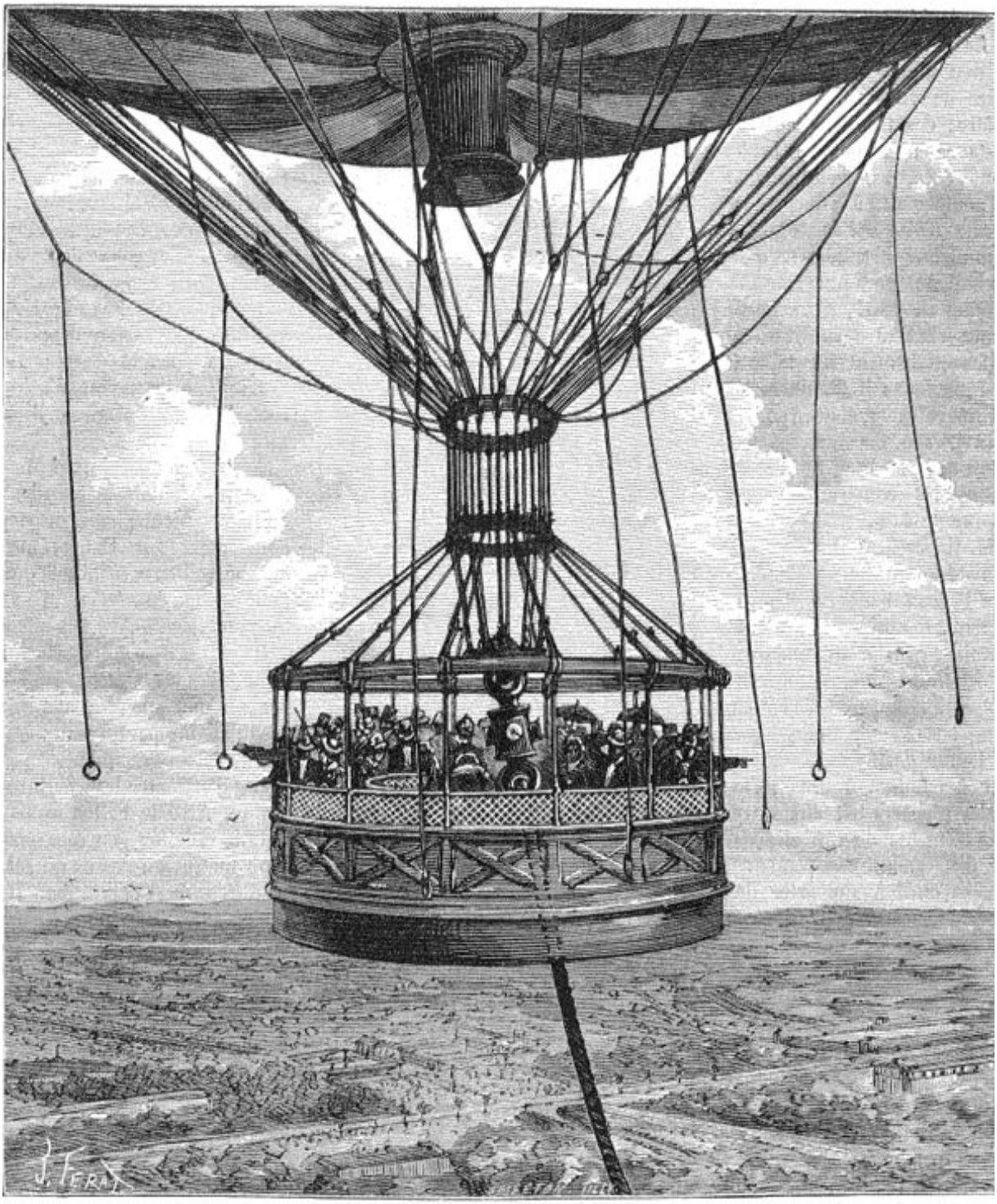


Fig. 2. — Le grand ballon de M. Henry Giffard quittant la terre. (D'après une photographie de M. Dagron.)

L'année suivante, il fait installer à Londres un second aérostat captif 12000 mètres cubes qui coûta plus de 700000 francs.
Le grand ballon captif à vapeur de 1878 ci-contre, d'une capacité de 25000 mètres cubes gonflé à l'hydrogène enlevait dans les airs quarante voyageurs à la fois et ouvrit le panorama de Paris à plus de trente mille personnes pendant la durée de l'Exposition universelle.

Reprenant son expérience de 1852, il conçoit un projet grandiose : celui de la construction d'un aérostat de 50000 mètres cubes, muni d'un moteur très puissant actionné par deux chaudières, l'une chauffée par le gaz du ballon, et l'autre au pétrole, afin que les pertes de poids de force ascensionnelle puissent s'équilibrer. La vapeur formée par la combustion aurait été recueillie à l'état liquide dans un condensateur à grande surface de manière à équilibrer les pertes d'eau de la chaudière.



Projet de ballon captif à l'Exposition internationale de 1878, par M. Henry Giffard. La nacelle.

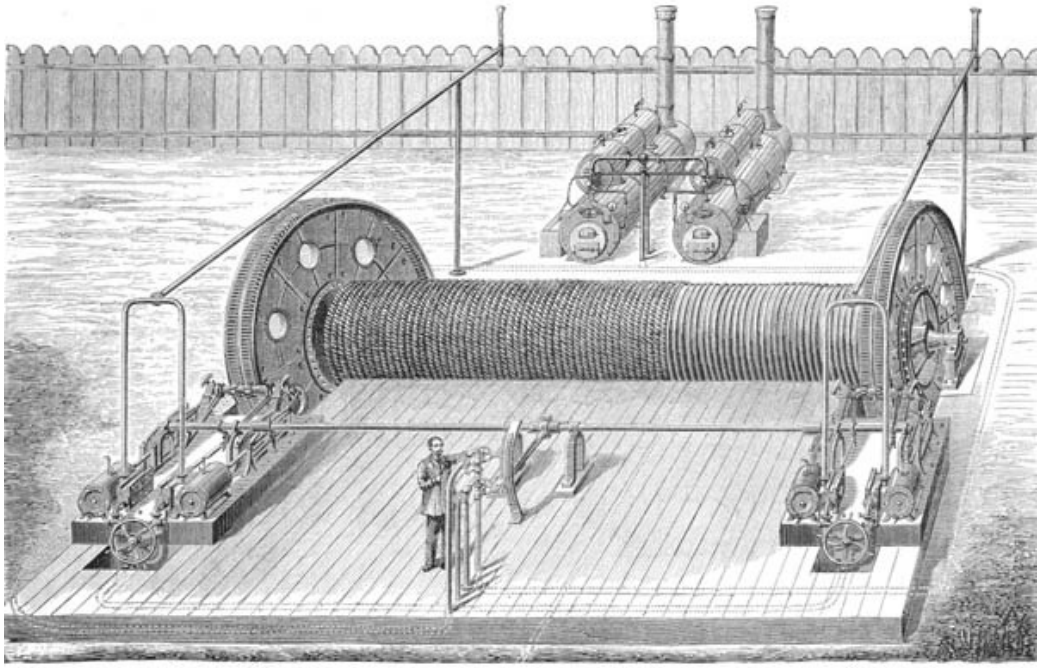
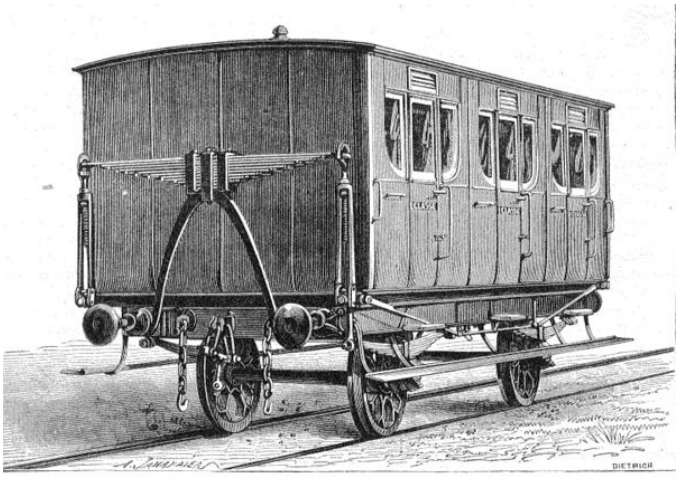


Fig. 3. — Les machines, le treuil et les chaudières du grand ballon captif à vapeur de M. Henry Giffard.

Les machines, le treuil et les chaudières du ballon captif. Exposition Universelle de 1878



Le nouveau wagon à suspension perfectionnée de M. l'ingénieur Henri Giffard.

D'autres projets germaient encore dans son cerveau, que la mort ne lui permit pas de réaliser : voiture à vapeur, locomotive à très haute pression, bateau à grande vitesse…

Outre ses recherches en aérostation à vapeur, Henri Giffard est également célèbre pour l'invention de l'injecteur à vapeur qui porte son nom, de dispositifs industriels de fabrication d'hydrogène par voie sèche et par voie humide, et des amortisseurs à lames pour les wagons de chemin de fer encore utilisé de nos jours sur les véhicules automobiles.

Malade, il se donna la mort le 15 avril 1882, en respirant du chloroforme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Gaston TISSANDIER : La navigation aérienne, l'aviation et la direction des aérostats dans les temps anciens et modernes, Hachette 1886.

The Guttemberg's Project http://www.gutenberg.org/files/28397/28397-h/28397-h.htm - fig088

Revue La Nature, collection année 1878, Conservatoire Numérique des Arts et Métiers http://cnum.cnam.fr/

The plane with the steam engine, Author : Silvery

AVIONS A VAPEUR
Du modèle réduit au modèle grandeur

Sommaire :

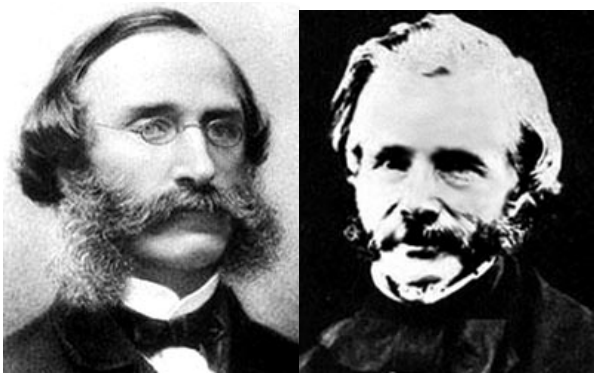
William Samuel **Henson** et John **Stringfellow** (1842)
Victor **Tatin** (1890)
Clément **Ader** (1890)
Samuel **Langley** (1894)
William J and George **Besler** (1933)

Théorie et pratique du moteur « Flash »

Références :

Smithonian National Air nd Space Museum.
Popular Science Monthly (July 1933) Vol 123, No. 1
http://www.rexresearch.com/besler/beslerst.htm
http://library.thinkquest.org/J0112389/airplanes1.htm
http://pagesperso-orange.fr/alain.vassel/siecle19.htm
http://invention.psychology.msstate.edu:80/i/Chanute/library/Prog_Contents.html
http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/pioneers.html
http://www.flysteam.co.uk/index.htm
http://www.nasm.si.edu/

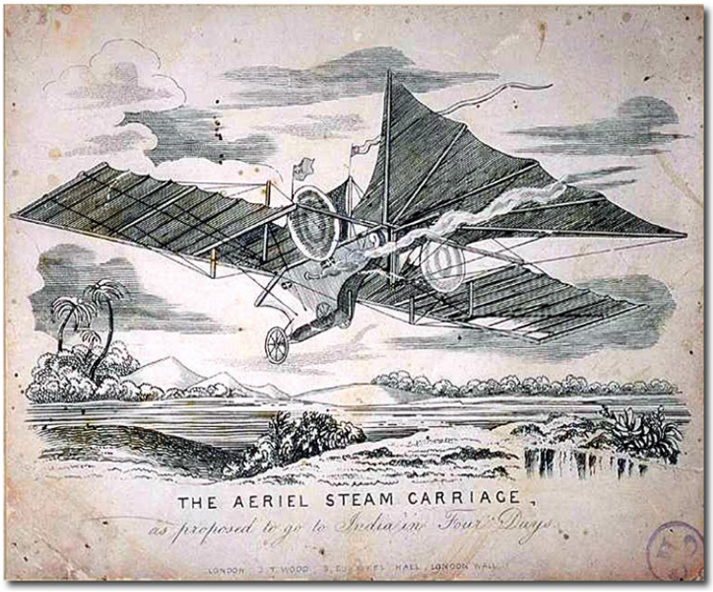
William Samuel **HENSON** (1812 - 1888) et John **STRINGFELLOW** (1799 - 1883)



Ces industriels anglais du Somerset conçurent un aéroplane à vapeur, "l'*aerial steam carriage*." (véhicule aérien à vapeur) qu'ils appelèrent « *l'Ariel*».
Le brevet déposé par **Henson** en 1842 sous le No. 9478, explique comme suit le principe de la machine : « *La première partie de mon invention consiste en un appareil construit de telle sorte qu'il offre une très grande surface plane sur une structure légère mais résistante qui aurait la même relation à la machine que les ailes étendues d'un oiseau vis à vis de son corps lorsqu'il vole dans les airs, mais au lieu d'obtenir un déplacement par le mouvement des surfaces porteuses, ce qui est le cas des ailes des oiseaux, j'applique des roues à aubes adaptées ou tout autre dispositif propulsif approprié actionné par une machine à vapeur ou un autre type de moteur suffisamment léger, et j'obtiens ainsi la puissance requise pour actionner les surfaces porteuses vers l'avant ; et afin de contrôler une telle machine en direction du haut et du bas j'applique une queue à la surface porteuse, qui peut être inclinée ou remontée de telle sorte que lorsque la puissance de propulsion est appliquée, en inclinant la queue vers le haut, la résistance de l'air fera monter la machine ; de même, lorsque l'inclinaison de la queue est inversée, la machine sera immédiatement propulsée vers le bas. (…) J'applique un gouvernail vertical ou seconde queue et, selon son orientation, il agit sur la direction de la machine.* »

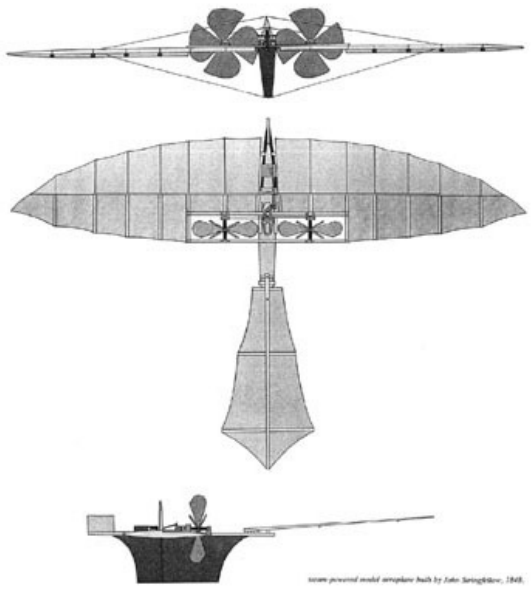
Trois théories s'affrontent concernant le vol du plus lourd que l'air, résumées par Jules Verne en 1886 au chapitre VI de Robur-le-Conquérant : « *En somme, les appareils qui peuvent résoudre ce problème se résument en trois sortes : 1/ Les hélicoptères ou spiralifères, qui ne sont que des hélices à axes verticaux; 2/ Les orthoptères, engins qui tendent à reproduire le vol naturel des oiseaux; 3/ Les aéroplanes, qui ne sont, à vrai dire, que des plans inclinés, comme le cerf-volant, mais remorqués ou poussés par des hélices horizontales.*

Alors que Clément **Ader** choisit l'orhoptère**, Henson** choisit l'aéroplane, et l'extrait du brevet qu'il dépose rend compte d'une conception avant-gardiste.

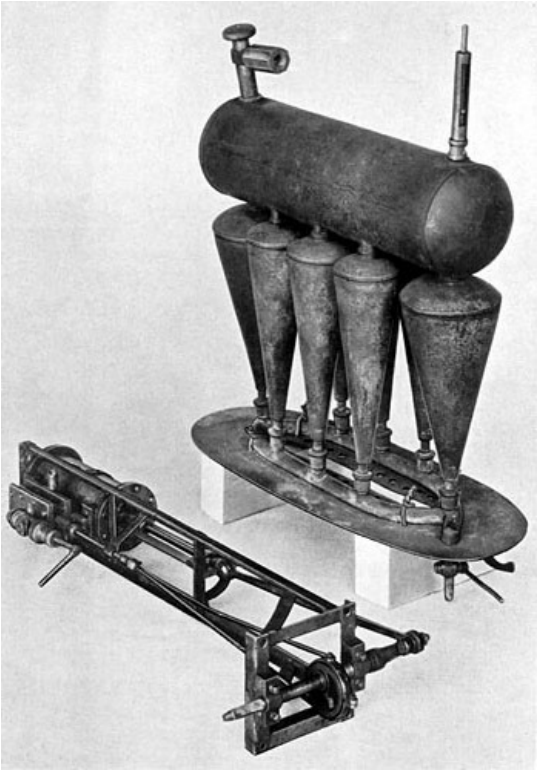


Mais en fait **Henson** et **Stringfellow** envisageaient avant tout de créer une compagnie aérienne internationale et, pour obtenir des fonds, ils se lancèrent dans une campagne publicitaire évoquant le survol des plus grandes villes du monde par leur invention, l'*Ariel*, dont ils accréditaient ainsi l'existence.
L'Ariel ne semble toutefois pas avoir dépassé le stade de la maquette, comme le rapporte le fils de John **Stringfellow**.

Dans un petit ouvrage intitulé : A few Remarks on what has been done with screw-propelled Aero-plane Machines from 1809 to 1892,il écrit :



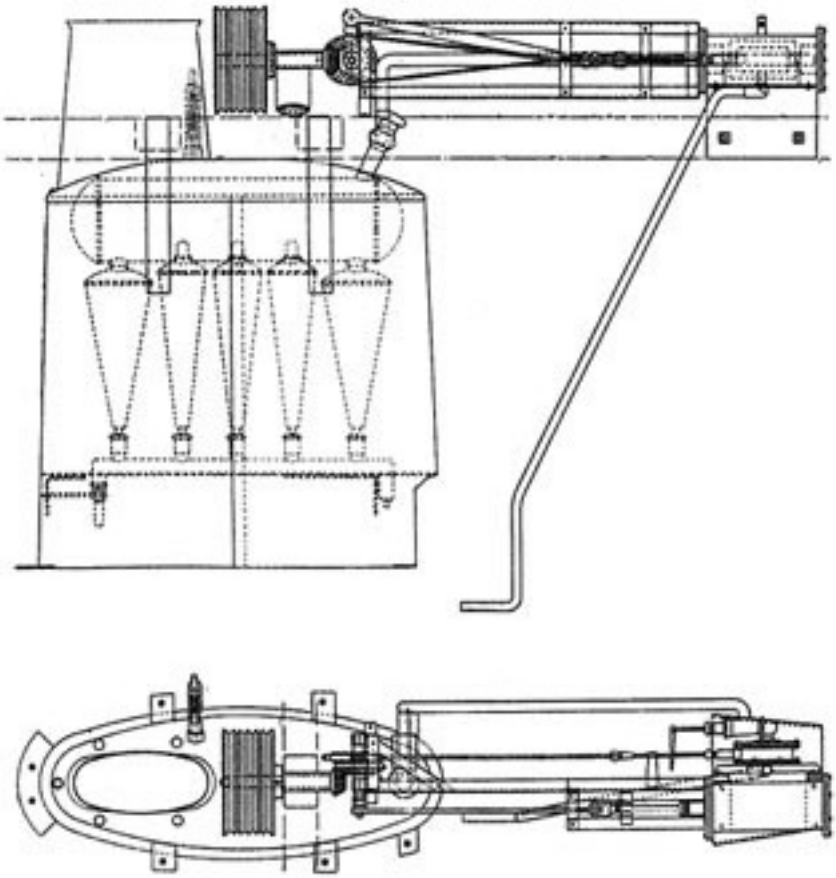
« *Ils commencèrent la construction d'un petit modèle actionné par un ressort et entreprirent celle d'un plus grand modèle d'une envergure de 610cm, d'une largeur de 107cm, qui offrait une surface portante de 2,13m2, plus 0,3m2 pour la queue.(…) Le moteur et la chaudière furent installés pour actionner deux hélices à vis disposés à droite et à gauche, de 92cm de diamètre, à quatre pales chacune, occupant trois quarts de la circonférence et réglées à un angle de 60 degrés.*
Un temps considérable fut passé à mettre au point le moteur. L'air comprimé fut essayé puis abandonné. Des poussoirs, cames et excentriques furent essayés pour actionner la valve d'admission, en vue des meilleurs résultats. La tige du piston passait des deux côtés du cylindre et actionnait directement le vilebrequin des hélices par l'intermédiaire de longues bielles. Le diamètre du cylindre était de 3,81cm et la course du piston de 7,62cm »



Un moteur fut également fabriqué pour le plus petit modèle, et une action sur les ailes essayée, mais avec de pauvres résultats. Les efforts portaient prioritairement sur le grand modèle. En 1847 une première tentative de vol se solda par un échec : la machine ne put s'élever d'elle-même faute d'une vitesse suffisante. Pourtant, d'après les derniers calculs, elle aurait dû supporter trois fois son poids : Les propulseurs assuraient une traction de 2,26kg et la charge alaire était de 13,6kg pour 2,13m2.
Stringfellow explique lui-même l'échec comme suit : "*Notre manque de succès n'était pas du à un manque de puissance ou à un manque de surface, mais à un manque d'adaptation des moyens aux fins des différentes parties.* »
Henson, qui avait dépensé une fortune dans ces expérimentations se consola en convolant en justes noces et en 1846 il partit en Amérique, laissant **Stringfellow** poursuivre seul les expérimentations. De 1846 à 1848 ce dernier travailla sur ce qui est aujourd'hui considéré comme un épisode clé de l'histoire de l'aéronautique : la conception du premier aéroplane propulsé par un moteur qui vola.

Nota : les unités de mesure initiales (ft, inch, pound) ont été reconvertis en système métrique.

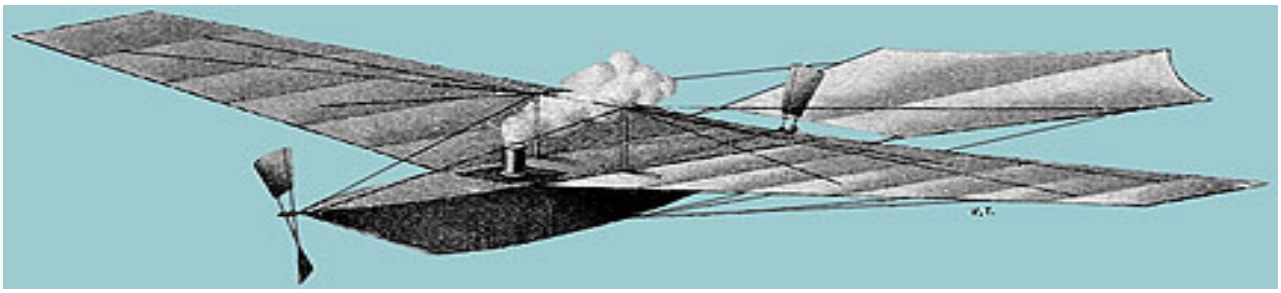
STEAM POWER
Henson and Stringfellow built a special lightweight steam engine for their model, with a boiler no longer than 25 cm (10 in). Heat for the engine came from a naptha or spirit burner, and steam was raised in the row of conical tubes. (In the full-size version, the boiler would have had 50 of these tubes, but the engine was never built.) Steam from the boiler drove the piston up and down, turning the wooden pulley wheel. This, in turn, spun the two propellers via a twine drive belt.

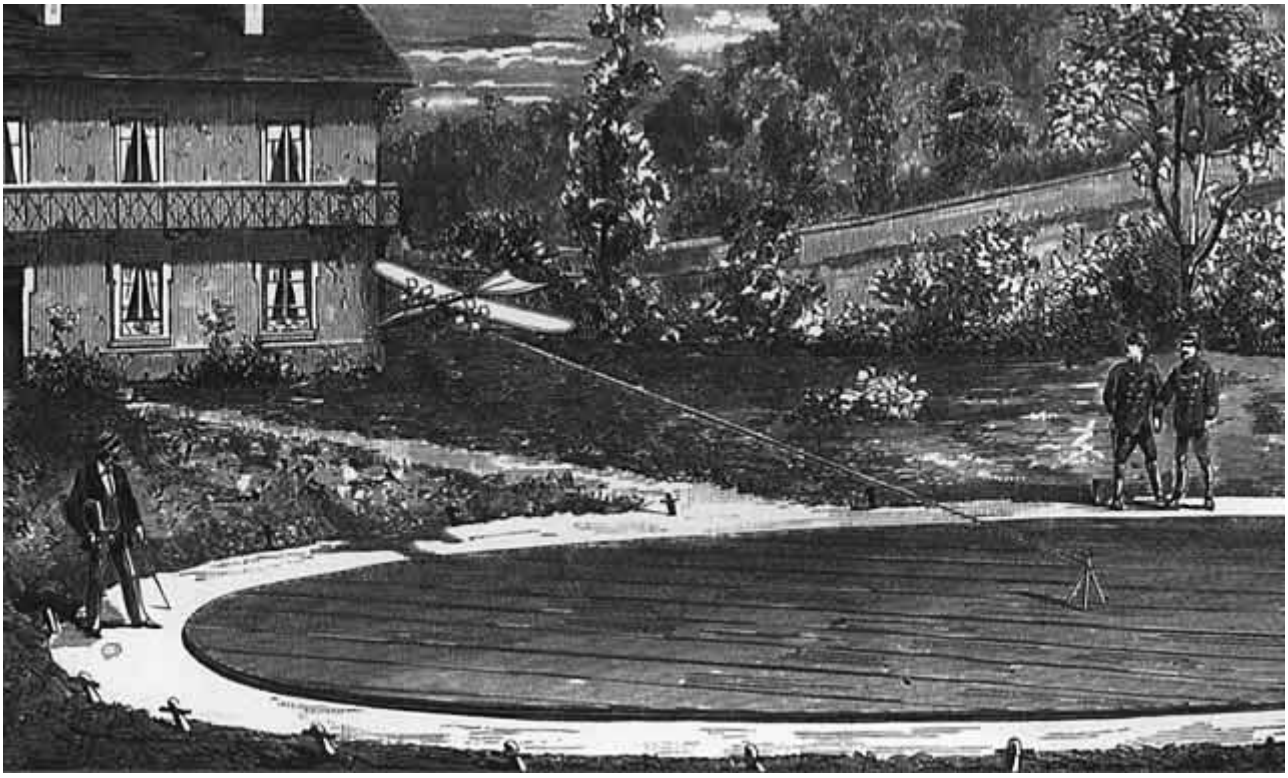


The double-acting single-cylinder engine for Stringfellow's model monoplane of 1848 used naptha and alcohol as liquid fuel; the multi-cone boiler was retained.

Victor TATIN (1843-1913)

Avec le professeur Charles Richet, le français Victor **Tatin** présente en 1890 un aéroplane à vapeur de dimensions importantes : monoplan de 33 kg, d'une envergure de 6,6 m, actionné par deux hélices en tandem. La machine à vapeur pesait 11 kg et donnait 1 cv. Après un échec en 1890, l'appareil fit quelques vols en 1896 et 1897, la distance de 140 m fut atteinte, c'était bien pour un vol libre de cette taille.

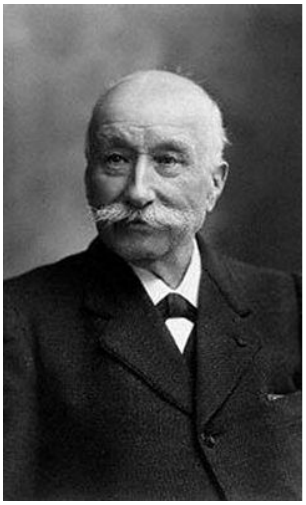


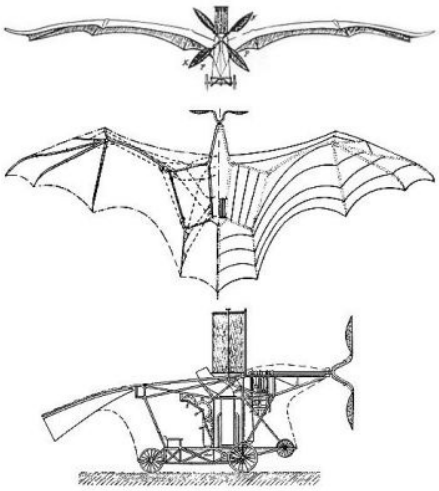


Premier vol circulaire stable d'un modèle réduit

Clément **ADER** (1841-1925)

En 1890, Clément **Ader** fit un bond de 50 mètres à 20 centimètres du sol avec son *Eole* sur le terrain de Gretz-Armainvilliers (Seine et Marne). L'*Eole* était propulsé par un moteur bicylindres à vapeur de 20CV qui entraînait un arbre auquel était fixé une hélice constituée de quatre pales en bambou ; les ailes qui sont inspirées de celles des roussettes sont également articulées et pliables.

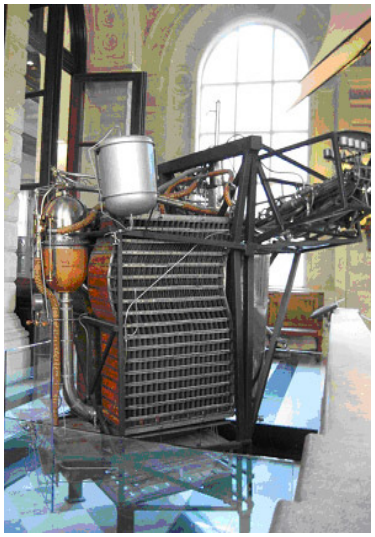




Clément Ader reprend un terme crée par un journaliste en 1863 : "*avis*" qui signifie "*oiseau*" ; en Latin : ce sera "*l'Avion*"

Le 14 Octobre 1897 , sur le camp de Satory, Clément **Ader** retente l'exploit mais cette fois avec *l'Avion III* qui dispose de deux moteurs de 24CV et deux hélices contrarotatives pour neutraliser les effets du couple . L' appareil sortira de la piste au bout de 200m ; les hélices et une aile furent brisées.

En 1902 , **Ader** le légua au Musée du Conservatoire National des Arts et Métiers où il figure toujours en bonne place après avoir été récemment restauré par le Musée de l'Air et de l'Espace du Salon du Bourget.

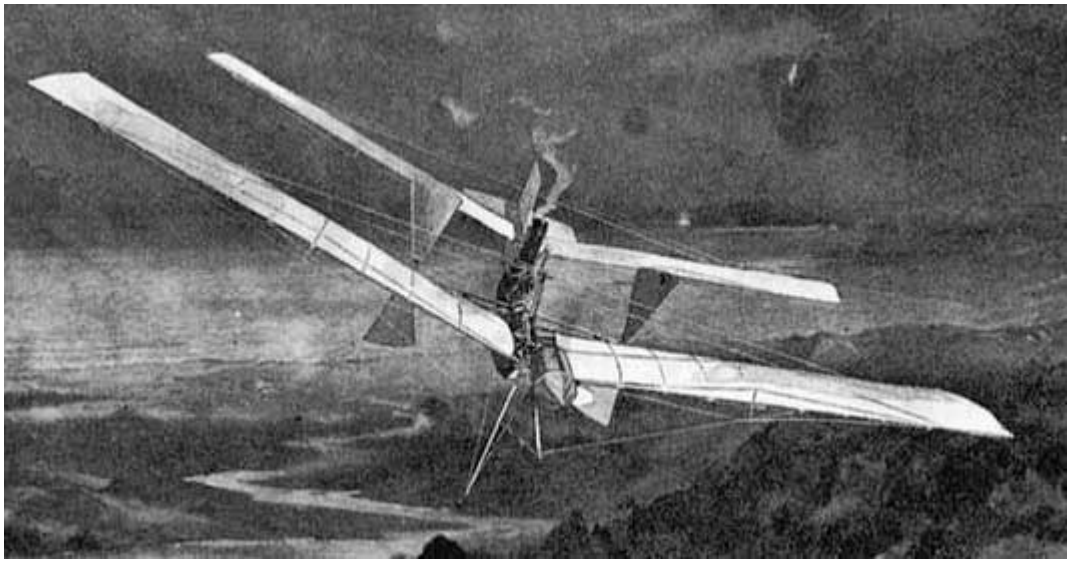


L'Avion III et son moteur au Musée du C.N.A.M.

Supra : Gouache de Georges Beuville, Musée de l'Air et de l'Espace.

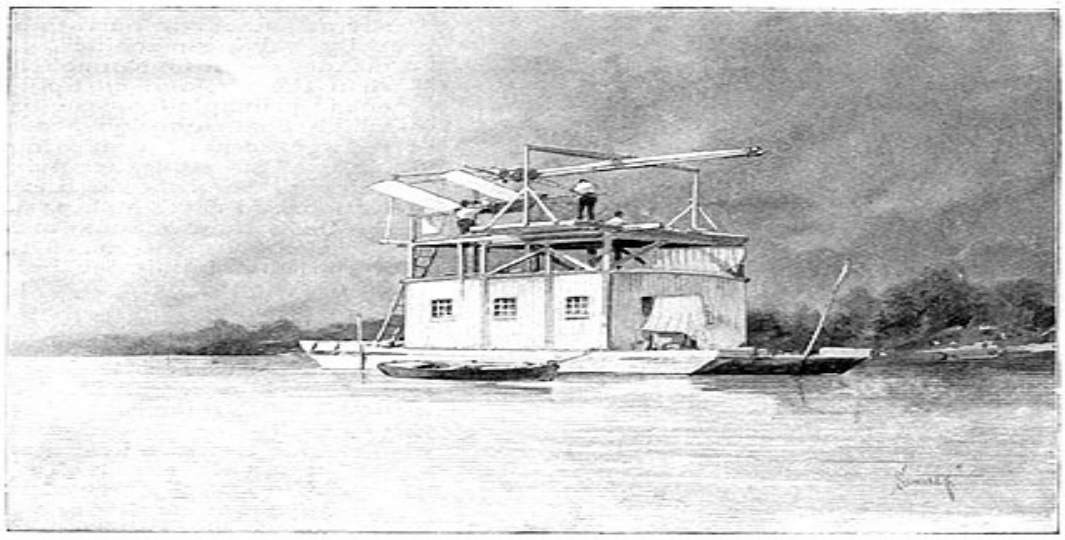
Samuel Pierpont **LANGLEY** (1834 – 1906)

Professeur d'astronomie et de physique à l'université de Pennsylvanie, secrétaire de la Smithsonian Institution de Washington, Samuel **Langley** se passionna à la fin de sa vie pour les problèmes de la navigation aérienne. Ses premiers modèles, qui s'appelaient "*Aerodrome*" avaient un moteur caoutchouc .Après en avoir testé une centaine et obtenu des vols de 6 à 8 secondes sur des distances de 250 à 330m à partir de 1891, il installa un moteur à vapeur sur l'*Aerodrome* N°5. qui effectua le 6 mai 1896, le premier vol de plus d'une minute d'un aéroplane mécanique propulsé par la vapeur.

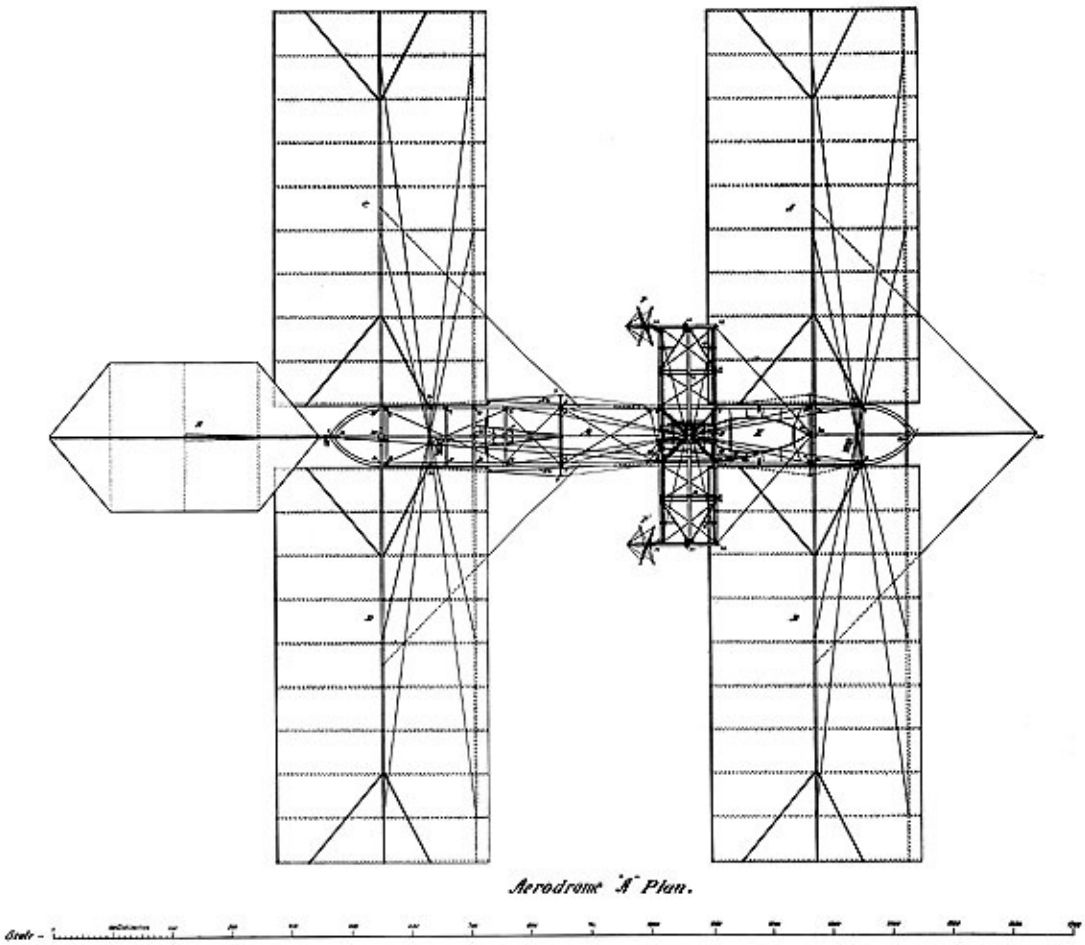


L'aerodrome N°5 de Langley, (1896)

l'*Aerodrome* N°5 pesait 14 kg. Il disposait de deux ailes en tandem offrant une envergure de 4,10 m. Une machine à vapeur à deux cylindres de 1 cv actionnait deux hélices placées entre les ailes. Le lancement se faisait par catapulte à partir d'un *house boat* au dessus de l'eau. La distance parcourue fut estimée à plus d'un kilomètre.

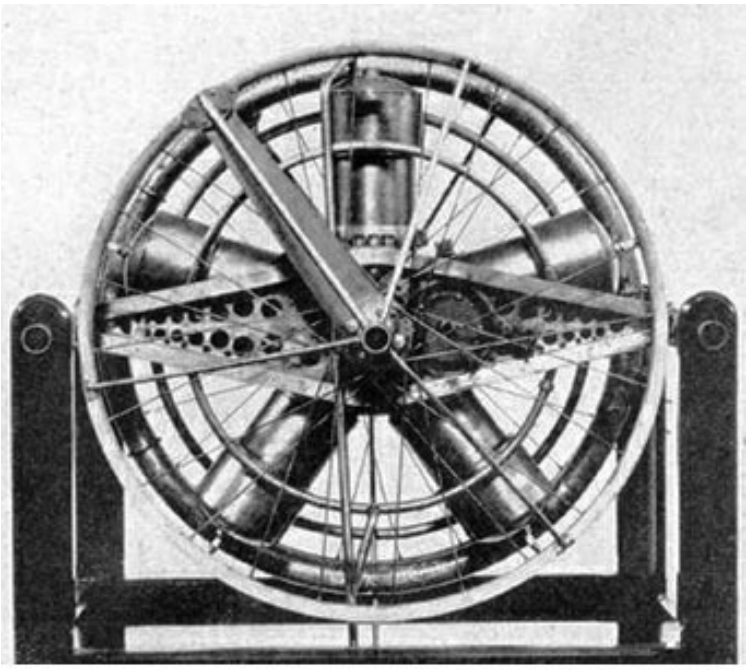


Toutes ces machines n'étaient encore que des modèles réduits En réponse à une demande du President McKinley Langley conçut En 1898 le grand *Aérodrome* "A" Après le succès des *Aérodrome* N°5 et N°6 il chercha des fonds pour travailler sur une machine à grande échelle susceptible d'emporter un homme. Une subvention de 50,000 $ lui fut accordée par le Smithsonian Institute en avril 1898.



Le moteur constituait l'élément le plus remarquable de *l'Aerodrome* "A" : le moteur rotatif à essence et refroidissement à eau initialement conçu par Balzer engine fut redessiné par Charles M. Manly qui produisit en Décembre 1901 un moteur à cinq cylindres radiaux de 52 cv. à 950 tours par minute, une merveille pour l'époque.

… Mais ce n'était plus un moteur à vapeur ! Le premier vol d'essai (Octobre 1903), se termina par un plongeon dans la Potomac River suite à un mauvais centrage.



Smithsonian Institution

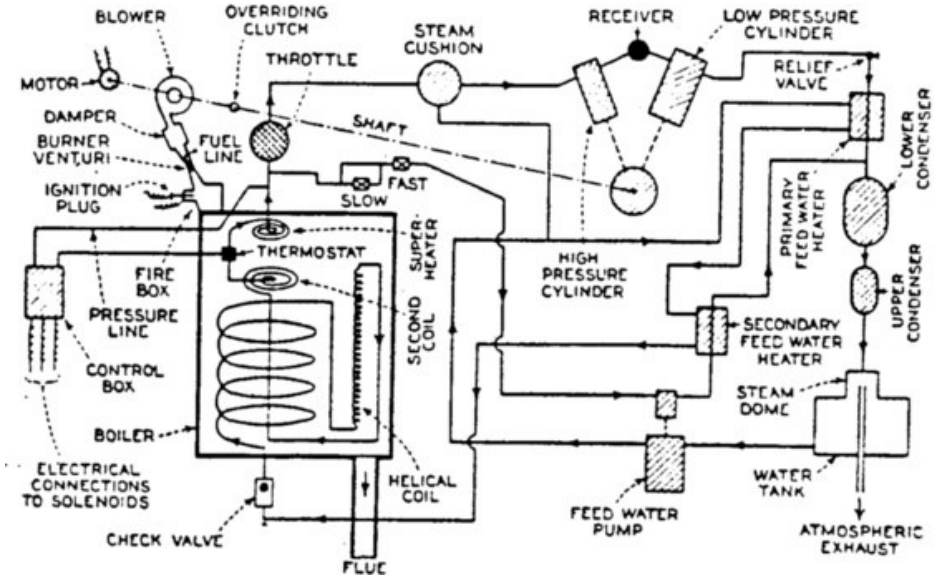
Les années passent… Un véritable avion à vapeur verra-t-il le jour ?

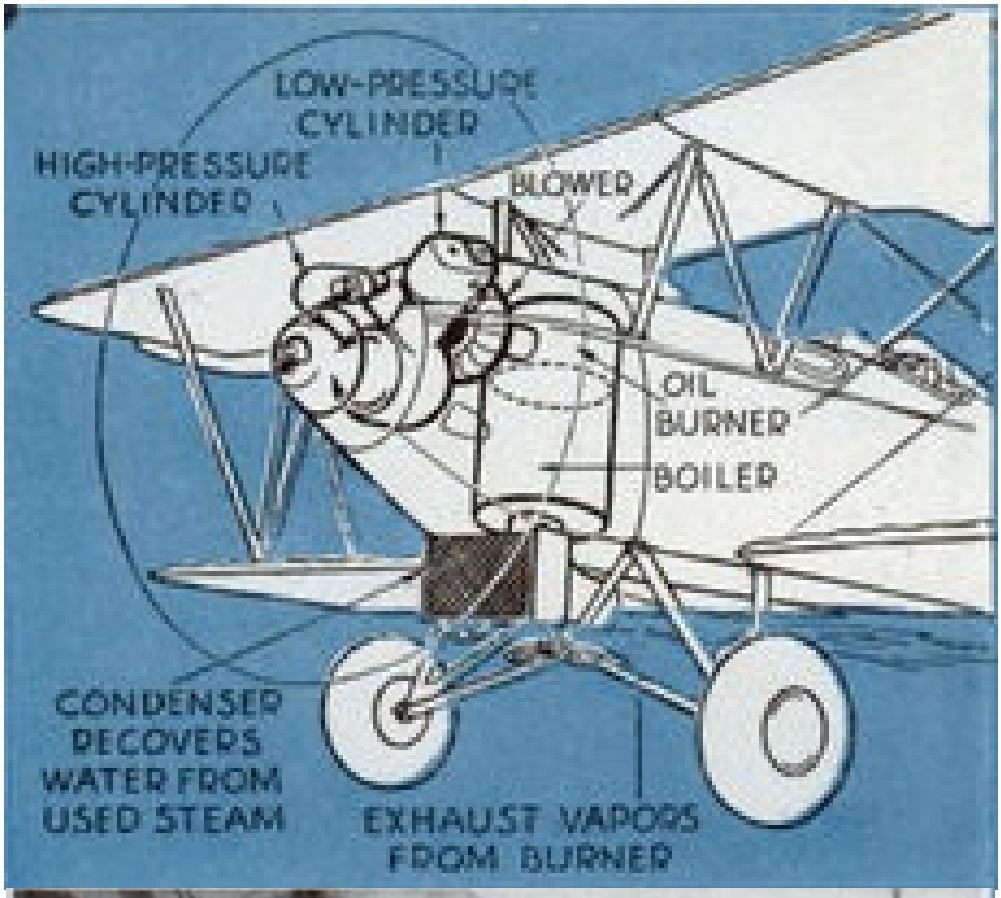
Scientific American Septembre 1933 :

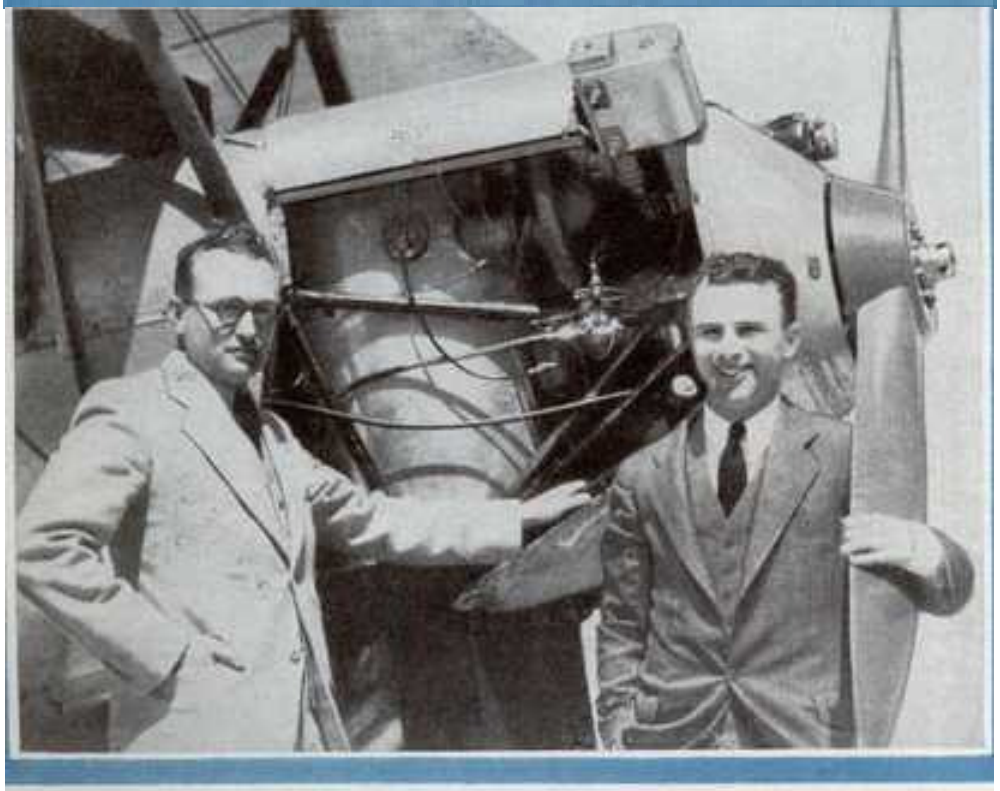
*« **Deux frères,** William J and George **Besler** viennent d'installer une machine à vapeur dans un avion conventionnel, et plusieurs vols réussis ont été effectués à l'aérodrome de Oakland. Le moteur à vapeur est un deux cylindres à double action en V à 90 degrés. Le cylindre à haute pression a un alésage de 9,5cm et une course de 7,6cm Le cylindre à basse pression a le même alésage, mais une course de 12,7cm. La pression normale de fonctionnement est de 950 psi et la température de la vapeur est de 398°C. Le moteur n'entraîne pas seulement l'hélice mais également un ventilateur via un dispositif d'embrayage. La soufflante (un moteur électrique qui sert au démarrage) alimente en air le Venturi dans lequel aboutissent les pipes d'admission du carburant. Le Venturi injecte le mélange dans une chaudière et celui-ci s'enflamme sous l'action d'une bougie d'allumage. La combustion est ensuite continue »*

« Le générateur de vapeur est un modèle « Flash » modifié constitué par un tube d'environ 16m de long ; les spires sont isolées avec de la laine métallique et une feuille d'aluminium. Une soupape de sécurité est tarée à 1500 psi. Un régulateur thermostatique injecte l'eau dans le surchauffeur quand la température dépasse 398°C. De la chaudière la vapeur passe à travers une soupape dans le moteur puis dans les condenseurs, l'un au dessus du fuselage et l'autre en dessous. A partir des deux radiateurs ou condenseurs, la vapeur passe dans le réservoir d'eau, qui est alimenté par une cloche à vapeur. Une pompe reprend l'eau du réservoir à travers une première et une seconde chaudière. Le préchauffage de la vapeur permet de récupérer la chaleur de l'échappement et augmente le rendement du système. Puis l'eau retourne dans la chaudière et le processus reprend ».

« La montée en puissance de la chaudière est remarquable : en cinq minutes l'avion est prêt à décoller . A noter également l'absence de bruit en vol. L'atterrissage met en évidence ne propriété très intéressante du moteur à vapeur : Dès l'atterrissage, le pilote inverse l'admission de vapeur et donc le sens de rotation de l'hélice, ce qui entraîne un freinage puissant »







George Besler, left, with his brother William, inventors of the first successful steam engine for planes, are shown with their plane in which position of special boiler is seen

miles an hour, the
it down and come
are.
double-acting, V-
r has a three-inch
e cylinder has five
troke.
ved me the barrel-
fficient burner, ex-
ers have failed in
ine.
burner releases as
cubic foot of fire-
excess of anything
is tremendous heat
0-foot pipe coiled
ck, inside measure-
reases in size until
n inch at the top.
rmostatically con-
rdless of pressure.

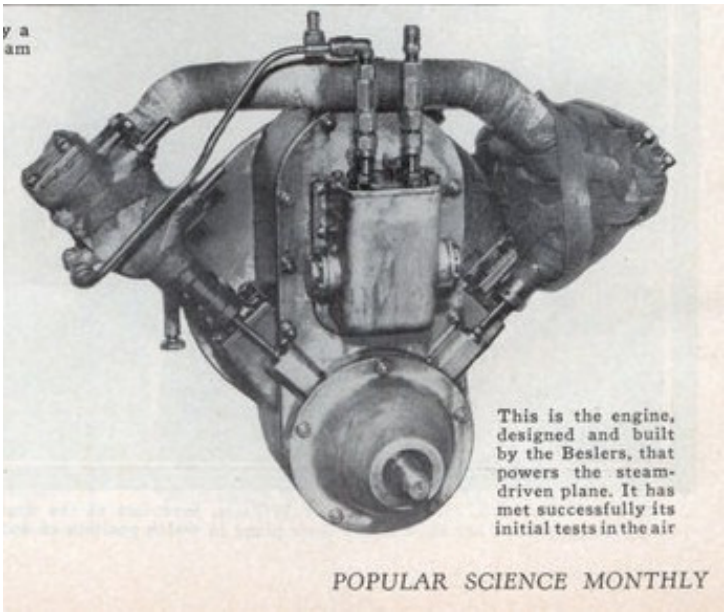
nser which looks
cooled motor and
rcent of the water
d water-pump, the
eat the feed water
time required to

Here is William Besler preparing power plant for test run in workshop. At left, the interior of the boiler exposed to show coiled pipe used in generating steam

400 miles. By increasing the size and effi-
ciency of the condenser, the experimenters
told me, they believe they can make this
amount of water last indefinitely.
As news of their sensational flights
flashed to all parts of the country, eager
interest was aroused among aeronautical
authorities. The prospect of steam planes
on the skyways opens up fascinating pos-
sibilities.
Burning fuel oil so non-explosive tha

Les essais ont montré que 38 litres d'eau suffisaient à un vol de 740 km. En augmentant la taille et le rendement du condenseur, les Frères Besler pensent obtenir une alimentation d'eau infinie. Le générateur de vapeur est alimenté en eau par une pompe à vapeur dont l'échappement passe dans un réchauffeur d'admission avant de passer finalement dans le condenseur.

Le tuyau du générateur de vapeur est bobiné en spirales plates et représente 16m de long. Les bobines inférieures, dans lesquelles l'eau est admise, ont un diamètre intérieur d'environ 1cm et les supérieures, par lesquelles la vapeur surchauffée s'échappe, environ 1,5cm.
L'alimentation d'eau est thermostatée pour maintenir constante la température de vapeur sans tenir compte de sa pression. Le condenseur sous le nez de l'appareil est un simple radiateur de voiture, qui recueille prés de 90% des condensats.



y a
am

This is the engine, designed and built by the Beslers, that powers the steam-driven plane. It has met successfully its initial tests in the air

POPULAR SCIENCE MONTHLY

Le moteur est un 2 cylindres compound de 13,4cm d'alésage pour une course de 76cm. Il développe 150 CV à une pression de vapeur de 364 kg. (température 426°C.) et fait environ 1650 tours minute. Son poids actuel de 82 kg est assez élevé et pourrait être allégé.

… L'aventure continue !

Le film d'époque en seconde partie de la vidéo suivante :

http://www.youtube.com/watch?v=UPEv_M7p4fA

Pendant ce temps, en Allemagne…

D'après le « Daily Telegraph » du 16 avril 1934, *« on dispose maintenant d'informations concernant l'avion à vapeur construit secrètement dans les environs de Berlin depuis plusieurs mois. L'inventeur est l'Ingénieur en chef Herr Huettner, de la Klingenberg electricity works.*

La machine n'est pas encore terminée mais les plans, d'après le "Berliner Tageblatt", ont été soumis à des experts et reconnus théoriquement fiables. Les moindres détails sont prévus et les performances suivantes sont attendues : Autonomie de 60 à 70 heures de vol continu ; vitesse comprises entre 425 et 480 km/heure. En pratique un vol non-stop jusqu'au Japon, Capetown, San Francisco, Rio de Janeiro ou Singapour devient possible, sur plus du tiers de la circonférence du globe.

Le secret de cette annonce résiderait dans le fait que Herr Huettner aurait su résoudre le problème du rapport poids-puissance.

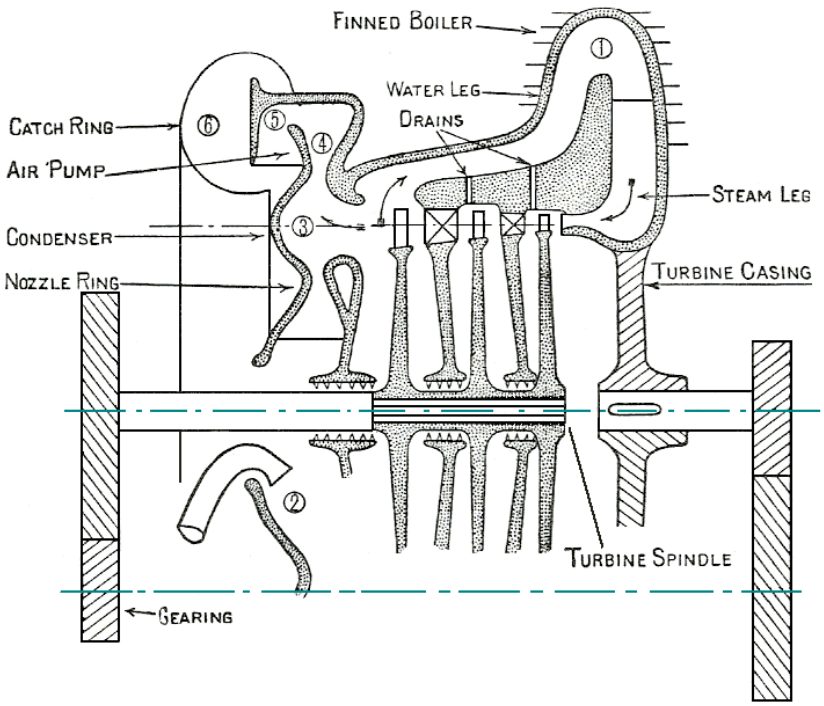
Sa solution consiste en une chaudière tournante couplée à une turbine à vapeur. Si la solution s'avère satisfaisante, le système pourrait être appliqué aux automobiles.

Le combustible utilisé est de l'huile de pétrole et, compte tenu de la grande puissance développée, Herr Huettner a adopté deux hélices contrarotatives.

En mars dernier le correspondant du Daily Telegraph à Prague rapporte qu'un article du journal Tchèque "Prager Tagblatt"sur ce sujet a entraîné l'arrestation de son correspondant à Berlin ».

En janvier 1933 Hitler accède à la Chancellerie du Reich et il est probable que son programme de réarmement incluait le développement des avions à vapeur.

Ci-après un schéma du moteur rotatif Huettner. Explications d'après D A Wrangham, 2nd Edition of *The Theory and Practice of Heat Engines*, Cambridge University Press, 1960.



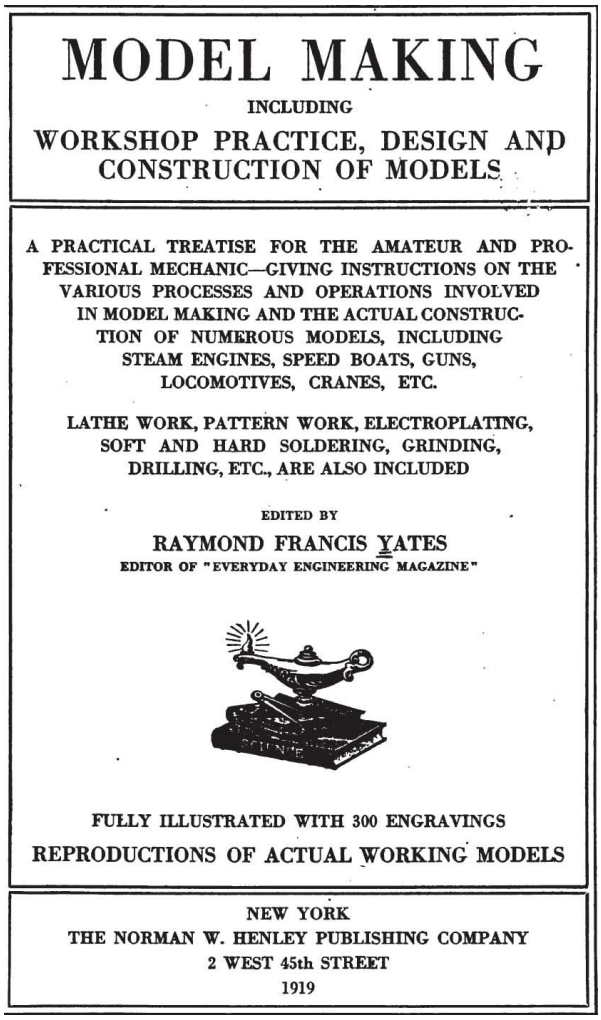
La chaudière (1) qui est composée de tubes en U effilés et intégrée au carter de la turbine et au condenseur, est mise en rotation par l'arbre de la turbine de telle sorte que les deux tournent en sens opposé à des vitesses différentes. Une grande vitesse relative est ainsi obtenue pour un diamètre et une vitesse de rotation relativement faibles de la turbine. La vitesse de rotation de la chaudière est fixée par réglage de la pression de travail et le couplage à la turbine doit être conçu pour obtenir le meilleur rapport de vélocité. Comme la vapeur est surchauffée, des précautions doivent être prises contre l'érosion des pales à l'aide de drains à chaque étage. Ces drains communiquent avec la branche d'eau de la chaudière et sont des points de fuite virtuels, de telle sorte que le rendement de la machine approche celui du cycle de Carnot.

La condensation de la vapeur et la séparation de l'air est produite par introduction d'eau de refroidissement dans le carter par le tuyau (2). La rotation du carter rejette l'eau via un injecteur annulaire dans l'espace vapeur de la turbine où s'effectue une condensation rapide dans la chambre (3). Après avoir traversé cette chambre, l'eau et l'air entraîné passent par des tuyères divergentes qui abaissent la pression au niveau atmosphérique. L'eau en excédent est recueillie dans un collecteur annulaire (5)et déborde dans un collecteur annulaire fixe qui la rejette à l'extérieur.

Aucune preuve n'existe toutefois que ce moteur ait fonctionné ou ait même été construit.

REALISATION D'UN AVION VAPEUR MODELE REDUIT

Les informations suivantes sont tirées de l'ouvrage ci-après (1919)



MODEL MAKING

INCLUDING

WORKSHOP PRACTICE, DESIGN AND CONSTRUCTION OF MODELS

A PRACTICAL TREATISE FOR THE AMATEUR AND PROFESSIONAL MECHANIC—GIVING INSTRUCTIONS ON THE VARIOUS PROCESSES AND OPERATIONS INVOLVED IN MODEL MAKING AND THE ACTUAL CONSTRUCTION OF NUMEROUS MODELS, INCLUDING STEAM ENGINES, SPEED BOATS, GUNS, LOCOMOTIVES, CRANES, ETC.

LATHE WORK, PATTERN WORK, ELECTROPLATING, SOFT AND HARD SOLDERING, GRINDING, DRILLING, ETC., ARE ALSO INCLUDED

EDITED BY

RAYMOND FRANCIS YATES

EDITOR OF "EVERYDAY ENGINEERING MAGAZINE"

FULLY ILLUSTRATED WITH 300 ENGRAVINGS

REPRODUCTIONS OF ACTUAL WORKING MODELS

NEW YORK

THE NORMAN W. HENLEY PUBLISHING COMPANY

2 WEST 45th STREET

1919

et de http://www.flysteam.co.uk/steaming.htm

H H Groves est reconnu au Royaume Uni pour sa série remarquable de modèles d'avions propulsés par des moteurs « *Flash* » à vapeur produits entre 1910 et 1930, et ses moteurs ont été publiés dans « *Model Engine* » du 9 avril 1936. Ce moteur à un alésage de 6mm et une course de 11mm. Il est maintenu sur un bâti en d'aluminium et comporte une chaudière mono tube, une pompe d'injection d'eau et un système de lubrification en un système monobloc qui en permet le démontage et le réglage aisés.

Qu'est ce que la vapeur flash ? Il y a deux moyens de générer de la vapeur à haute pression. Dans une chaudière « *Flash* » la surface chauffante est un tube simple (ou une série de tubes) dans lesquels l'eau froide est pompée jusqu'à l'obtention de la pression désirée. La source de chaleur est généralement l'essence, le pétrole ou le gaz. Le tube est bobiné et logé dans un logement en acier sans étain léger et fin et la flamme est dirigée vers le centre de l'enroulement. La production de vapeur est quasi- instantanée, d'où le terme « *vapeur flash* ». L'élévation de température s'effectue en 8 à 10 secondes et la vapeur est produite tant qu'il y a de l'eau dans le réservoir.

La vapeur ainsi générée peut être surchauffée jusqu'au point d'autodestruction du moteur, lorsque l'huile de lubrification est carbonisée avant son arrivée sur les parois du cylindre.

SCHEMAS

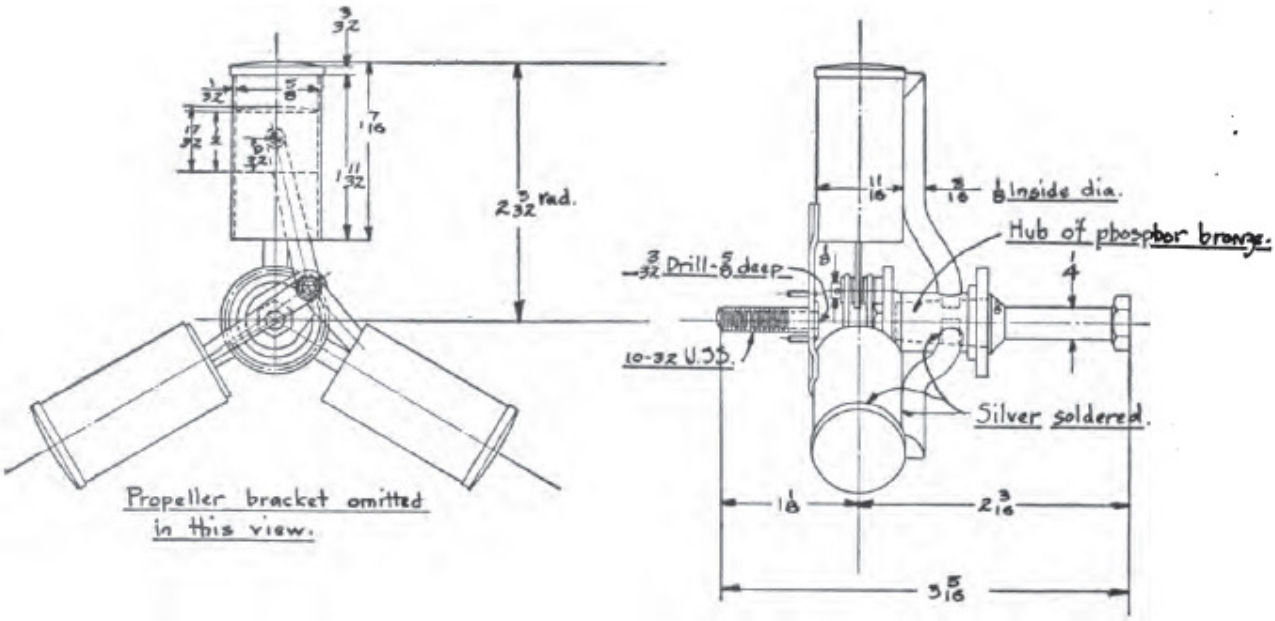


Fig. 127A—Details of the three-cylinder engine

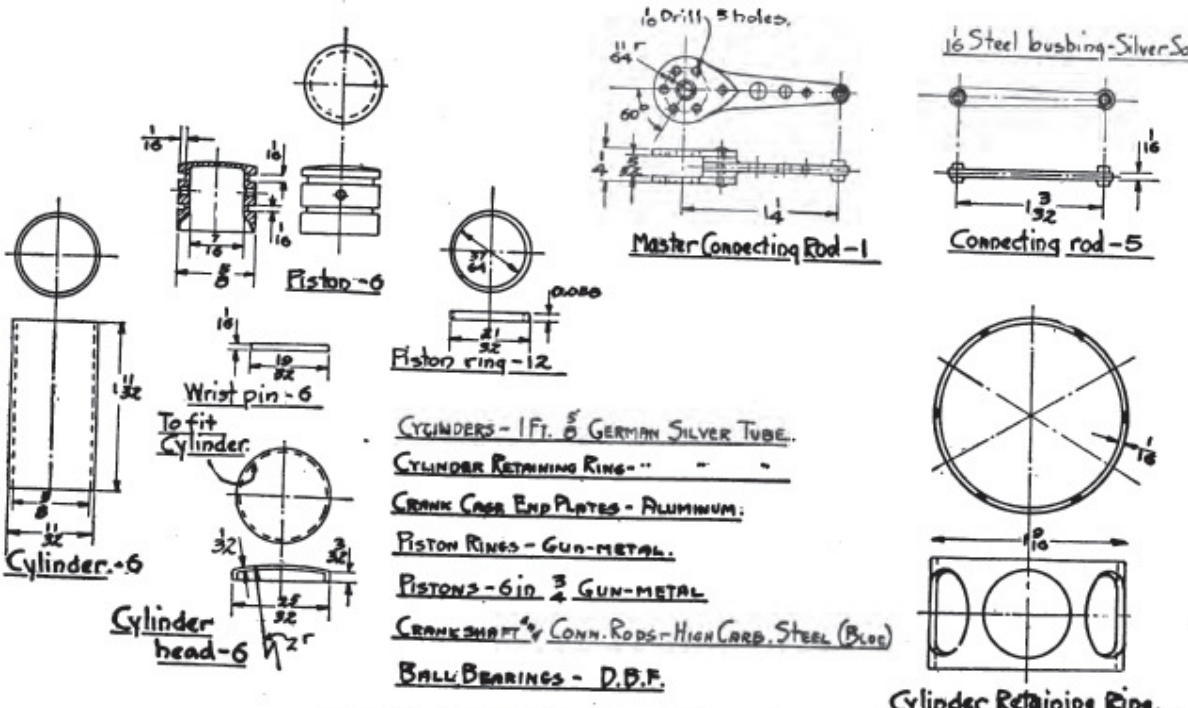


Fig. 127B—Details of the three-cylinder engine

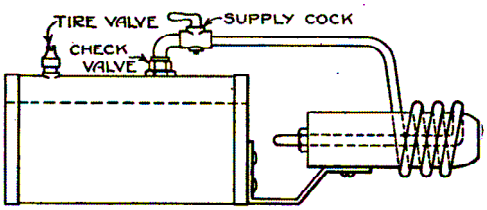


Fig. 114—Drawing of a gasolene torch for a flash-steam boiler

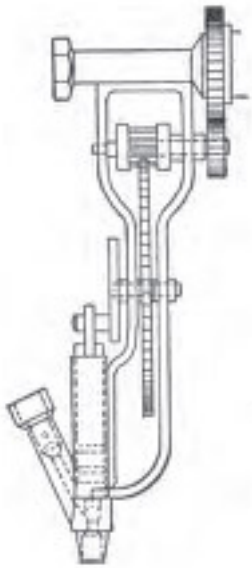


Fig. 128—How the pump is geared to the engine

Fig. 126—The complete power plant

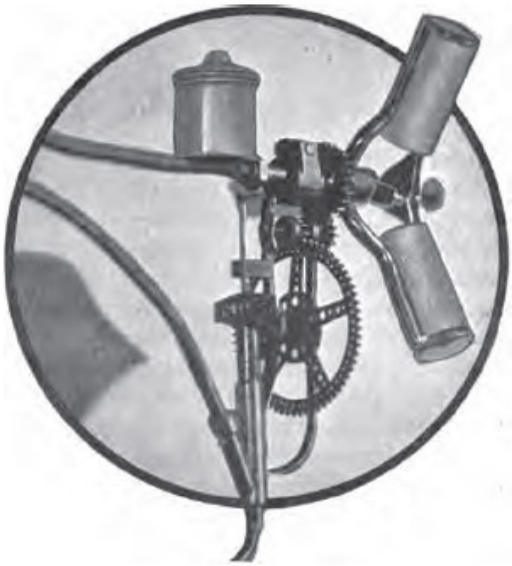
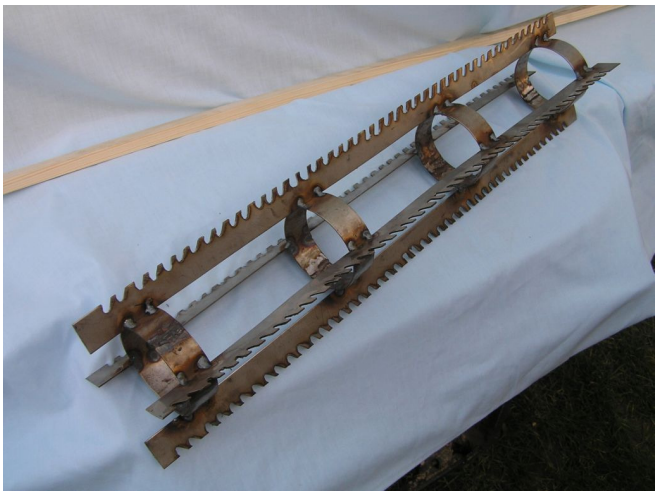


Fig. 125—The three-cylinder engine mounted on a model airplane

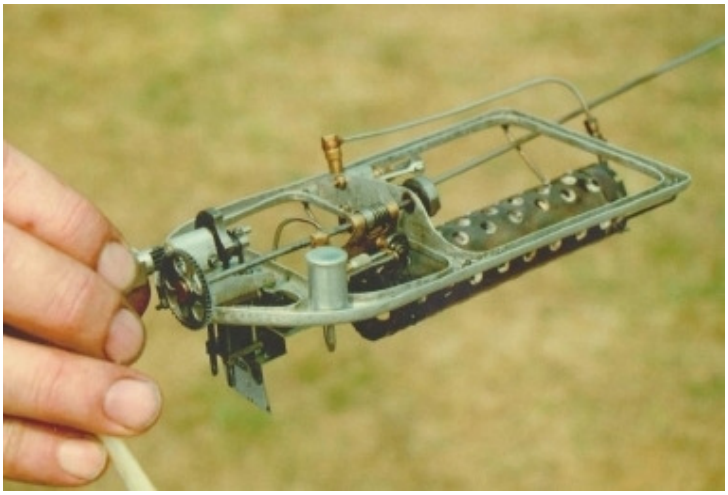
REALISATION



photos

Flysteamco-uk

AVION VAPEUR
Les informations suivantes sont tirées de l'ouvrage ci-après (1919)



MODELE REDUIT

UN PIONNIER DE LA VAPEUR INSTANTANEE: Léon SERPOLET

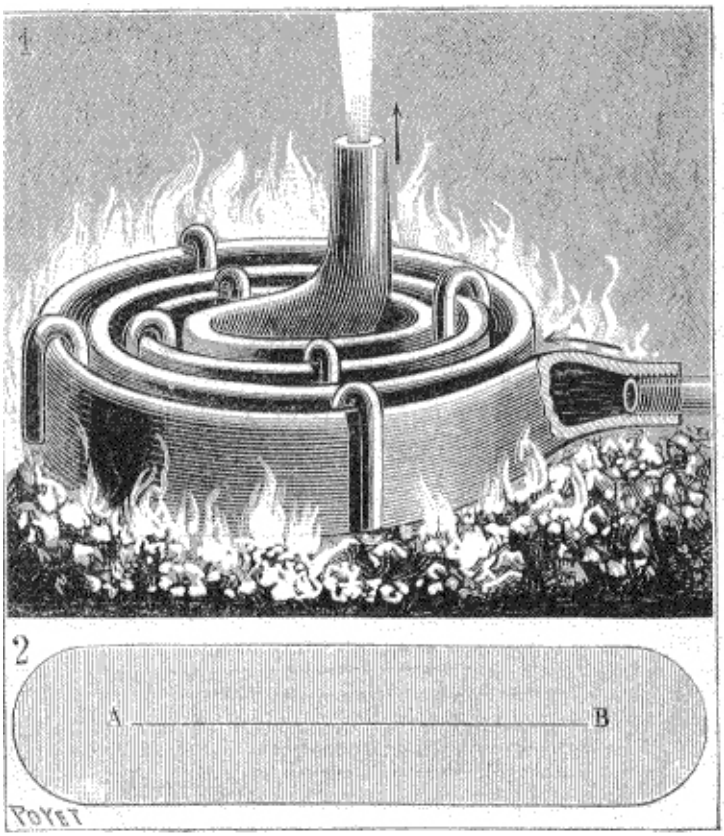


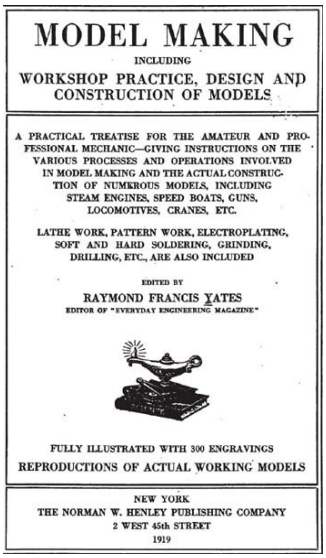
Fig. 1. — Chaudière à vaporisation instantanée de MM. Serpollet. 1. Vue d'ensemble de la chaudière (dispositif expérimental). — 2. Coupe transversale de la chaudière, en grandeur naturelle. Le trait AB indique, à une échelle un peu exagérée, la coupe transversale de la capacité intérieure de la chaudière.

Ref : Le Nature N°794 du 18/8/ 1888

FLASH STEAM ENGINES

Traduit de l'américain

Source : Model Making, Ed. Raymond Francis Yates, New-York 1919.



MODEL MAKING

INCLUDING

WORKSHOP PRACTICE, DESIGN AND CONSTRUCTION OF MODELS

A PRACTICAL TREATISE FOR THE AMATEUR AND PROFESSIONAL MECHANIC—GIVING INSTRUCTIONS ON THE VARIOUS PROCESSES AND OPERATIONS INVOLVED IN MODEL MAKING AND THE ACTUAL CONSTRUCTION OF NUMEROUS MODELS, INCLUDING STEAM ENGINES, SPEED BOATS, GUNS, LOCOMOTIVES, CRANES, ETC.

LATHE WORK, PATTERN WORK, ELECTROPLATING, SOFT AND HARD SOLDERING, GRINDING, DRILLING, ETC., ARE ALSO INCLUDED

EDITED BY

RAYMOND FRANCIS YATES

EDITOR OF "EVERYDAY ENGINEERING MAGAZINE"

FULLY ILLUSTRATED WITH 300 ENGRAVINGS

REPRODUCTIONS OF ACTUAL WORKING MODELS

NEW YORK

THE NORMAN W. HENLEY PUBLISHING COMPANY

2 WEST 45th STREET

1919

Les chaudières « flash » sont plus appropriées à la propulsion des modèles de bateaux que les chaudières classiques car elles produisent plus rapidement de la vapeur et fournissent en outre une puissance supérieure à la machine. Bien que parfois plus difficiles à mettre en œuvre et à régler, elles sont préférées pour les modèles rapides.

La fig. 112 montre un dispositif flash complet et le raccordement des différentes parties. Le petit réservoir (A) contient le pétrole (gasolene) qui alimente le brûleur (C). Le pétrole traverse les enroulements de vaporisation bobinés autour du brûleur. L'injecteur à l'extrémité de la bobine de vaporisation est percé d'un trou minuscule au travers duquel un fin jet de carburant passe dans le cylindre du brûleur où il s'enflamme violemment ; la flamme traverse sur toute sa longueur l'enroulement de la chaudière dans lequel circule l'eau.

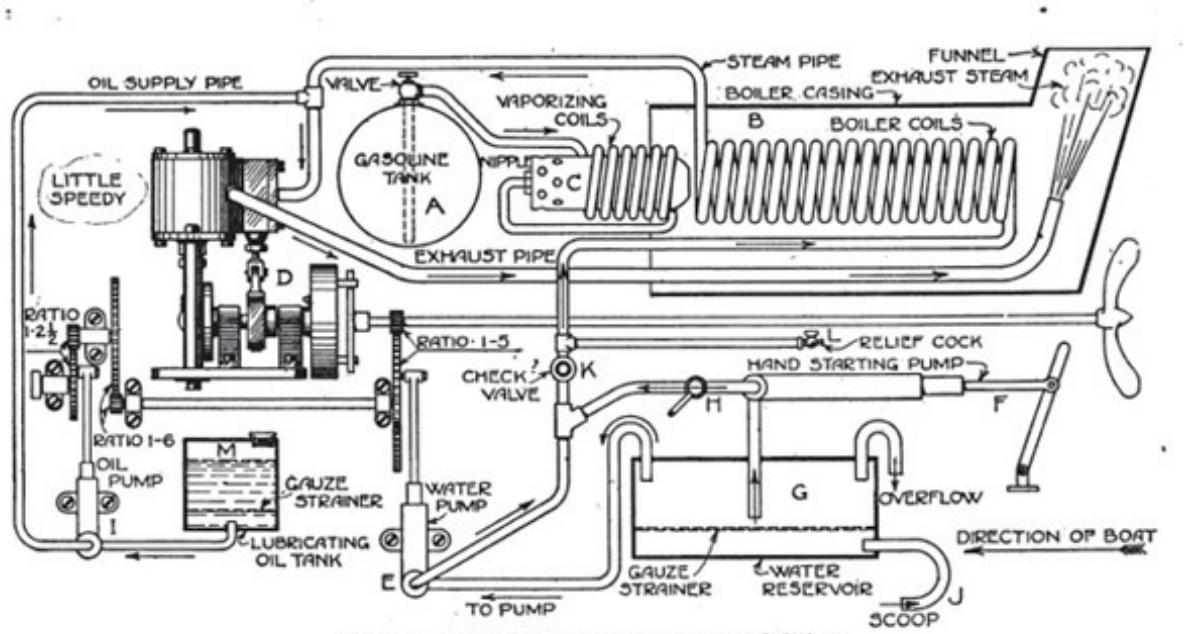


Fig. 112—A flash steam plant with engine and fittings

Le brûleur (fig 114) est très simple à fabriquer et fonctionne automatiquement après l'allumage. Le pétrole s'échauffe en traversant la bobine de vaporisation et sa pression augmente considérablement dans l'injecteur. Le réservoir de carburant, constitué d'une feuille de laiton ou de cuivre soudée à l'argent, est muni d'un robinet pour couper ou réguler l'admission de carburant. La bobine de vaporisation est un tube en cuivre ou de préférence en acier

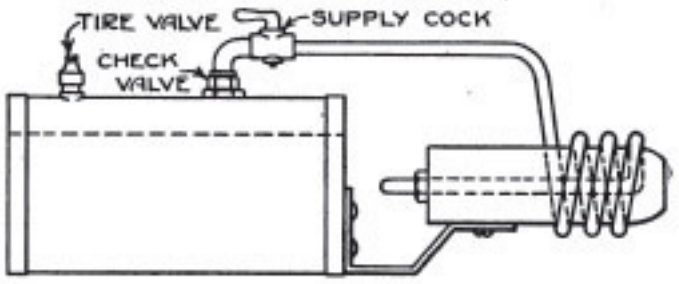


Fig. 114—Drawing of a gasolene torch for a flash-steam boiler

Le brûleur est démarré comme celui d'une torche ordinaire. Le robinet est ouvert et un peu de carburant s'écoule jusqu'au brûleur. On l'allume et une flamme très fumeuse apparaît. Alors qu'elle chauffe la bobine elle prend bientôt une couleur d'un bleu intense tout en dégageant une grande quantité de chaleur. On ouvre alors à fond le robinet d'arrivée de carburant.

Après quelques minutes le moteur est prêt à démarrer et on donne une petite impulsion pour lancer la pompe à eau (E sur le schéma). Celle-ci est généralement actionnée par l'axe du moteur selon un rapport 5 : 1 qui peut toutefois varier selon sa course et son alésage.

Cette pompe est destinée à démarrer et à entretenir la circulation d'eau dans la bobine de la chaudière. Une pompe à démarrage manuel est également prévue (F). Elle permet d'éviter un lancement manuel de la machine qui peut être dangereux pour les doigts de l'opérateur, compte tenu d'un démarrage très brutal et puissant.

Quand la pompe est utilisée au démarrage, le moteur doit être placé à son point mort. Comme le montre le schéma la pompe à main (F) et la pompe principale (E) sont alimentées par le réservoir G.

L'eau pompée est forcée à travers la bobine de la chaudière Une valve anti-retour ne permet le passage de l'eau dans la pompe principale que dans un seul sens. L'eau « explose » (« flash ») instantanément en vapeur surchauffée qui délivre une puissance instantanée maximale au piston de la machine.

Il est parfois nécessaire d'actionner la pompe à main après le démarrage afin d'assister la pompe automatique pour obtenir la pression d'eau maximum dans l'enroulement de la chaudière.

.Le moteur actionne également la petite pompe à huile (I). Celle-ci est alimentée à partir du réservoir (M). Le sens de rotation des pompes est indiqué sur le schéma ; à signaler que le mouvement d'oscillation du piston est très lent.

Afin d'éviter l'encrassage par des particules, un petit filtre en filaments de cuivre est placé dans le réservoir. La pompe à huile injecte de l'huile qui se mélange à la vapeur surchauffée . dans la pipe d'injection de vapeur via l'enroulement de la chaudière. Cette huile doit être fluide et à fort coefficient de résistance à la température.

L'attention est également portée au réservoir d'eau. Celui-ci est de capacité relativement faible. L'eau y est également filtrée afin d'éliminer d'éventuelles matières en suspension susceptibles d'obturer les pompes Du fait qu'il est placé sous la ligne de flottaison, il reste rempli lorsque le modèle est à l'arrêt. Le déplacement rapide du modèle est en mouvement, force l'admission d'eau dans le réservoir via l'écope. Un petit trop-plein décharge l'excès d'eau. Un couvercle en acier recouvre la bobine de la chaudière et celle du brûleur afin d'éviter que la flamme soit déviée du centre des bobines.

L'échappement de vapeur en sortie du cylindre est conduit à la cheminée qui surplombe ce couvercle, ce qui produit un courant d'air qui entretient la flamme du brûleur.

La valve de contrôle (K) de la conduite d'admission d'eau évite le refoulement d'eau en cas de dysfonctionnement de la valve d'admission de la pompe principale.

Le robinet (R) est ouvert lorsque l'on veut arrêter le fonctionnement. Lorsqu'il est ouvert, la pression d'eau et celle de la vapeur sont diminuées.

Tous les joints, robinets et soupapes du système d'admission d'eau doivent être parfaitement étanches à l'air et à l'eau pour garantir un fonctionnement optimal, compte tenu de la pression très élevée mise en œuvre.

Les pompes à eau utilisées dans les systèmes « flash steam » sont toujours équipées de valves champignon, beaucoup plus fiables que d'autres types

Le réglage de ce type de mécanisme est très délicat : la quantité d'eau qui circule doit être parfaitement adaptée au taux de vaporisation et les température et pression en sortie doivent respecter les contraintes du moteur employé. Les valves, robinets et autres parties du moteur doivent pouvoir supporter la surchauffe extrême de la vapeur

Parfois la chaleur est telle qu'elle peut entraîner la fusion de la bobine de la chaudière ou la combustion de l'huile avant son arrivée dans le cylindre qui n'est plus lubrifié.

Si pour une raison ou une autre la température de la chaudière tombe, la vapeur ne sera pas suffisamment sèche et le cylindre sera engorgé par l'eau de condensation.

D'où l'impératif dans ce type de dispositif d'un réglage adéquat de l'admission d'eau, de la température et de la pression

LA FUSEE A VAPEUR : MYTHE OU REALITE ?

Le chroniqueur romain Aulus Gellius, rapporte l'histoire d'un grec nommé Archytas qui vivait à Tarentum dans le sud de l'Italie. Vers 400 av. JC, celui-ci aurait mystifié les habitants de la ville en faisant voler un pigeon en bois suspendu à des fils et propulsé par la réaction de la vapeur qui s'en échappait. Aucune information précise n'est donnée sur cette machine et certains historiens des techniques doutent même de son existence.

Deux cent ans environ plus tard, l'ingénieur grec Héron de l'Ecole d'Alexandrie inventa l' *éolipyle*. dont la description est donnée dans son ouvrage « *Pneumatiques* » : une vasque fermée remplie d'eau est chauffée et la vapeur fait tourner des tourniquets mus par la réaction d'un jet de vapeur.

Hero Engine

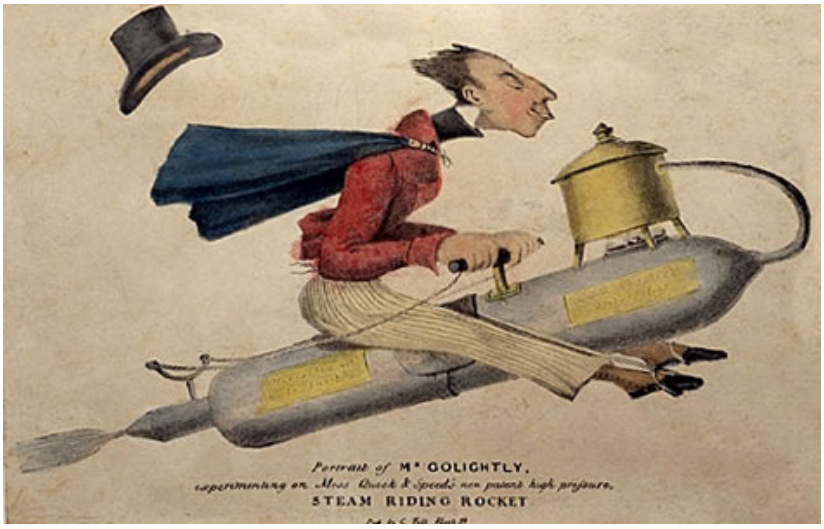
L'effet moteur de ces machines simples ne permettait pas d'envisager une utilisation pratique autre que ludique.

A la fin du XVIIème Siècle, Sir Isaac Newton (1642-1727) publie son ouvrage *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* dans lequel sont énoncées les lois du mouvement des objets dans l'air et dans le vide, et notamment les seconde et troisième lois qui stipulent :

- **L'énergie est égale à la masse multipliée par l'accélération.**
- **A toute action s'oppose une réaction égale et opposée.**

Dans les fusées, l'action est produite par l'expulsion du gaz par la tuyère et la réaction est le mouvement de la fusée dans le sens contraire. Mais pour qu'une fusée puisse décoller, l'action motrice doit être plus grande que le poids de la fusée. Aussi les moteurs fusée à vapeur présentent un lourd handicap : le poids de l'eau.

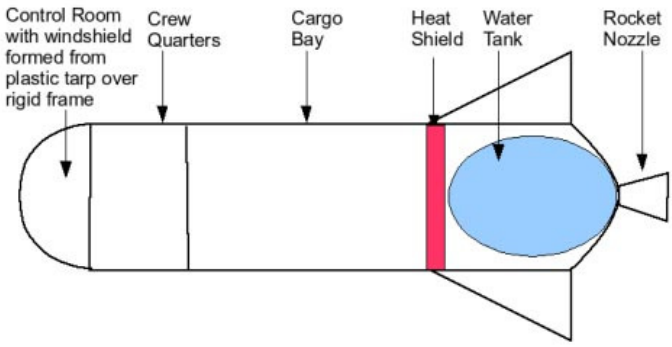
Les premières expérimentations porteront donc sur des véhicules à roues et, vers 1720, le savant allemand Willem Gravesande, membre de la *Royal Society* de Londres, construisit les premières maquettes de véhicules propulsés par des jets de vapeur. Il corrigera également l'équation de Newton avec Emilie du Châtelet : ($E = mv^2$ et non $E = mv$).



En 1841, un Anglais, Mr. Golightly, prend un brevet pour une fusée à vapeur. Le projet ne vit jamais le jour et fut tourné en ridicule dans la presse de l'époque.

PRINCIPE

De l'eau sous pression est chauffée à haute température (250-500 °C).Lorsqu'elle s'échappe par la tuyère, la pression baisse et l'eau se transforme en vapeur qui est expulsée à grande vitesse. La réaction propulse la fusée dans le sens opposé.



Dans les modèles les plus simples, l'eau est pressurisée dans un réservoir qui est chauffé avant le décollage. Des systèmes plus complexes utilisent des pompes qui font circuler l'eau dans un échangeur de chaleur qui peut être constitué par un capteur solaire ou un réacteur nucléaire.

D'autres recherches ont été poursuivies en vue de casser la molécule d'eau en ses composantes : Hydrogène et Oxygène, qui seront ensuite utilisés comme combustible.

Les moteurs fusées de la navette spatiale ou du lanceur ARES utilisent de l'hydrogène comme carburant et l'oxygène comme oxydent. Elles ressemblent donc aux fusées à vapeur puisque leur propulsion est assurée par un jet de vapeur à très hautes température et pression.

Nos amis anglais de *Steampunk* ont construit leur propre fusée à vapeur selon ce principe : production d'hydrogène et d'oxygène par hydrolyse de l'eau ; mélange ; allumage…

Pour en savoir plus :

http://handley.org.uk/fzz/?page_id=51

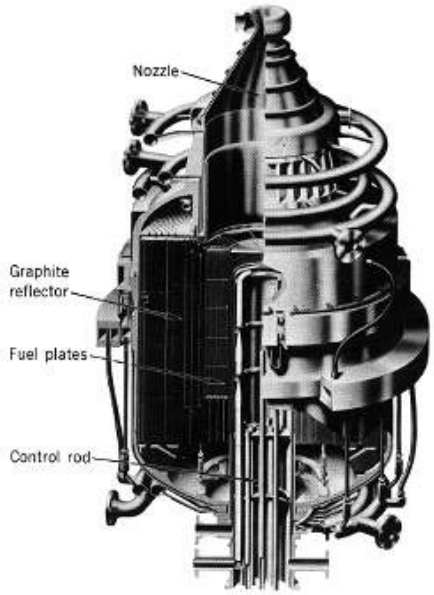
LA FUSEE DU PROFESSEUR TOURNESOL

Vous êtes vous déjà demandé comment fonctionnait cette fusée ? Elle aurait très bien pu marcher à la vapeur… Mais laissons la parole au professeur Tournesol qui l'a conçue avec ses fidèles collaborateurs, les ingénieurs Baxter et Wolf : (Les aventures de **Tintin Objectif Lune**, Hergé, 1953)

Réacteur nucléaire = explosion contrôlée

Hergé visionnaire ? de quelles sources scientifiques dispose –t-il en 1953 ?

En juillet 1946,des rapports secrets sont remis à l'US Air Force par North American Aviation et Douglas Aircraft , qui concluent à la faisabilité d'un moteur-fusée nucléaire à transfert thermique dans lequel un réacteur chauffe un fluide de fonctionnement . Mais les scientifiques de North American estimaient que le réacteur d'une fusée nucléaire devrait fonctionner d'une manière continue à la température fantastique de 3200°C, beaucoup plus que pour les réacteurs existants alors.

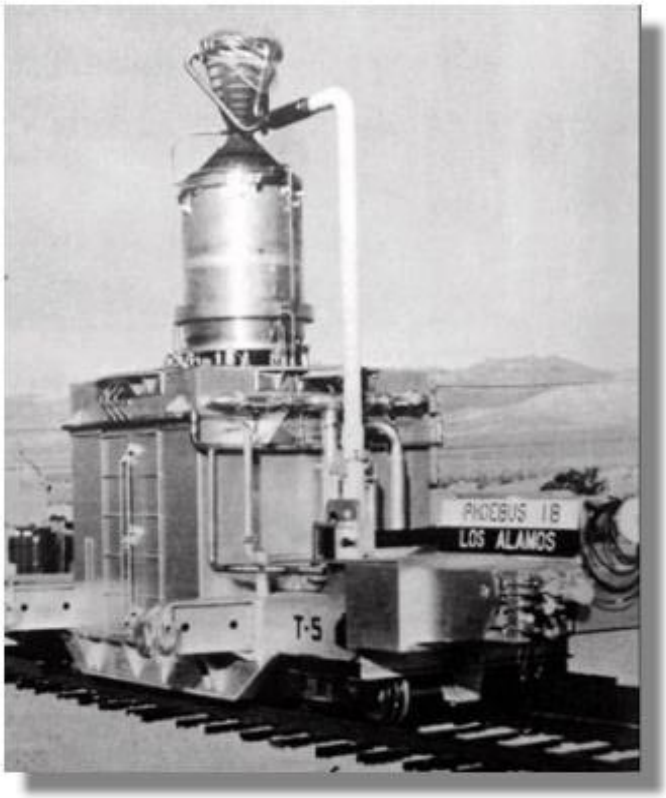


Cutaway drawing of a Kiwi-A reactor, showing the basic design of the graphite core.

En 1948 et 1949, A.V. Cleaver et L.R. Shepherd ont, publié une série d'articles dans le journal de la société interplanétaire britannique. Un peu plus tôt, H.S. Tsien, un scientifique chinois qui dirigera plus tard le programme chinois d'armement nucléaire) a présenté un exposé au Massachusetts Institute of Technology au sujet des fusées thermiques nucléaires.
Certains chercheurs n'étaient pas d'accord avec ces perspectives pessimistes pour les moteurs fusées nucléaires et poursuivirent leurs recherches avec les réacteurs d'essai *Kiwi* (du nom de cet oiseau de Nouvelle Zélande incapable de voler).

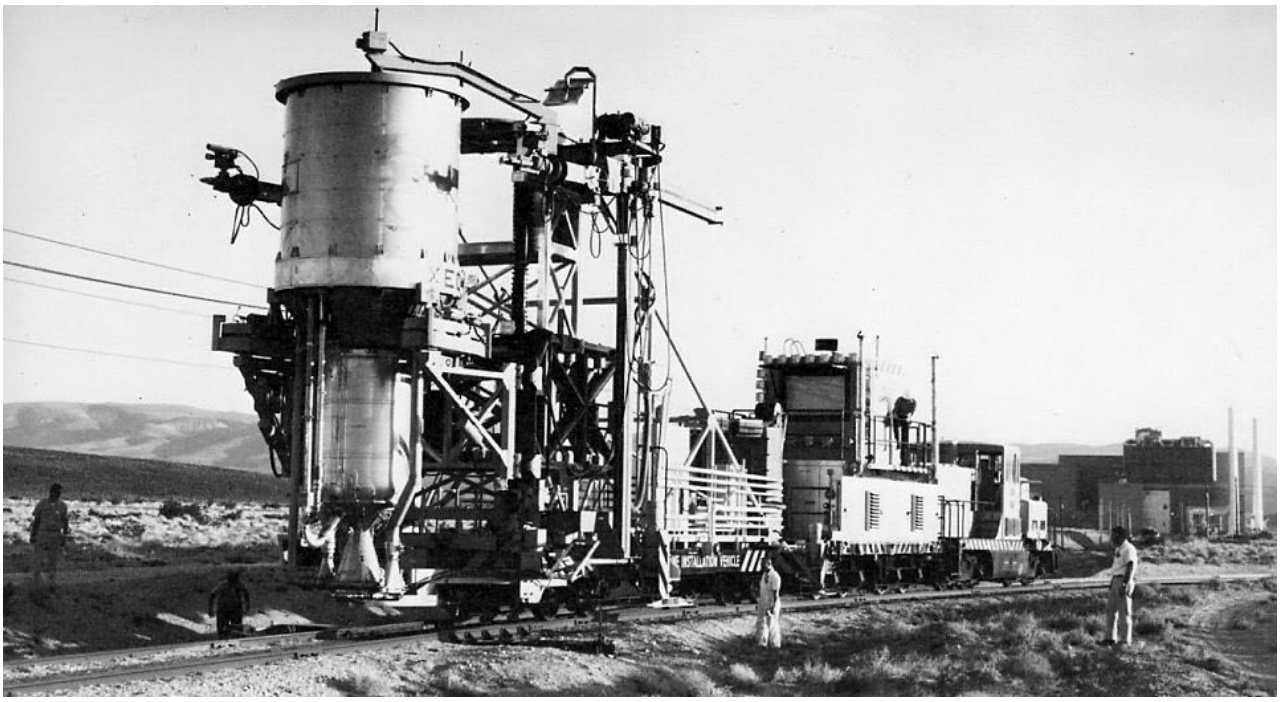
Les réacteurs d'essai de cette série utilisaient de l'hydrogène comprimé comme fluide de propulsion et

comme combustible du carbure d'uranium confiné à l'intérieur d'un noyau de graphite résistant à 3000°qui modérait la production des neutrons émis par fission.



A l' automne 1960 fut programmée la construction du premier moteur-fusée nucléaire appelé NERVA (*Nuclear Engine for Rocket Vehicle Application*). Le NERVA produisait environ 245 KN (25 tonnes) de poussée.

La mise au point d'un NERVA opérationnel (d'une poussée de 34 tonnes) et son assemblage comme étage supérieur sur une fusée Saturne 5 apparaissent alors possibles a brève échéance. Mais le programme est interrompu en 1972, alors qu'un propulseur Nerva 2 de 90 tonnes de poussée, d'une puissance de près de 5000 MW, est en cours de mise au point…le projet avait déjà coûté plusieurs milliards de dollars.

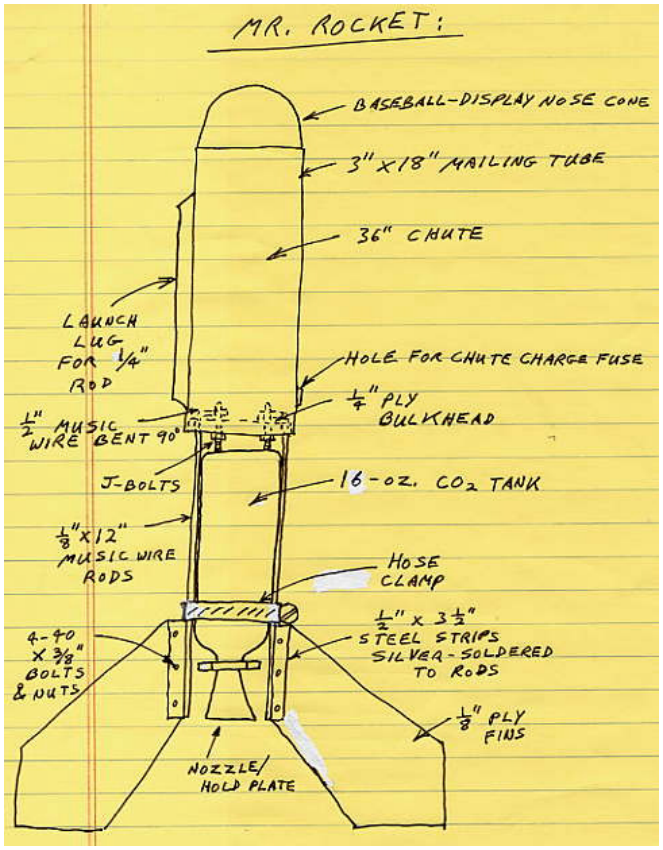


Source : http://jpcolliat.free.fr/lune/nerva_1.htm
Pourquoi Tournesol a-t-il choisi ce moteur ?
http://tintinrocket.servhome.org/_private/montipe/motatom.htm

POUR EN REVENIR A LA FUSEE A VAPEUR

ATTENTION ! DANGER !

La fusée à vapeur existe. Certains amateurs (inconscients ?) en fabriquent. Huygens aussi faisait exploser des canons bouchés remplis d'eau et exposés au feu pour déterminer la force brisante de la vapeur… Combien de visages ébouillantés, de mains et de bras arrachés, de vies explosées dans des manipulations hasardeuses ?



Des schémas, illustrations et autres descriptions se trouvent sur la toile, comme celui-ci.

Une tuyère de fusée est un moteur thermodynamique. L'agitation aléatoire des molécules due à une chaleur élevée est convertie en un mouvement rectiligne unidirectionnel par la tuyère, de même que le mouvement aléatoire des gaz de combustion d'un moteur à explosion actionne unilatéralement un piston ou que l'explosion de la poudre d'une cartouche propulse la balle en ligne droite.

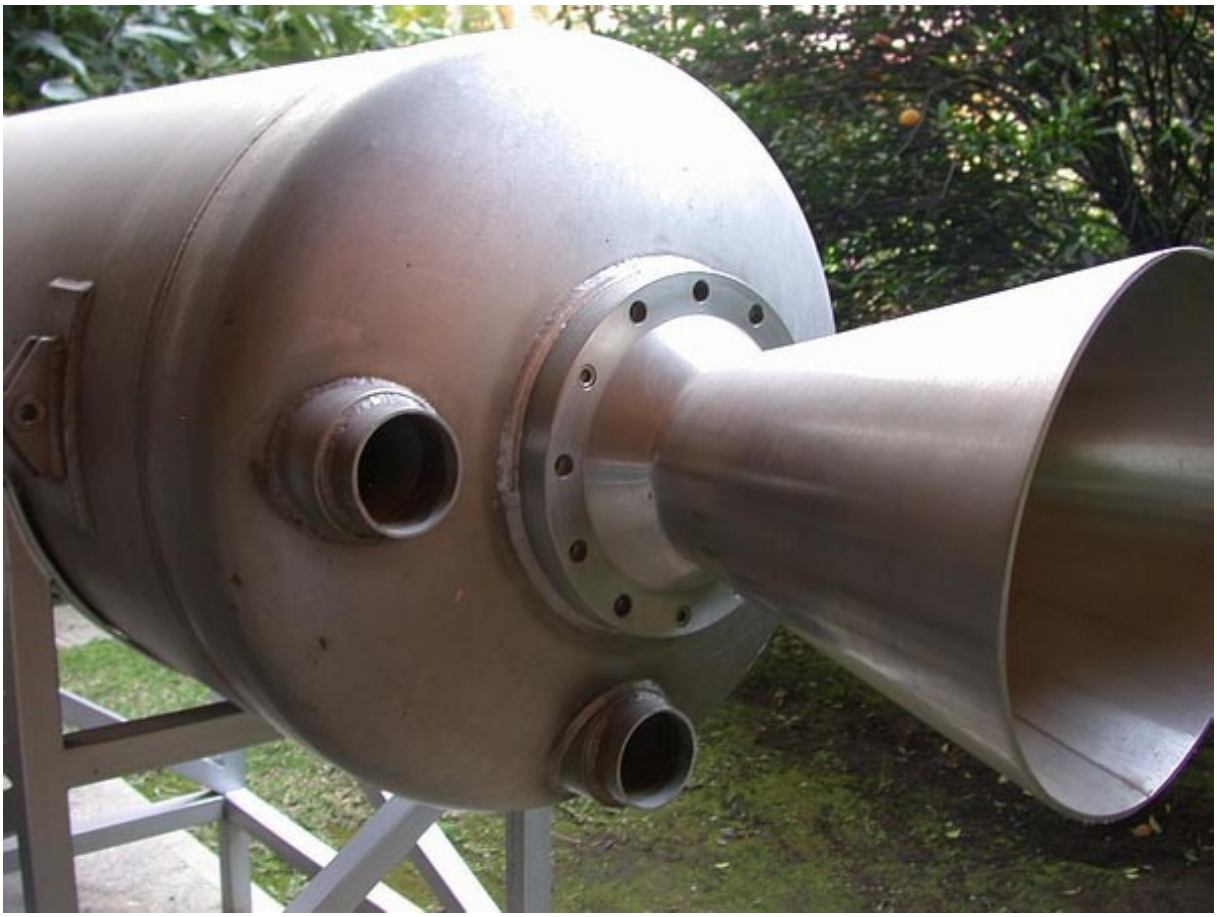
Dans les fusées à vapeur, de l'eau confinée est chauffée de 24O°C à 285°C ce qui correspond la pression considérable de 500 PSI à 1000 PSI. D'où la nécessité d'une enceinte de confinement très résistante.
Lorsqu'elle est libérée, l'eau surchauffée ne traverse pas la tuyère comme un gaz (comme dans les fusées pyrotechniques), mais elle accélère dans le cône intérieur du venturi, bout instantanément dans l'étranglement et la vapeur formée explose dans le cône d'éjection, créant une impulsion de réaction qui accélère la masse de la fusée dans la direction opposée.

Les détails de fabrication et de mise en œuvre ne seront pas donnés ici pour des questions de sécurité.

Et pour conclure,
Quelques formules de calcul sur :
http://welkinsphere.org/Geek:Steam_Powered_Rocket

Deux sites anodins pour en savoir plus :
http://wapedia.mobi/en/Steam_rocket#2.
http://www.aquarius-aerospace.de/index-f.html

et une réalisation industrielle sur le site de la *Tecnologia Aerospacial Mexicana*



www.tecaeromex.com/ingles/vapori.html

L'AVION A PROPULSION NUCLEAIRE

1- HISTORIQUE

Les principes de base pour utiliser l'énergie nucléaire pour la propulsion d'avion ont été étudiés très tôt dans l'ère atomique. Dès 1942, Enrico Fermi et ses collaborateurs, impliqués sur le projet Manhattan (développement de la première bombe A) ont étudié l'utilisation de l'énergie nucléaire pour propulser les avions. C'est en 1946, qu'une étude par le laboratoire de physique appliquée de l'université de John Hopkins a recensé les potentiels et les problèmes d'utilisation de cette énergie pour la propulsion aéronautique.

General Electric a mené une série d'expériences très réussies en utilisant le concept de cycle direct et des réacteurs spéciaux.

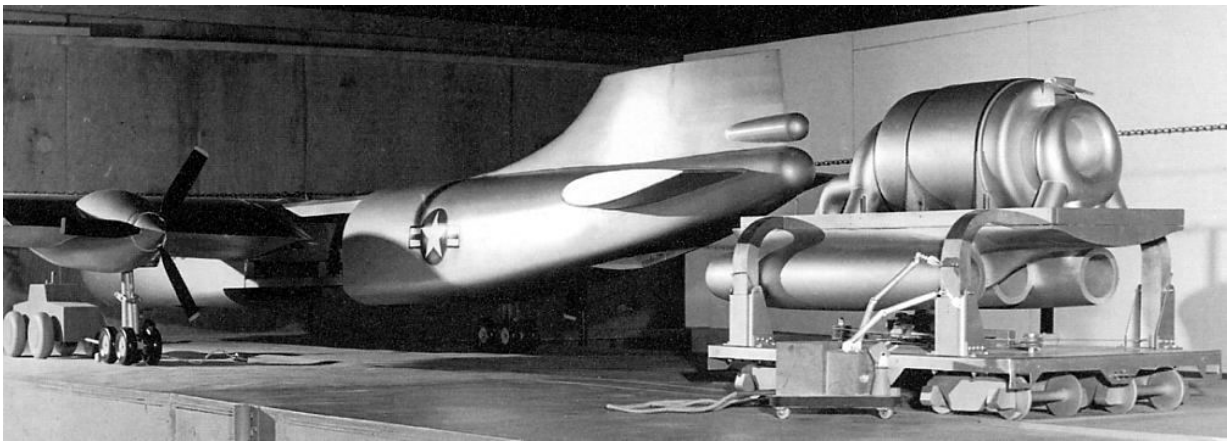
Ceux-ci ont été désignés sous le nom de *Heat Transfer Reactor Experiment* (HTRE). La série a impliqué trois réacteurs, HTRE-1, 2 et 3.

En février 1951, le *Air Material Command* envoie aux firmes *Convair* et *Lockheed* des contrats pour le développement d'un appareil à propulsion nucléaire désigné X-6.

Convair devait convertir un B-36 en banc d'essai volant pour un système de propulsion nucléaire construit par General Electric.

Lockheed devait étudier la faisabilité d'un bombardier à propulsion nucléaire capable de voler au-dessus de 15 000 mètres à une vitesse comprise entre Mach 0,85 et Mach 1,3 et avec un chargement en bombes de 5400 kg. La firme devait également concevoir des équipements pour différents systèmes de propulsion nucléaires et faire des recommandations pour le système de navigation, le largage des bombes et les commandes de vol.

La décision de choisir le B-36 comme banc d'essai volant était en grand partie la conséquence d'une étude qui indiquait que seul l'énorme héxamoteur de *Convair* pourrait emporter le réacteur nucléaire à métal liquide couplé avec des turboréacteurs J-53 (le J-53, encore à l'état de maquette début 1951, était un turboréacteur *General Electric* conçu pour délivrer 7950 kg de poussée). Il avait été choisi en raison de son potentiel d'évolution élevé et du fait que son développement n'exigerait probablement pas plus d'efforts que la conversion d'un turboréacteur existant.



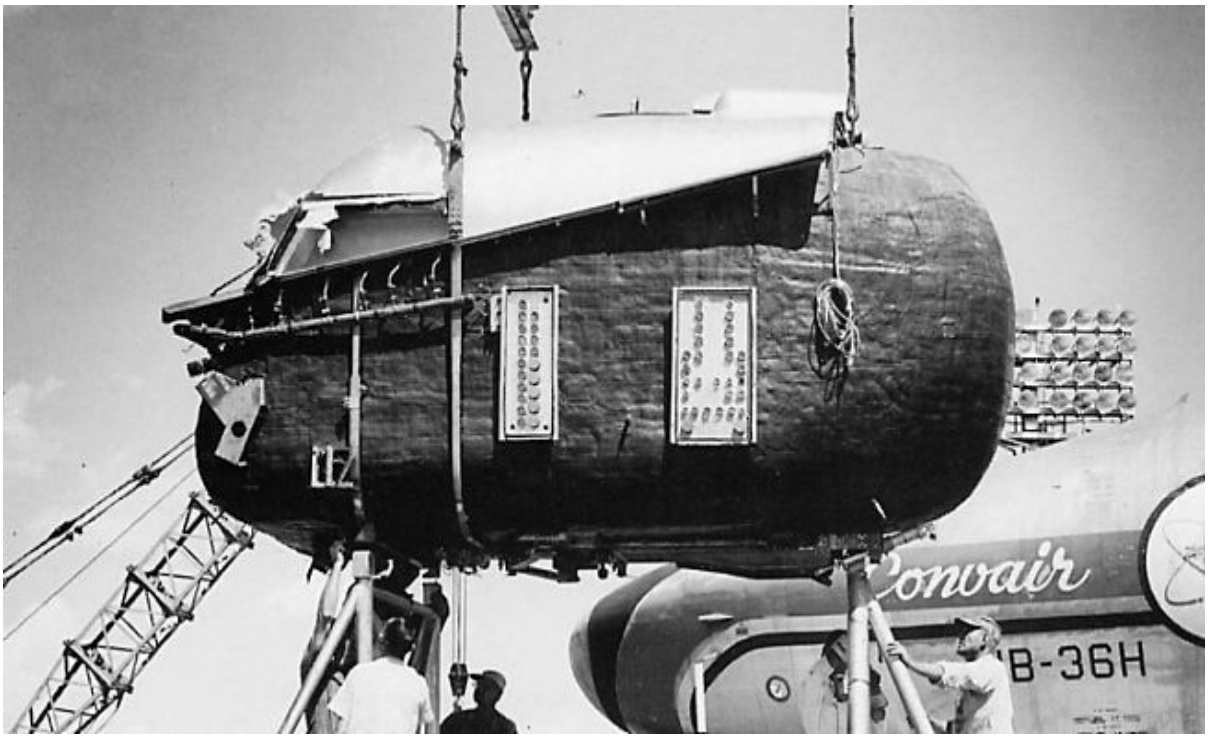
En maquette taille réelle, un Convair B36 prêt à recevoir le réacteur nucléaire et les turbopropulseurs

Vers la fin 1952, le premier turbopropulseur X39 avait effectué 21 heures d'essais en fonctionnement " chimique " et le deuxième X39 commençait ses essais.

En-janvier 1953, *Convair* prévoyait la fin des essais au sol du réacteur pour le printemps et ceux du bouclier de protection de l'équipage en juin. Le réacteur aéroporté devait être de trente à cent fois plus puissant que le réacteur d'essai au sol.

Cet avion avait un nez totalement remodelé conçu pour faciliter l'installation de la capsule spéciale de 12 tonnes de l'équipage. Le reste du fuselage était également remodelé pour installer les neuf réservoirs d'eau de protection anti-radiation, l'instrumentation d'essai et un réacteur nucléaire de un mégawatt.

Le compartiment blindé de l'équipage était conçu pour loger cinq hommes. Les vols d'essai initiaux de l'appareil de test en vol des protections anti-radiation devaient être faits à partir des installations de *Convair* à Fort Worth au Texas.



Chaque kilogramme de blindage anti-radiations nécessite un kilogramme supplémentaire d'avion pour le porter Les premières études conduisaient ainsi à des avions d'un tonnage de 250 à 500 tonnes au minimum. L'allégement des écrans protecteurs permettra de ramener le tonnage minimum d'un avion à propulsion nucléaire à cent tonnes, dont cinquante tonnes pour le blindage.

Le principe de l'écran allégé relève d'un degré de protection différent lorsqu'il est appliqué à l'équipage ou à l'avion. Ce dernier doit comme l'équipage être protégé de la chaleur et du

flux de neutrons du réacteur nucléaire, mais il peut supporter une certaine irradiation par les rayons Gamma, contrairement aux êtres vivants qui exigent un blindage renforcé.

Un premier système d'écran entoure le réacteur, constitué de deux feuilles concentriques de plomb pour réduire le flux de rayons gamma et d'eau entre les deux feuilles pour arrêter les neutrons. Un second écran, renforcé, entoure le cockpit et protège théoriquement l'équipage du rayonnement Gamma, en réduisant l'exposition à une intensité jugée « non dangereuse » compte tenu des critères de sécurité retenus à une époque où les essais nucléaires s'effectuaient à l'air libre.

Néanmoins, chaque membre d'équipage ne pouvait dans ces conditions effectuer plus de 165 heures d'entraînement en vol lent et qu'une unique mission de 10 heures.

A partir de 1955 un prototype évolutif prévu pour recevoir d'autres configurations de groupes réacteurs/propulseurs réacteur fut testé au sol dans l'Idaho en fonctionnement atomique avec un réacteur de type HTR1.et deux propulseurs X39.

En janvier 1956, les essais furent déclarés concluants, mais dans l'impossibilité de réduire le poids des blindages, aucun essai en vol ne fut possible.

D'autres tests effectués en 1957 autour des réacteurs HTR-2 et HTR-3 permirent de réduire le poids.

Le réacteur HTR-3 permettait en théorie un vol à la vitesse de 460 mph (850km/h) sur environ 30000 Miles.(5550km) Mais le niveau élevé des radiations constituait toujours un problème. Un test défectueux contamina même une superficie de 1500 acres.(610 Hectares)

Il était modéré par des matériaux à l'état solide, par opposition aux réacteurs plus anciens qui étaient modérés avec de l'eau, et il actionnait deux turbo-réacteurs X-39 à des niveaux de puissance élevés. Permettant d'envisager son application à des groupes propulseurs plus performants.

La structure futuriste de ce réacteur a inspiré les maquettistes décorateurs pour la conception des vaisseaux spatiaux des films de science fiction.

Ce réacteur pesait 15 875 kg et était officiellement désigné *Aircraft Shield Test Reactor* (ASTR). Il était installé dans la vaste soute à bombes du NB-36H et pouvait être retirée après chaque vol pour des examens détaillés et d'éventuel essai au sol supplémentaire.

L'avion prototype NB-36H a réalisé un total de 47 vols pendant son programme d'essai qui a duré de septembre 1955 à mars 1957. Pendant ces missions, beaucoup d'aspects concernant la propulsion nucléaire ont été examinés, entre autres les effets des rayonnements sur les matériaux et les équipements d'avion. Le programme a montré que les principaux problèmes seraient :

- les accidents pouvant répandre les produits de fission des réacteurs.

- La limitation des fuites de radioactivité dans l'atmosphère (avec le concept cycle direct).

Il a toutefois été décidé que les risques encourus avec les rayonnements n'étaient pas plus grands que ceux qui avaient été encourus pendant le développement de l'énergie électrique, de l'avion, de l'automobile, ou des fusées.

2 - PRINCIPE

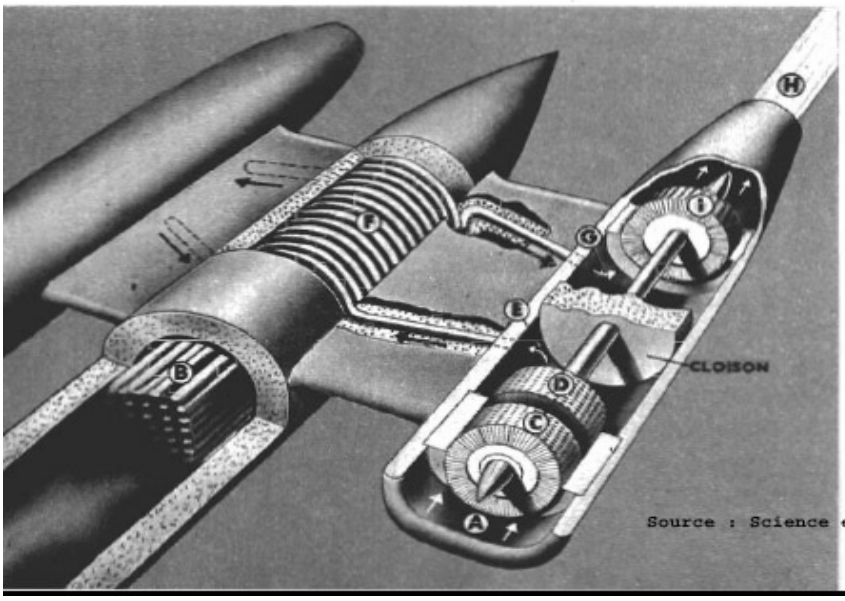
La solution la plus simple consiste à échauffer directement l'air dans le réacteur nucléaire.

Cet air porté à très haute température, actionne les turbines d'un propulseur classique, se détend et est éjecté par la tuyère ; mais comme il a été soumis à un flux intense de neutrons, il est radioactif.

Une seconde solution consiste à transmettre la chaleur dégagée par le réacteur nucléaire à un échangeur qui joue le rôle de chambre de combustion d'un turboréacteur classique.

Du sodium en fusion circule entre le réacteur nucléaire et l'échangeur de chaleur sous l'effet d'une pompe entraînée par une turbine à vapeur. L'échangeur porte de l'air à très haute température qui actionne les turbines selon le processus ci dessus

Avion « facile » : jet radioactif

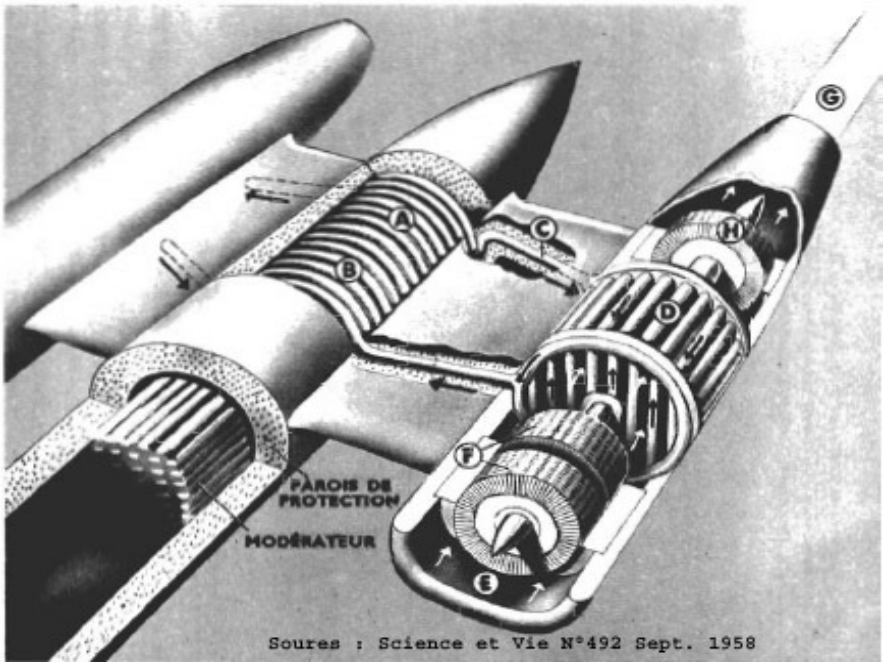


Le moteur atomique d'avion, en raison des dangers que pose son utilisation pratique, n'est pas encore réalisé. On en connaît cependant le fonctionnement. Voici le projet « facile ». L'air s'engage dans le moteur par l'entrée A. Il est aussitôt comprimé par les turbines basse et haute pression C et D. Puis, suivant la flèche E, il est dirigé dans l'échangeur atomique F où il est porté à de très hautes températures. Suivant la flèche G il revient ensuite dans le moteur. Il actionne la turbine I et se détend en H à la sortie du réacteur. Dans ce projet l'air formant le jet est radioactif. L'avion doit donc se maintenir à très haute altitude.

Source : Science et vie N° 458 Sept. 1958

Avion « propre » : jet non radioactif

Dans ce projet, le danger du jet radioactif est éliminé. Un métal liquide — le sodium — s'échauffe en A au contact du foyer nucléaire B. Porté à haute température, le métal s'engage dans le canal C pour atteindre l'échangeur de température D. L'air engagé par l'entrée E et compressé par les turbines basse et haute pression F se réchauffe au contact du métal en passant par l'échangeur D. Il actionne la turbine H et se détend en G à la sortie du réacteur. Ce procédé a l'avantage de fournir un jet non radioactif. Les problèmes de sécurité ne sont pas tous résolus, notamment celui de la protection de l'équipage.



Soures : Science et Vie N°492 Sept. 1958

REFERENCES :

Science et Vie N°456 (sept.1955) et 492 (Sept.1958)

http://jpcolliat.free.fr/x6/x6-1.htm

http://www.megazone.org/ANP/