

FISICA/MENTE

LO SFRUTTAMENTO DEL VAPORE

TRENI E NAVI

Roberto Renzetti

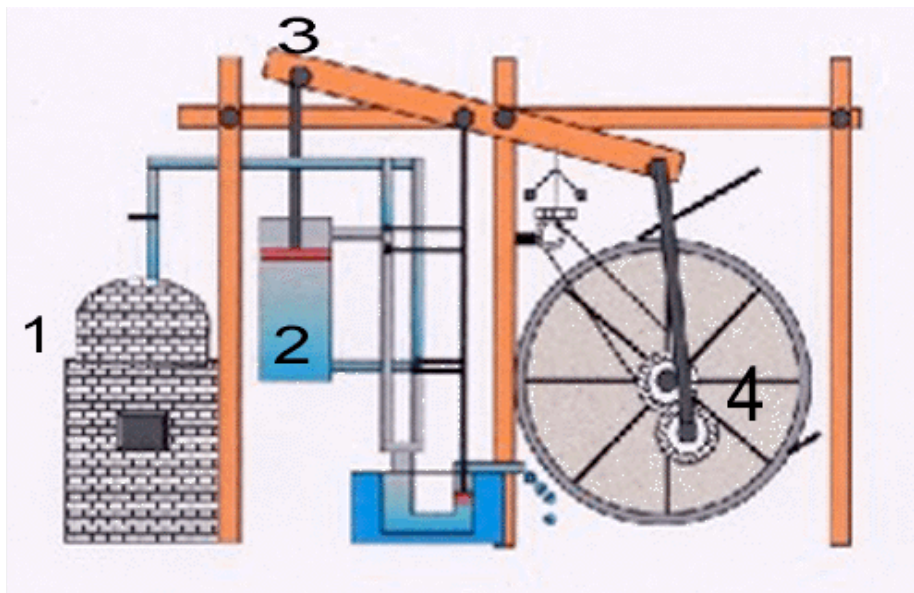
Febbraio 2011

INTRODUZIONE

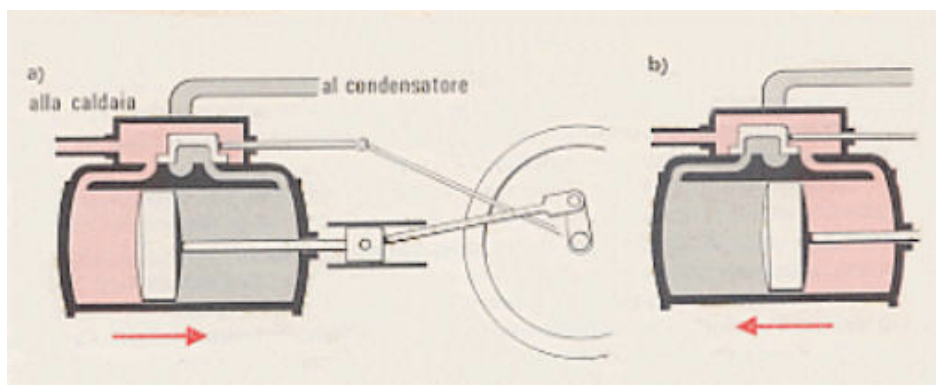
Ho discusso in un precedente articolo, [*Macchine termiche e cicli termodinamici*](#), la storia della *scoperta del vapore* e della sua comprensione scientifica. A questo lavoro rimando per tutto ciò che qui darò per scontato. Ora vorrei trattare delle applicazioni del vapore in macchine adibite al trasporto di merci e persone come treni e navi, macchine che hanno cambiato radicalmente la storia dell'intera umanità con influssi sociali ed economici di enorme rilievo.

La potenza motrice del fuoco ebbe la sua prima applicazione su una locomotiva nella Gran Bretagna degli anni Venti dell'Ottocento. Dagli anni del Conte Rumford che aveva cercato di capire la relazione esistente tra calore e lavoro era passato poco tempo, tanto poco che avevamo solo un *Secondo principio* della termodinamica (*è impossibile che tutto il calore di cui si dispone si trasformi in lavoro, una parte di esso è il tributo che si prende la macchina*), sviluppato da Sadi Carnot nel 1824, e non avevamo un *Primo principio* (o Principio di conservazione dell'energia: *in un ciclo chiuso vi è una precisa identità tra lavoro e calore*) che verrà successivamente elaborato con i lavori di Mayer (1842), Joule (1847) ed Helmholtz (1847), con successivi contributi di Clausius e Kelvin.

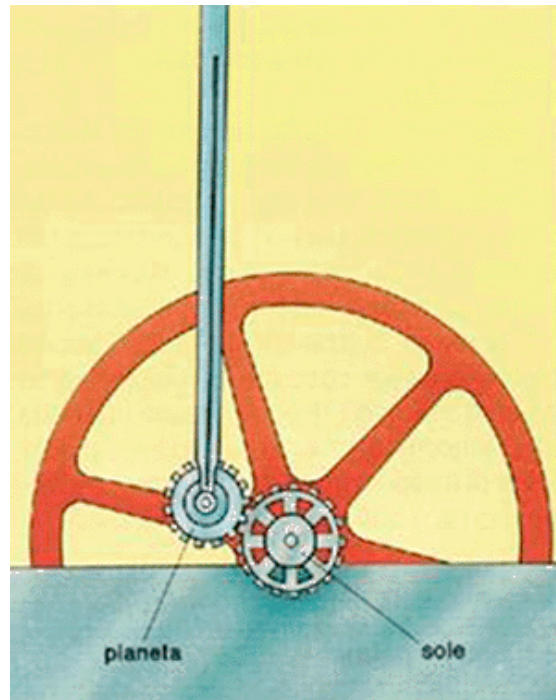
Vi erano già state macchine a vapore di imponenti dimensioni che lavoravano per svuotare l'acqua nelle miniere. Macchine più piccole ed evolutissime, realizzate da Watt, avevano operato alla fine dell'Ottocento in industrie tessili. La riduzione delle dimensioni, la possibilità di disporre di materiali che permettessero l'aumento della pressione, l'aumento insomma dell'efficienza anche e soprattutto con l'invenzione di Watt del condensatore separato, faceva sì che l'uso delle macchine a vapore in applicazioni ancora diverse fosse solo questione di tempo. A ciò si deve aggiungere che i brevetti di Watt andavano a scadere nell'anno 1800 con la possibilità quindi di attingere abbondantemente a quella grande quantità di materiale di uso immediato: movimento parallelo o collegamento di Watt (un sistema che costringe il pistone a muoversi quasi in linea retta), rotismo planetario (due ruote dentate che, collegate una alla biella e l'altra all'albero, trasformavano il moto rettilineo del pistone in moto rotatorio), condensatore separato.



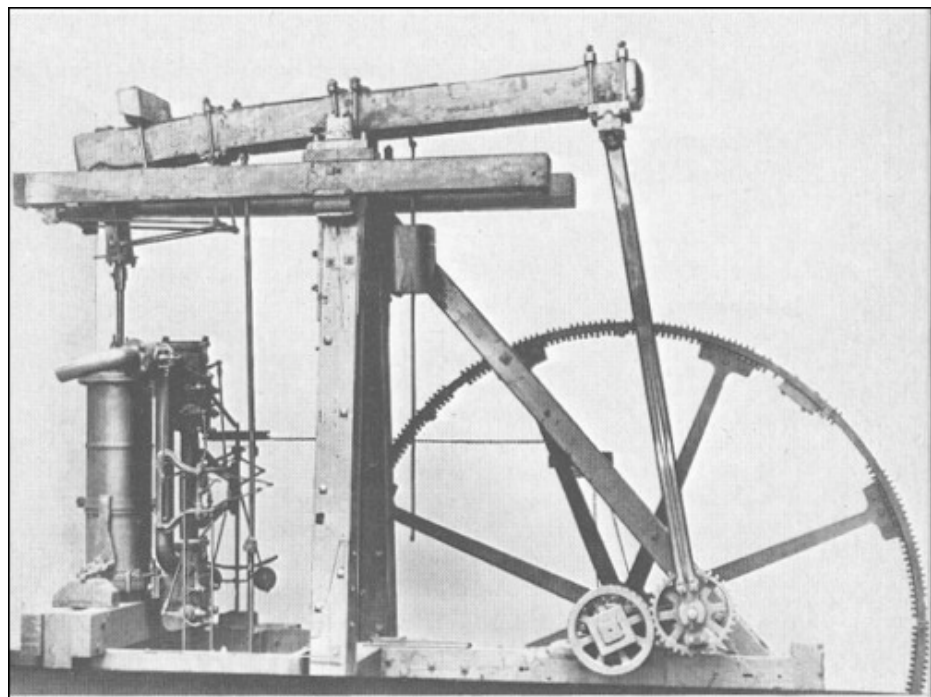
Uno schema di macchina di Watt del 1781. Dalla caldaia (1) il vapore entra nel cilindro (2) facendo muovere il pistone che ha l'asta collegata al bilanciante (3). Il movimento di quest'ultimo fa muovere l'altra asta collegata alle due ruote dentate (rotismo o differenziale 4) che a loro volta trasferiscono il moto alla ruota più grande. Nel rotismo satellitare la ruota satellite, rigidamente fissata alla biella, si muoveva lungo il perimetro della ruota centrale che era inchiodata all'albero. Il sistema del rotismo fu sostituito nel 1784 da un sistema a manovella. Osservo che questa macchina era già *a doppio effetto*, il vapore entrava cioè una volta nella parte inferiore del cilindro spingendolo in alto ed una volta dalla parte superiore del cilindro spingendolo in basso (la distribuzione del vapore avveniva mediante un *cassetto di distribuzione*).



Cassetto di distribuzione. Riferendoci alla figura, si vede chiaramente il percorso del vapore: in (a) il vapore proveniente dalla caldaia spinge il pistone verso destra; nel far questo sposta anche quel piccolo pezzo (a forma di U rovesciata) che va a chiudere il passaggio proprio a questo vapore e ad aprire la possibilità per esso di entrare dall'altra parte, come mostrato in (b). La cosa si ripete ad ogni spostamento del pistone..



Un dettaglio del rotismo planetario



Una foto di una piccola macchina di Watt come quella riportata nello schema precedente (manca la caldaia). Sulla sinistra si distingue il cilindro dentro il quale corre lo stantuffo il cui asse è collegato con il bilanciere che, all'altro estremo, ha una barra collegata al rotismo planetario (la selva di tubicini è del cassetto di distribuzione del vapore nel cilindro)

Occorre però un minimo di inquadramento del problema.

Sul finire del Settecento, il Paese di gran lunga più avanzato nel mondo dal punto di vista industriale, e quindi scientifico e tecnologico, era la Gran Bretagna che da tempo era uscita dalle dure lotte che avevano imposto al Paese una monarchia liberale (1640). Un Paese emergente era la Francia appena nata dalla Rivoluzione Francese che disponeva di scienziati di grandissimo valore costretti però, fino ad allora, a lavorare in ambiti non applicativi. Un altro Paese, gli Stati Uniti, da poco si era reso indipendente dalla Gran Bretagna e presto avrebbe assunto ruoli di grande rilievo, soprattutto in ambito tecnico. In ogni caso la scienza del vapore andava accumulando conoscenze al di fuori di ambiti accademici ed era

sviluppata essenzialmente da ingegneri in modo sostanzialmente empirico per far fronte alle esigenze che il grande sviluppo dell'industria imponeva. Durante il Settecento si era creata una sorta di rincorsa tra produzione e strumenti utili ad essa. Più cresceva la produzione più si richiedevano strumenti per renderla razionale e semplice; più tali strumenti venivano realizzati e più la produzione cresceva. Macchine ad uso artigianale vennero via via sostituite con macchine ad uso più intensivo, con la conseguente necessità di sostituire il legno con il ferro.

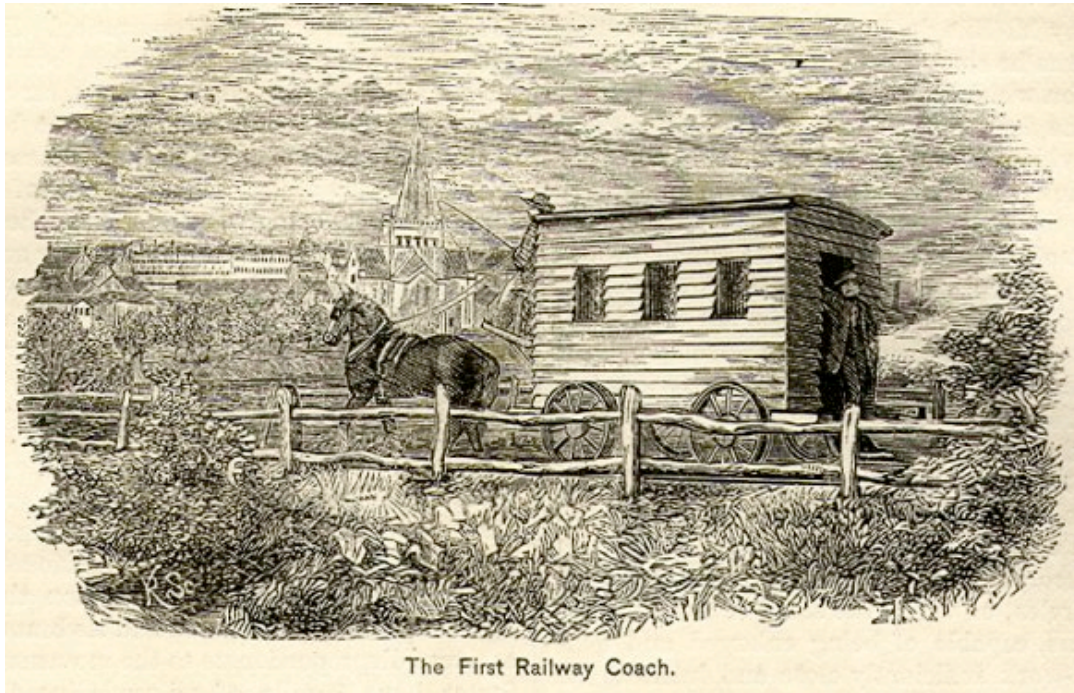
Le macchine utensili avevano permesso via via aumenti produttivi importanti ma una macchina funzionante con un lavoratore non andava oltre il prodotto artigianale del passato. Poiché i movimenti del lavoratore sulla macchina sono ripetitivi sembrò possibile e si realizzò il collegamento di più macchine tra loro. Ma tale collegamento sarebbe stato possibile solo attraverso una fonte energetica che avesse maggiore potenza dell'uomo. Le prime fonti utilizzate furono la ruota idraulica ed il mulino a vento ma i problemi posti erano molti e, tra essi, la possibilità di installazione di un opificio solo vicino a corsi d'acqua o in zone ventilate e la non completa affidabilità del flusso costante sia dell'acqua che della ventilazione (dipendendo da condizioni atmosferiche e stagionali senza che, all'epoca, vi fossero sistemi di accumulo).

ESTRAZIONE DEI MATERIALI DALLE MINIERE

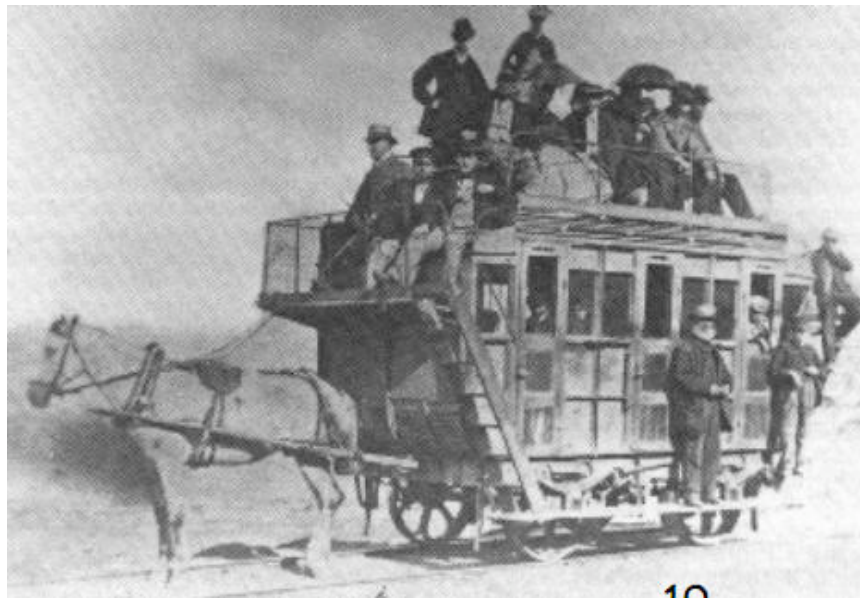
Vi erano poi le miniere che ponevano problemi differenti: mano a mano che si scendeva più in basso, infiltrazioni d'acqua le allagavano e rendevano inutilizzabili; inoltre più si scendeva più occorreivano impianti di ventilazione grandi. E, nel caso dell'allagamento, l'uso di pompe azionate da cavalli era del tutto insufficiente perché lavoravano con una velocità inferiore a quella della penetrazione d'acqua.

In definitiva, nel passaggio tra Settecento ed Ottocento, si presenta una strozzatura nelle disponibilità energetiche, soprattutto nel settore estrattivo del carbone e nell'industria del ferro. Il carbone da legna e l'energia idraulica erano ormai del tutto insufficienti alle esigenze dell'industria metallurgica. Forbes ricorda che nel 1757 Wilkinson, colui che successivamente avrebbe prodotto gli acciai affidabili di Watt, aveva proposto una macchina ad acqua che avrebbe azionato dei mantici per insufflare più aria a pressione nelle fucine dove veniva scaldato il ferro che doveva essere lavorato (l'aria necessaria al carbone per raggiungere le temperature necessarie all'ammorbidimento del ferro per la sua lavorazione veniva fornita ordinariamente da ventole o mantici alimentati dall'energia dell'acqua).

Ma vi erano altri problemi più banali ma di grande rilievo, come il tirare fuori dalla miniera il minerale estratto. L'applicazione più razionale prevedeva l'uso di carrelli spinti da uomini o trainati da cavalli con una difficoltà, lo stato spessissimo impraticabile della superficie su cui dovevano essere mossi. Già nel XVI secolo in alcune miniere tedesche entrò in uso un primitivo binario in legno, due guide per le ruote, sul quale le ruote dei carrelli dovevano rotolare. I carri precedentemente usati non erano adatti perché troppo grandi e con ruote arrancanti con molta difficoltà sul terreno sconnesso. Binari siffatti in legno si rovinavano però rapidamente e richiedevano una continua manutenzione (una prima applicazione estesa di tali binari si ebbe a Sud di Londra, sulla linea Wandsworth-Croyton di 16 chilometri dove i carri erano trainati da cavalli). La prima importante modifica si ottenne montando sul legno delle lamine di ferro (con la riduzione dell'attrito si aumentava il carico trainabile e si consumava meno il binario) e quindi con la sostituzione completa del legno con la ghisa (da cui il nome di strada ferrata) che si realizzò in Gran Bretagna sul finire del XVIII secolo (intorno al 1770). Con quest'ultima modifica i binari divennero più resistenti ai grandi carichi tanto che mentre su strada si trainavano carri con al massimo 2 tonnellate di carico, su binari di ferro il carico di un carro arrivava alle 8 tonnellate.

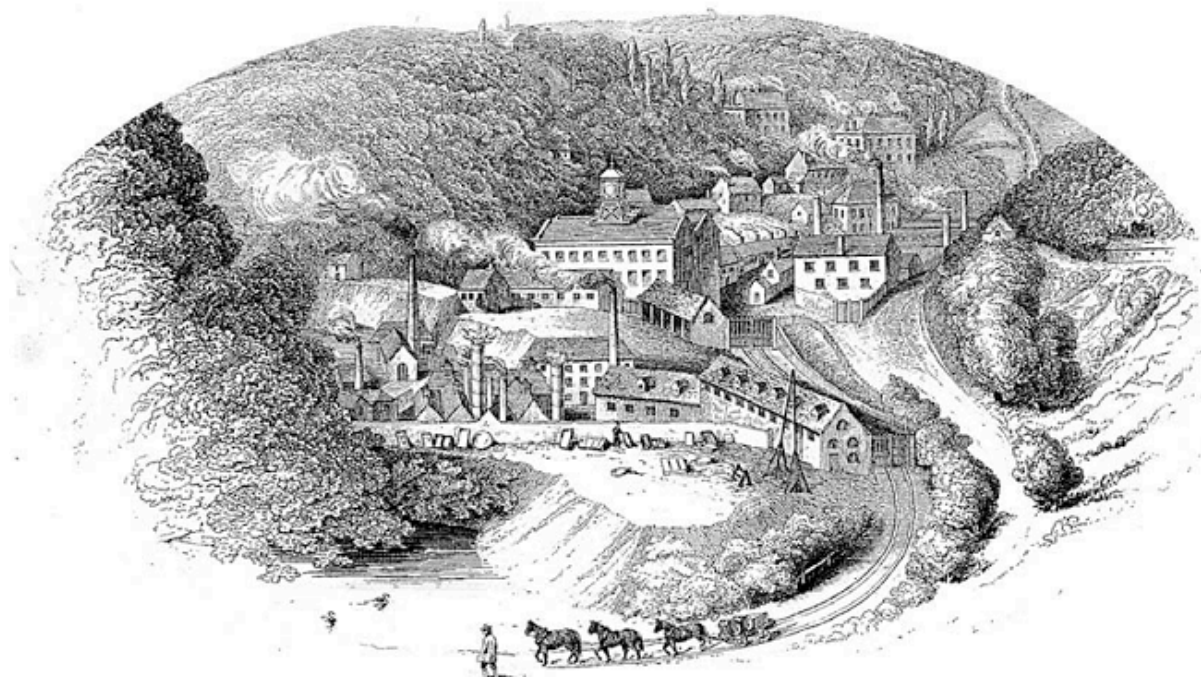


Un carro trainato da cavalli



Un carro trainato da cavalli su binari

Le ferriere di Darby a Coalbrookdale, che per prime lavorarono alla fusione del ferro con coke, ancora sul finire del secolo XVIII, disponevano di 36 chilometri di binario con il treno realizzato da cavalli.

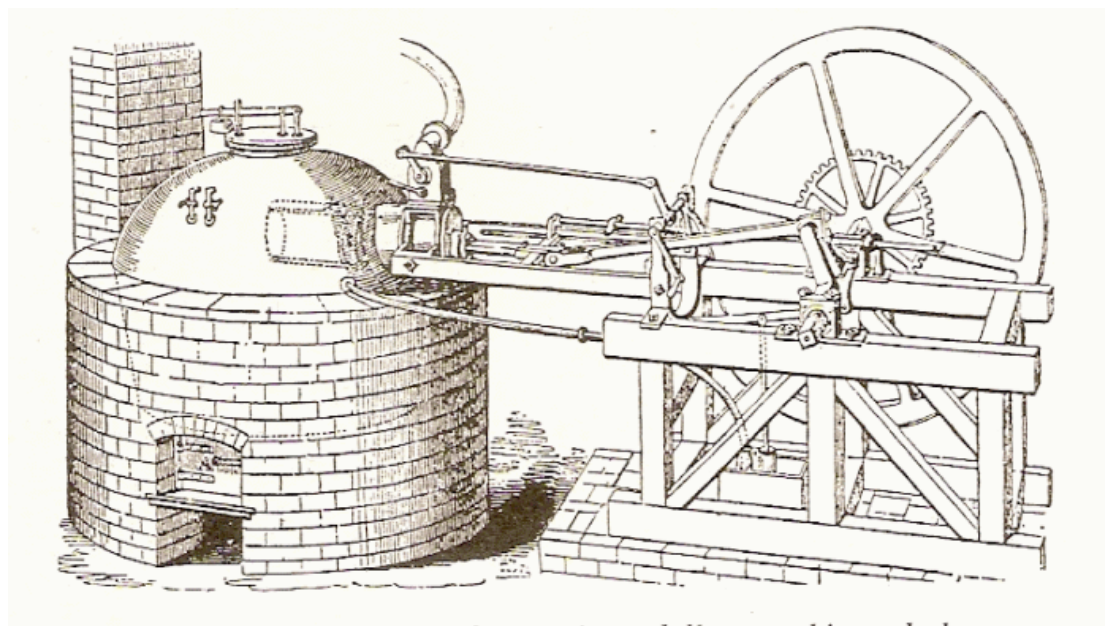


Un disegno delle miniere Darby a Coalbrookdale. In primo piano si intravede un trasporto di cavalli su binario.

PRIMI TENTATIVI DI APPLICAZIONE DEL VAPORE ALLA LOCOMOZIONE

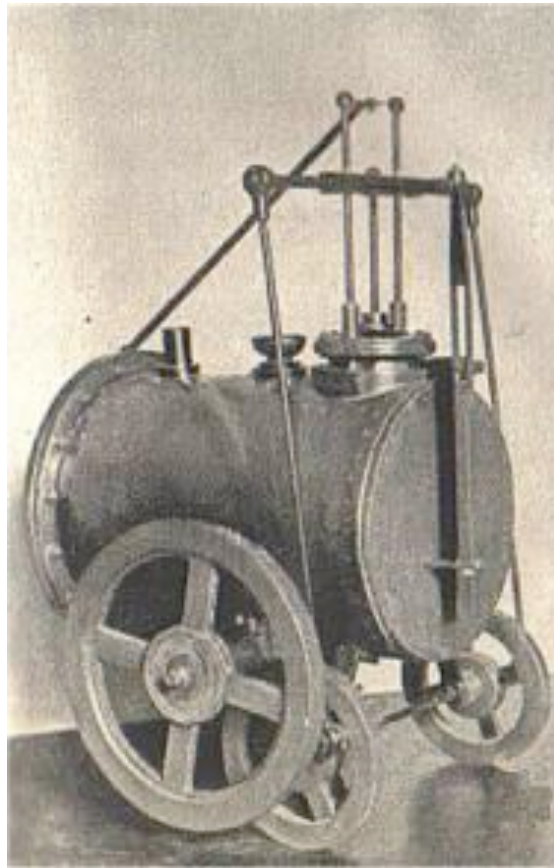
Uno dei pionieri nel disegnare macchine utili alla locomozione fu l'ingegnere minerario britannico Richard Trevithick (1771-1833). Egli iniziò a pensare ad una macchina per trasporto alimentata dal vapore. L'interesse iniziale non era quello del trasporto di persone ma solo di carbone. Nel 1796 realizzò un piccolo modello funzionante di locomotiva, con alcune modifiche sostanziali alla macchina di Watt e la fece vedere ad alcuni amici a Camborne. Mentre Watt aveva sempre avuto dei dubbi, legati alla sicurezza, sull'uso del vapore ad alta pressione (Watt lavorava con pressioni superiori a quella atmosferica tra 0,1 e 0,2 kg/cm²), Trevithick imboccò proprio questa strada, anche per i perfezionamenti che via via venivano realizzati nella metallurgia sulla resistenza alle pressioni dei materiali da utilizzare, con l'idea che più alte pressioni, a parità circa di carbone consumato, avrebbero prodotto fasi di espansione più ampie e quindi un lavoro maggiore, maggiori velocità e la possibilità di avere una macchina meno pesante con una riduzione quindi dei costi (Trevithick lavorava con pressioni tra 3,5 e 4,9 kg/cm², superiori a quella atmosferica, che è di circa 1 kg/cm²)⁽¹⁾. Nel 1800 realizzò, con alcune modifiche per lavorare a pressione maggiore, una macchina tipo Watt a doppio effetto, a bilanciere e biella per il sollevamento dei materiali estratti da una miniera in Cornovaglia. Intanto si recava a Londra per parlare con eminenti scienziati (tra cui l'emergente Humphry Davy) delle sue idee e per protestare contro l'azione svolta dal socio di Watt, Matthew Boulton, nei confronti di esponenti del Parlamento al fine di convincerli della pericolosità dell'alta pressione. Nel 1802, anche con l'aiuto economico di suo cugino Andrew Vivian, tramite la compagnia Vivian & West, nelle ferriere di Darby a Coalbrookdale, Trevithick si fece costruire una macchina per pompare, relativamente piccola rispetto alla potenza che forniva, con una caldaia di ghisa del diametro di 1,2 metri e dello spessore di 38 millimetri che lavorava con una pressione di vapore di 10 kg/cm², per l'epoca una pressione elevatissima, 10 volte quella atmosferica. Una delle caratteristiche di tale macchina, mostrata nella figura seguente, era una notevole potenza a fronte di un cilindro che aveva un piccolo diametro (17,7 centimetri) ed una corsa di soli 91 centimetri. La macchina disponeva di una caldaia cilindrica a focolare interno con condotto di ritorno ad aria calda. Il cilindro era parzialmente affondato nella caldaia e l'asse del pistone azionava i meccanismi posteriori per mezzo di un sistema a biella-manovella. L'acqua calda era immessa

nella caldaia attraverso un tubo in cui era inserito un ferro rovente in modo da originare il vapore che faceva funzionare il sistema. La macchina ebbe dei problemi che fecero ritirare i finanziatori al posto dei quali subentrò Samuel Homfray.

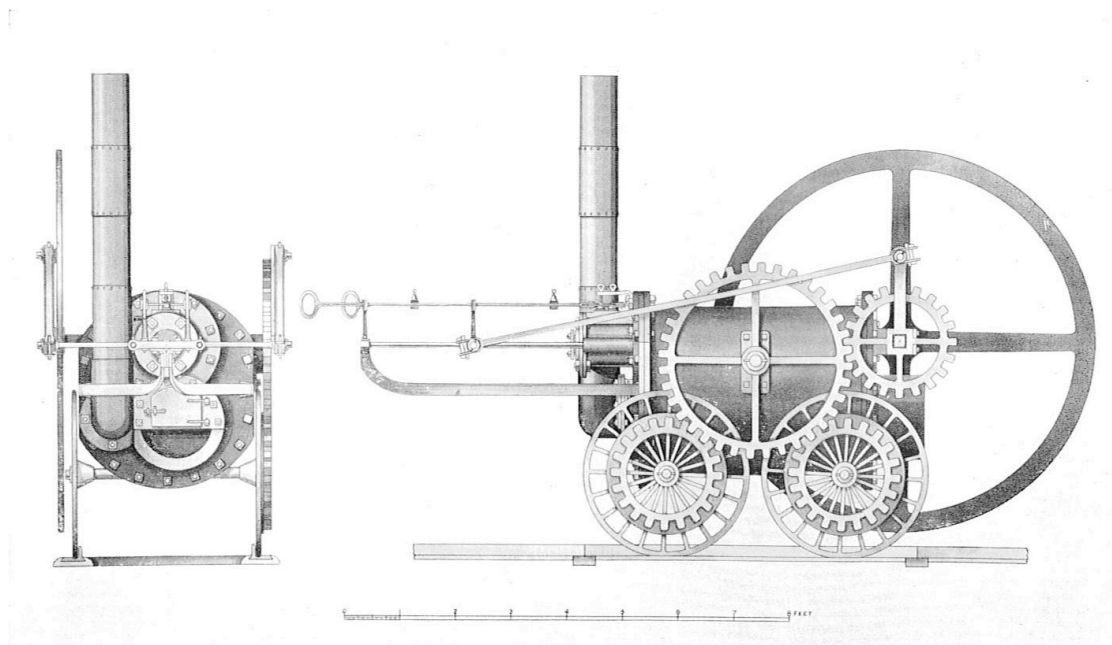


Veduta laterale e sezione della macchina ad alta pressione di Trevithick con cilindro orizzontale e con caldaia a forma di cupola (1802).

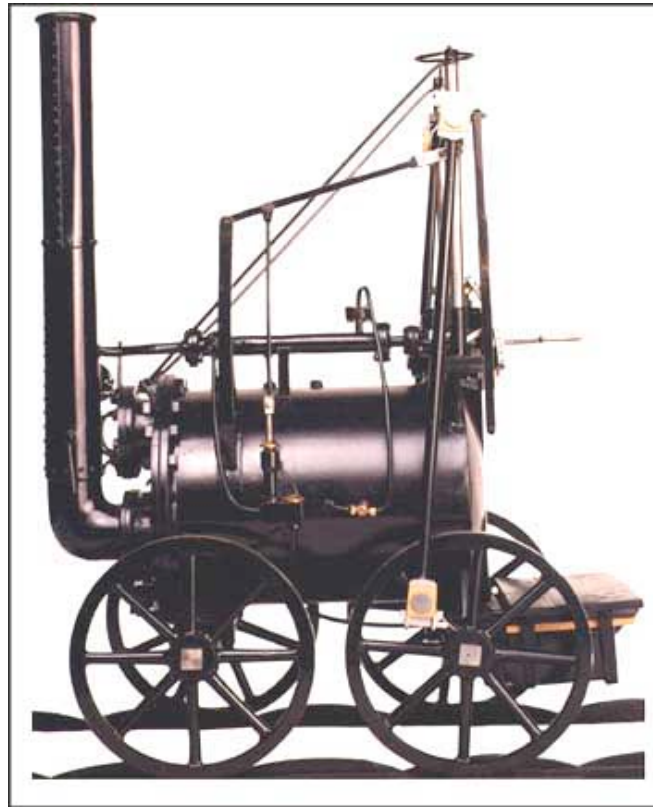
Trevithick era un inventore molto prolifico e, prima della macchina ora accennata, nel 1800, sempre in Cornovaglia, aveva costruito e poi collaudato nel 1802 anche una carrozza a vapore in grado di trasportare persone. Una delle caratteristiche della macchina, simile alla precedente (per mantenere caldo il cilindro, qui verticale, fu inserito parzialmente nella caldaia), era relativa al vapore di scarico che veniva immesso nel camino per aumentare il tiraggio della caldaia (Trevithick non pensò a brevettare questo dispositivo che avrebbe potuto arricchirlo, laddove morì povero). La struttura portante della carrozza, la macchina a vapore che la muoveva, è mostrata nella figura seguente. Si deve tener conto che tale macchina era molto versatile e poteva essere usata anche come macchina a vapore ad installazione fissa e per ogni funzione gli fosse richiesta (si trattava di un superamento importantissimo del bilanciamento).



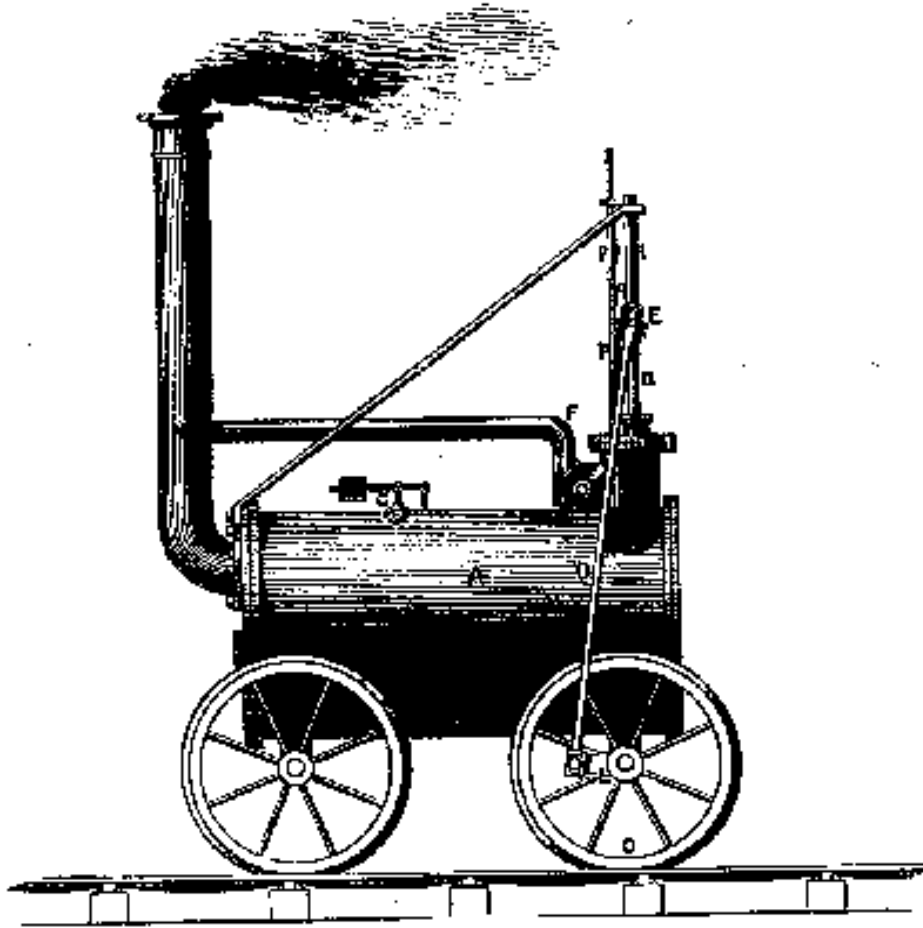
Lo schema di questa macchina, in cui la struttura portante è connessa a quattro ruote motrici, è riportato nella figura seguente:



E di seguito la macchina realizzata nel 1808 (la *Catch-me who can*, "Mi prenda chi ci riesce") a partire dal precedente schema:



Catch Me Who Can

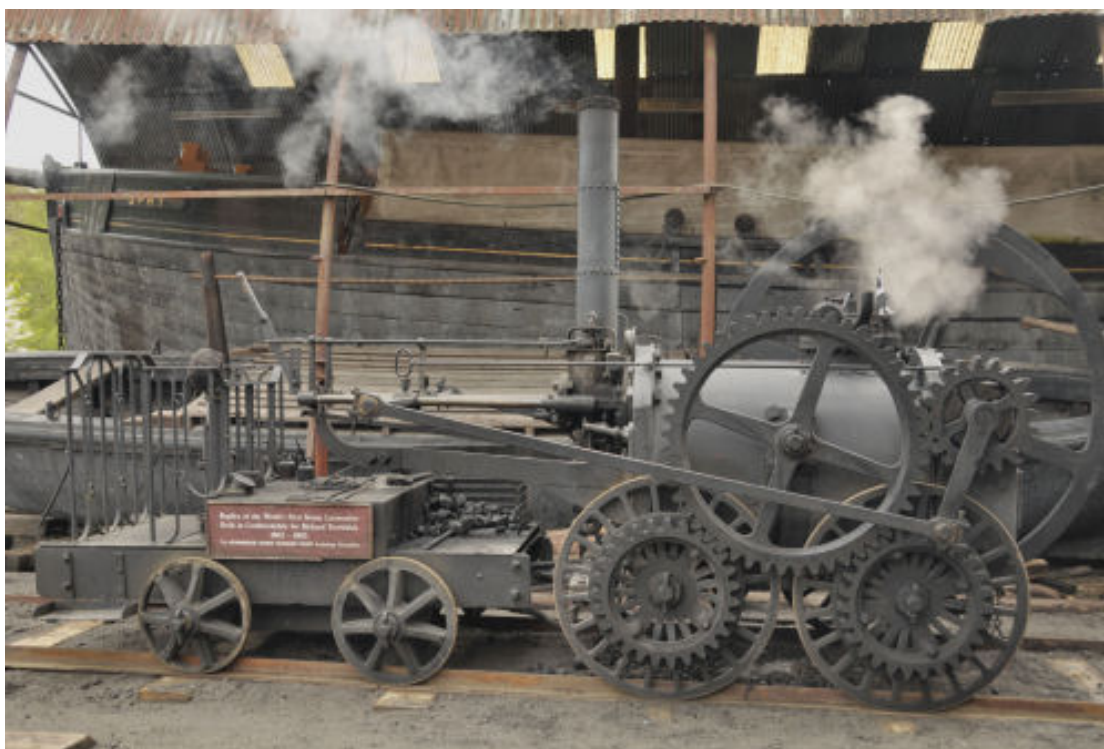


Catch Me Who Can

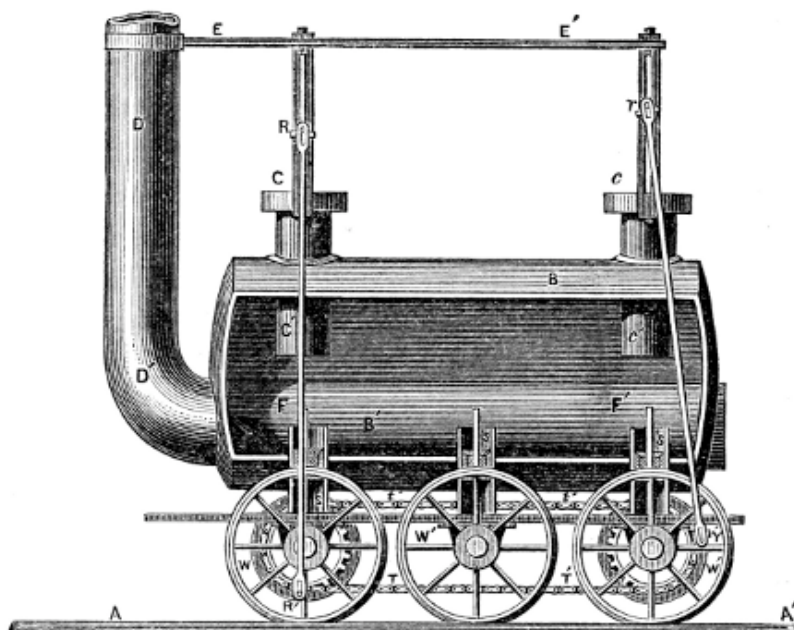
Si trattava della prima locomotiva da dimostrazione in cui vennero trasportati dei passeggeri a pagamento (1 scellino a persona) in un circuito realizzato appositamente in Euston Square (si veda la figura).



Nella figura seguente vi è invece riportata la foto della locomotiva a vapore collegata con un carrello su un binario (la prima locomotiva di Trevithick comunque non camminava su binari):

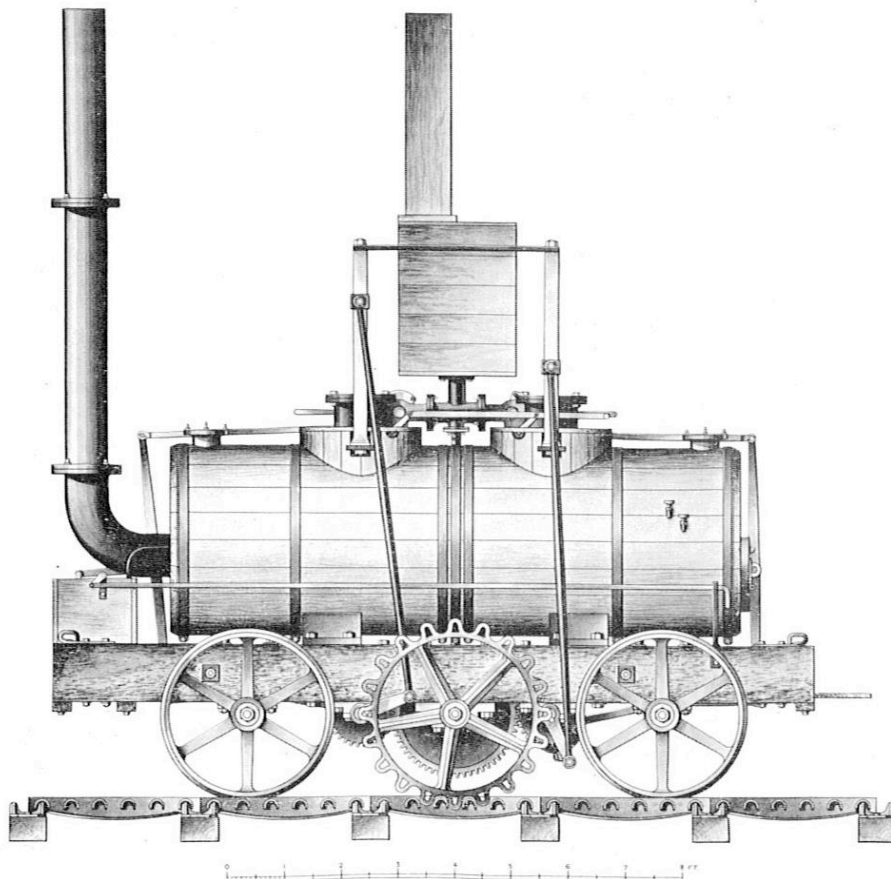


Tanto per rendere conto di dimensioni e proprietà dell'oggetto, esso era in grado di trasportare da 8 a 10 passeggeri, aveva un peso a pieno carico di 1524 chilogrammi e marciava ad una velocità di 14,5 km/h se in moto in pianura. Con tale macchina si realizzarono vari viaggi a Londra senza che la cosa interessasse molto. Trevithick tornò a concentrarsi sulle macchine fisse finché, nel 1804, non realizzò una locomotiva del peso di 5 tonnellate (acqua esclusa) in grado di trainare teoricamente un carico di 10 tonnellate lungo un percorso di 15 chilometri (dalla ferriera di Samuel Homfray a Pen-y-darran al canale di Glamorganshire) e con una velocità di 6 km/h. Il collaudo fu pienamente favorevole a Trevithick perché il traino realizzato nella pratica andò oltre il doppio di quello teorico, 25 tonnellate. L'insieme di locomotiva e carrelli trainati era governabile da un solo uomo. Da questa prima locomotiva Trevithick trasse spunto per costruirne una seconda che entrò in funzione l'anno seguente in una miniera di carbone presso Newcastle ed è certo che da questa locomotiva trasse spunto George Stephenson (1781-1848) per costruire nel 1814 una delle sue locomotive.



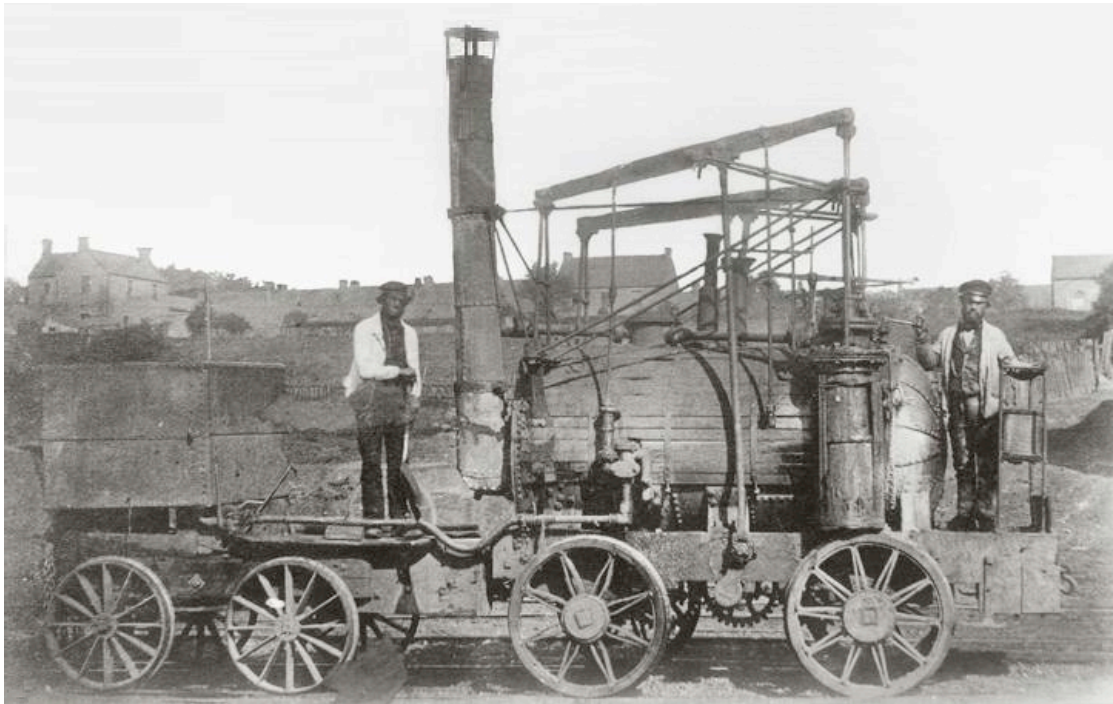
La locomotiva *Blücher* di Stephenson del 1814

Intanto, nel 1811, venne realizzata la locomotiva a vapore *Salamanca* ad opera di Blenkinsop e si trattò della prima locomotiva utilizzata per trasporti commerciali di carbone nella linea che univa Leeds a Middleton. Per la prima volta si usarono stabilmente delle rotaie di ghisa ma con una ruota dentata che si incastrava in una cremagliera posta lungo il binario perché vi era il preconcetto di insufficiente attrito tra ruota e binario ambedue metallici e quindi di incapacità da parte della locomotiva di trainare il convoglio. Il tutto era molto primitivo se solo si pensa che i carrelli erano uniti alla locomotiva tramite delle catene e che il conducente andava su e giù lungo il convoglio come se si trattasse di un carro trainato da cavalli.



La *Salamanca*

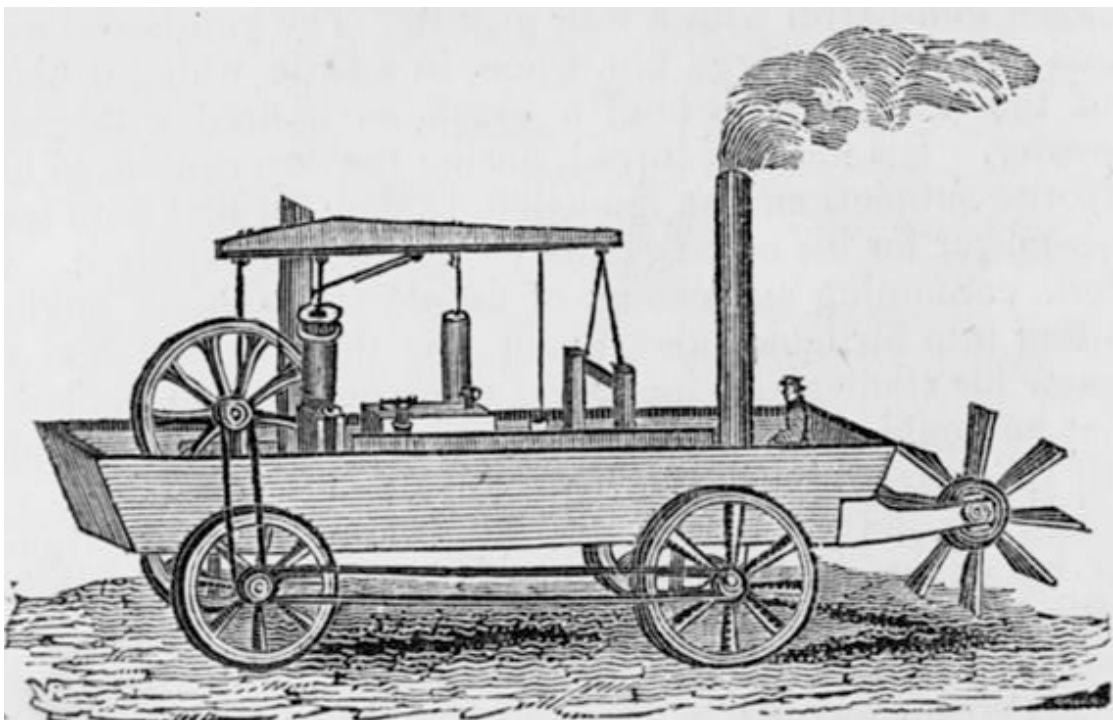
Nel 1814 fu realizzata da William Hedley la *Puffig Billy*, la prima locomotiva che funzionava mediante aderenza diretta tra ruota e binario. Il vapore della caldaia, che lavorava ad una pressione di $3,3 \text{ kg/cm}^2$, veniva inviato in due cilindri verticali esterni di $299 \times 914 \text{ mm}$.



La Puffing Billy

OLIVER EVANS ED IL VAPORE SULL'ACQUA

Analoga scelta di alte pressioni fece lo statunitense Oliver Evans (1755-1819). Nel 1789, a Filadelfia, egli progettò una macchina a vapore ad alta pressione montata su una sorta di mezzo anfibio che non riuscì a realizzare per mancanza di finanziatori. Solo nel 1805 il progetto fu realizzato e vide la luce la sua *Oruktor Amphibolos*.



L'*Oruktor Amphibolos* di Oliver Evans come appare disegnato nel "The Boston mechanic and journal of the useful arts and sciences" (Luglio, 1834)

Oltre al disegno di figura precedente e ad i due che seguono, non abbiamo schemi tecnici della macchina ma solo una descrizione sommaria di essa: il veicolo con una lunghezza di circa 9 metri ed un peso di 15 tonnellate sarebbe stato alimentato da una macchina a vapore di 5 cavalli. L'*Oruktor* rimase qualche anno parcheggiato in un porto quindi smontato e venduto a pezzi.

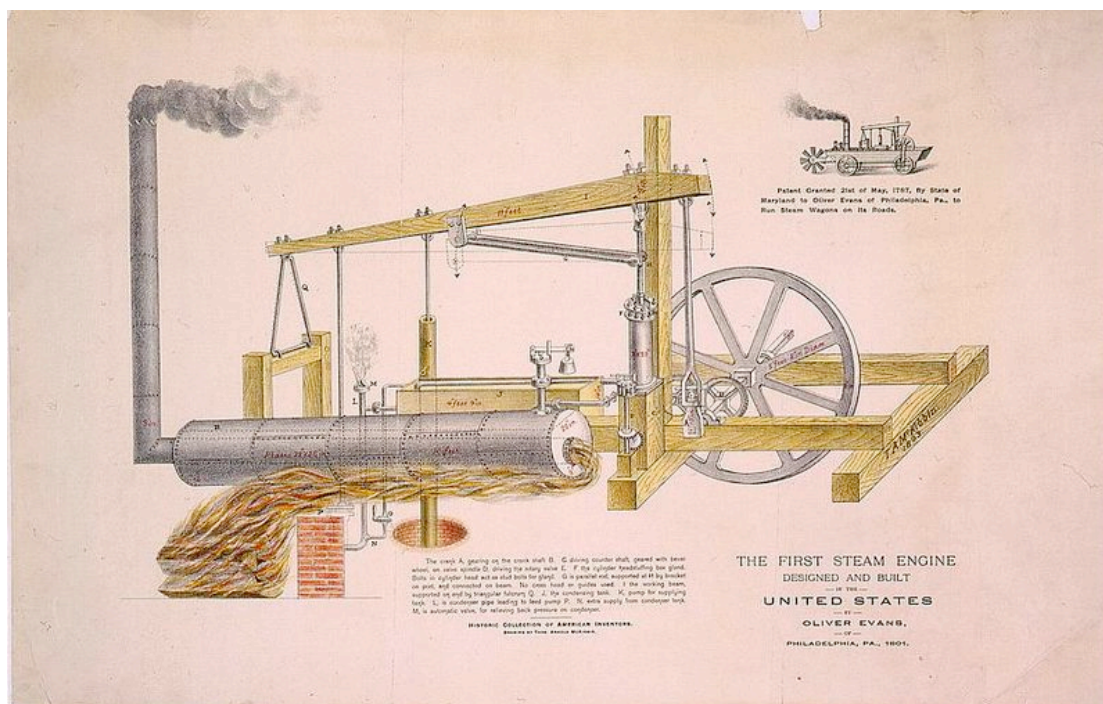
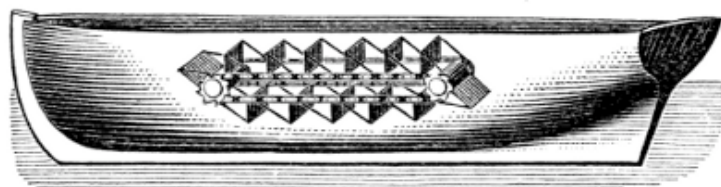


Illustrazione della richiesta di brevetto per la macchina di Evans. Da *Library of Congress*, USA 1893.

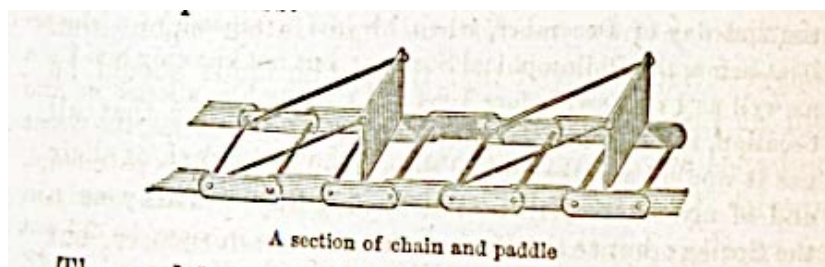


Prima di seguire oltre occorre fare qualche osservazione. L'applicazione del vapore su macchine fisse per lavori a terra non creava problemi di alcun tipo. Quando si pensò di utilizzare la macchina a vapore per la navigazione si posero immediatamente problemi gravi. Intanto le prime macchine a vapore erano molto ma molto pesanti e, prima che scadesse il brevetto di Watt (era del 1769 e scadeva nel 1775 ma vi fu una proroga del Parlamento inglese al 1800), fu estremamente difficile realizzare un battello a vapore per gli alti costi di una grande macchina che, in più, occupava, con in più il combustibile, gran parte dello spazio utile della nave. Vi era dell'altro ed era relativo alla necessità di mantenere il baricentro del battello molto basso (ad evitare il ribaltamento) e le macchine a vapore precedenti a Watt avevano un bilanciamento in alto molto pesante (queste ultime risultarono invece molto utili in fiumi dove si necessitava un piccolo pescaggio e ebbero successo soprattutto negli USA per la navigazione sull'Hudson e sul Mississippi). Vennero sviluppate delle macchine a vapore in grado di superare la difficoltà del pesante bilanciamento situato in alto, le macchine "a bilanciamento laterali" che migliorarono la stabilità della nave, ne aumentarono il pescaggio permettendone l'uso in mare aperto (vedi più oltre le ultime due figure dedicate alla nave *Clermont*). Vi è un'ultima considerazione da fare, il combustibile (carbone) ed il suo consumo. E' evidente che il carbone richiedeva molto spazio per essere stivato ma il problema era di poco conto quando i battelli erano utilizzati in corsi fluviali o bordeggiando la costa. Vi erano dei luoghi dove ci si poteva rifornire durante il tragitto. E' altrettanto evidente che il problema diventava esiziale quando si fosse viaggiato in mare aperto in traversate transoceaniche. Come ricordano Derry e Williams il problema si pose con forza con la nave transoceanica *Great Eastern*⁽²⁾. Si può allora capire con quale difficoltà lavorarono coloro che lavorarono su battelli a vapore prima del 1800 e, nel contempo, si può osservare che i battelli a vapore economicamente utilizzabili furono realizzati dopo il 1800 con l'introduzione della macchina di Watt molto più piccola (nelle ultime versioni) di quella, ad esempio, di Newcomen e molto più versatile.

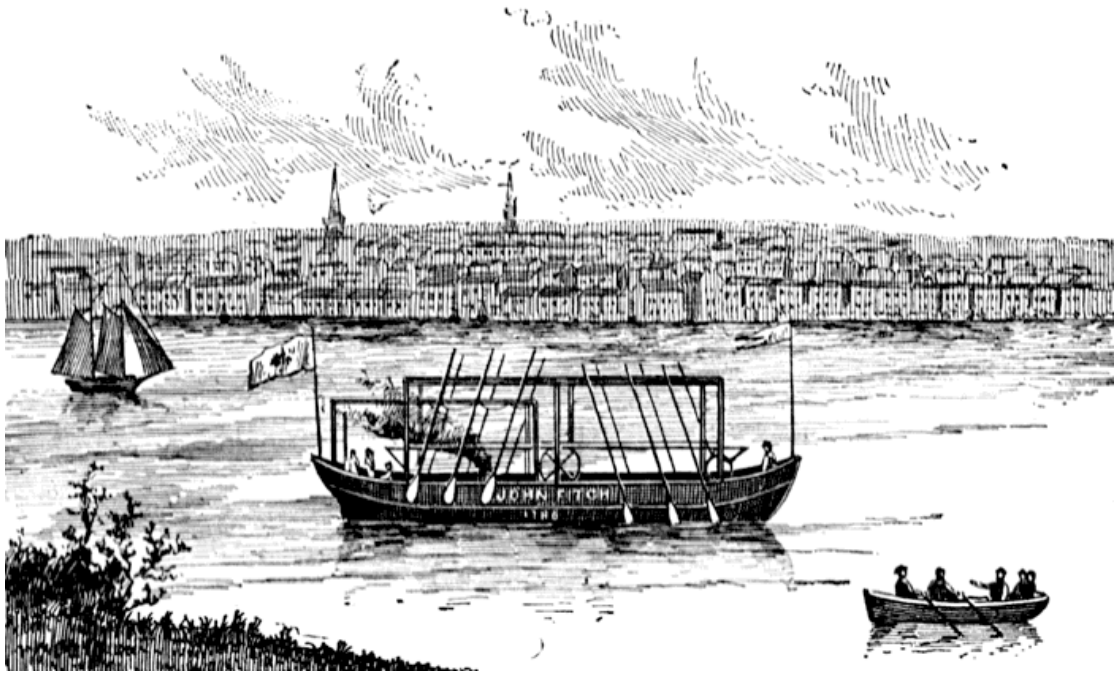
Tornando agli sviluppi dei battelli a vapore, il lavoro di Evans non fu il solo e neppure il primo. Il primo battello a vapore fu realizzato negli USA ad opera di John Fitch (1743-1798). Esso fu messo in acqua il 22 agosto del 1787 nel fiume Delaware ed alla presenza dei membri della Constitutional Convention (a pochissimi anni dalla Dichiarazione di Indipendenza degli Stati Uniti d'America - 4 luglio 1776). Ho citato la Dichiarazione perché avrà un qualche peso nei rapporti dei neonati Stati Uniti con la Gran Bretagna che aveva decretato l'embargo di ogni innovazione tecnica verso gli USA. Fitch che ottenne il brevetto USA per un battello a vapore (26 agosto 1791)⁽³⁾, per parte sua, tra il 1785 ed il 1796, lavorò su 4 modelli differenti di battello a vapore (tra di essi un grande vascello per trasporto passeggeri tra Philadelphia e Burlington nel New Jersey) ma i suoi tentativi furono abbandonati per l'elevato costo che presentavano, anche se dimostrarono la fattibilità di una nave a vapore e la sua versatilità in acque diverse. Il battello di Fitch era, come detto, versatile anche perché era in grado di usare differenti sistemi di propulsione a vapore (anche se con una macchina di Newcomen): remi collegati in serie, ruota a pale e propulsione ad elica.



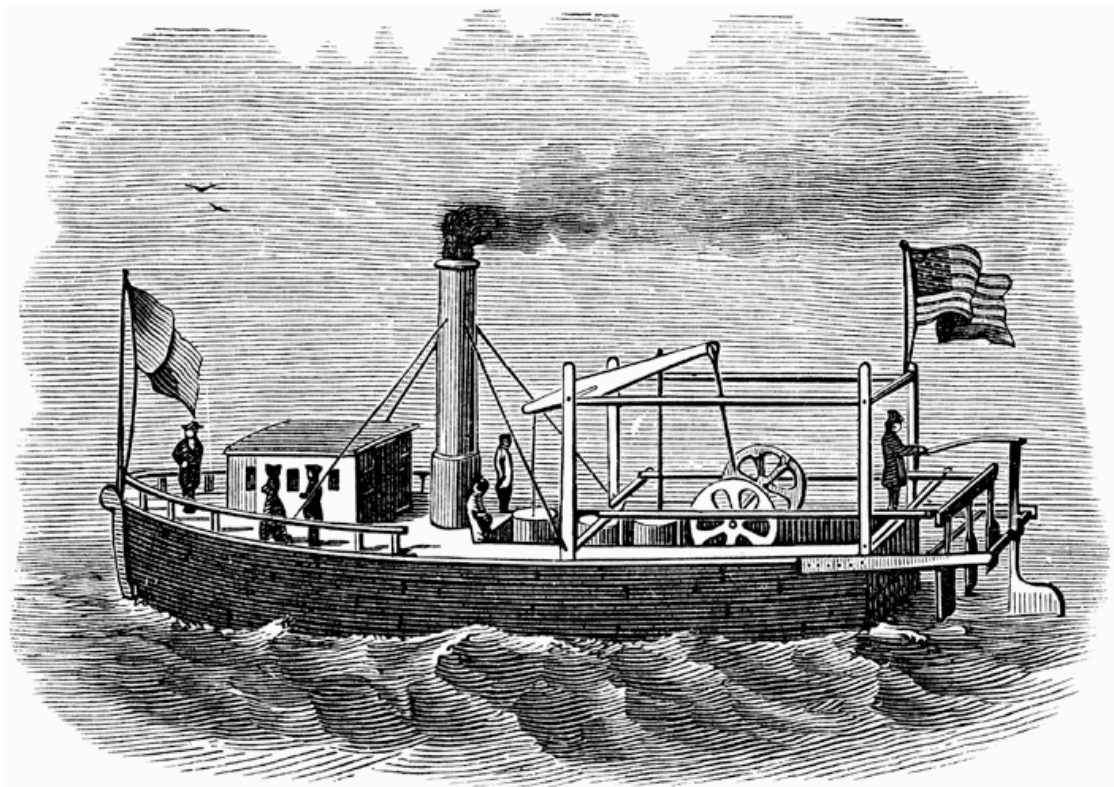
Il primo battello di Fitch del 1785 come risulta disegnato per l'American Philosophical Society. Una catena a cui erano collegate delle pale (vedi figura seguente) era messa in rotazione dal vapore e spingeva il battello.



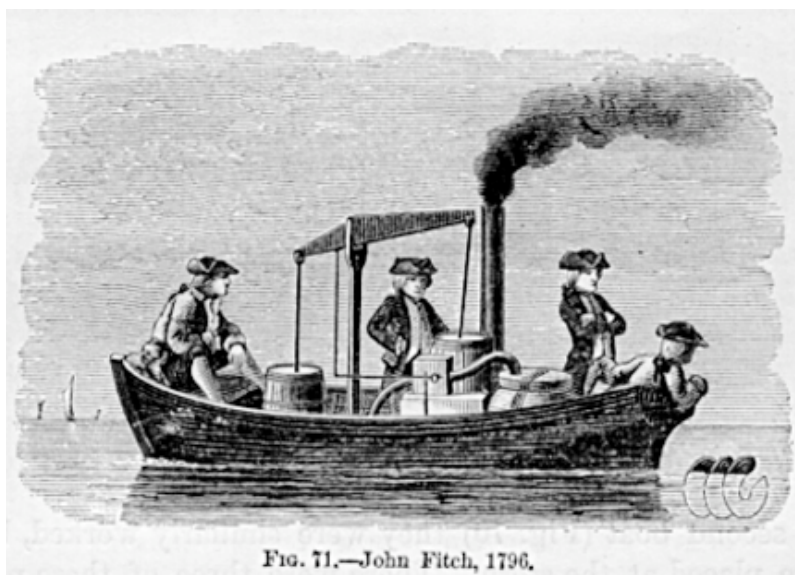
Un dettaglio del sistema di propulsione a pale sistemate lungo una "catena" ruotante.



Il battello di Fitch del 1787 azionato da remi mossi con il vapore (*ranked paddles*). L'idea di questo sistema di propulsione venne a Fitch ispirandosi alle canoe da guerra indiane, che conobbe quando era prigioniero di guerra in Canada..



Il *battello* di Fitch del 1788 che era mosso come il precedente con la differenza che tre soli remi erano posti a poppa del battello.



Il battello di Fitch del 1796 dove si può intravedere una sorta di elica che pesca in acqua.

I lavori e le realizzazioni delle quali ho parlato furono certamente importanti soprattutto perché posero il problema per una sua più adeguata soluzione soprattutto per quella economica. In tal senso il merito dell'invenzione del battello a vapore è generalmente attribuito all'americano Robert Fulton (1765-1825), la cui «nave a pale», la *Clermont*, fece la sua prima traversata sul fiume Hudson nel 1807, percorrendo 150 miglia a una velocità media di circa 4 miglia l'ora. Occorre comunque sottolineare che nel 1801 Fulton aveva assistito al viaggio della nave *Charlotte Dundas* (vedi nota 2) e che nel 1803 aveva realizzato un battello a vapore di 25 tonnellate che navigò sulla Senna alla presenza di Napoleone. Da notare che tra il 1793 ed il 1797 Fulton progettò un sommergibile, il *Nautilus*, primo sommergibile operativo⁽⁴⁾. Sottopose per due volte i piani al governo francese che non ne volle sapere.

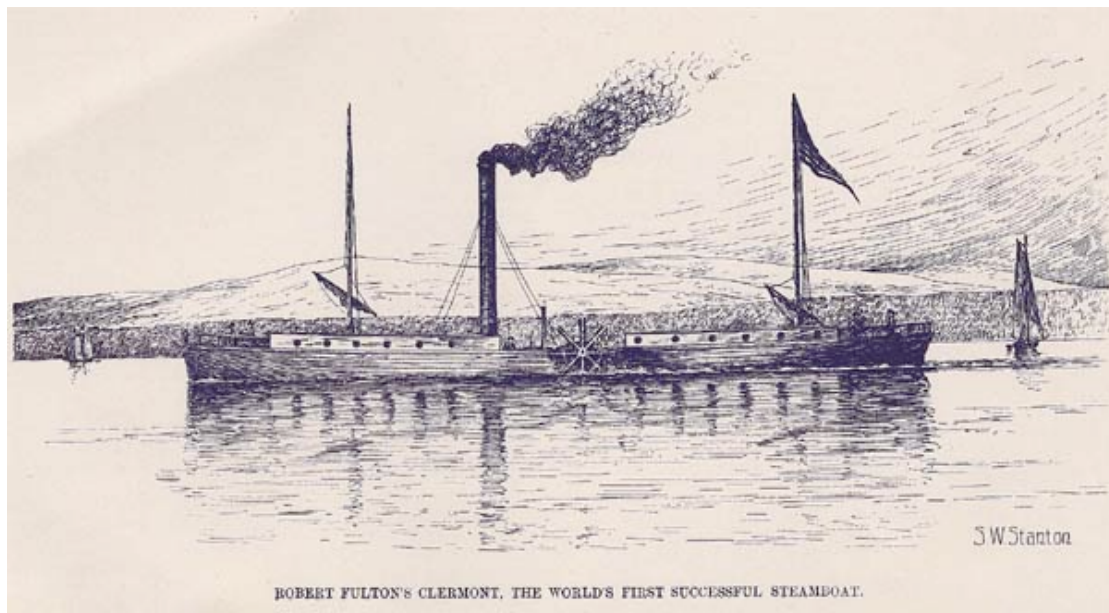
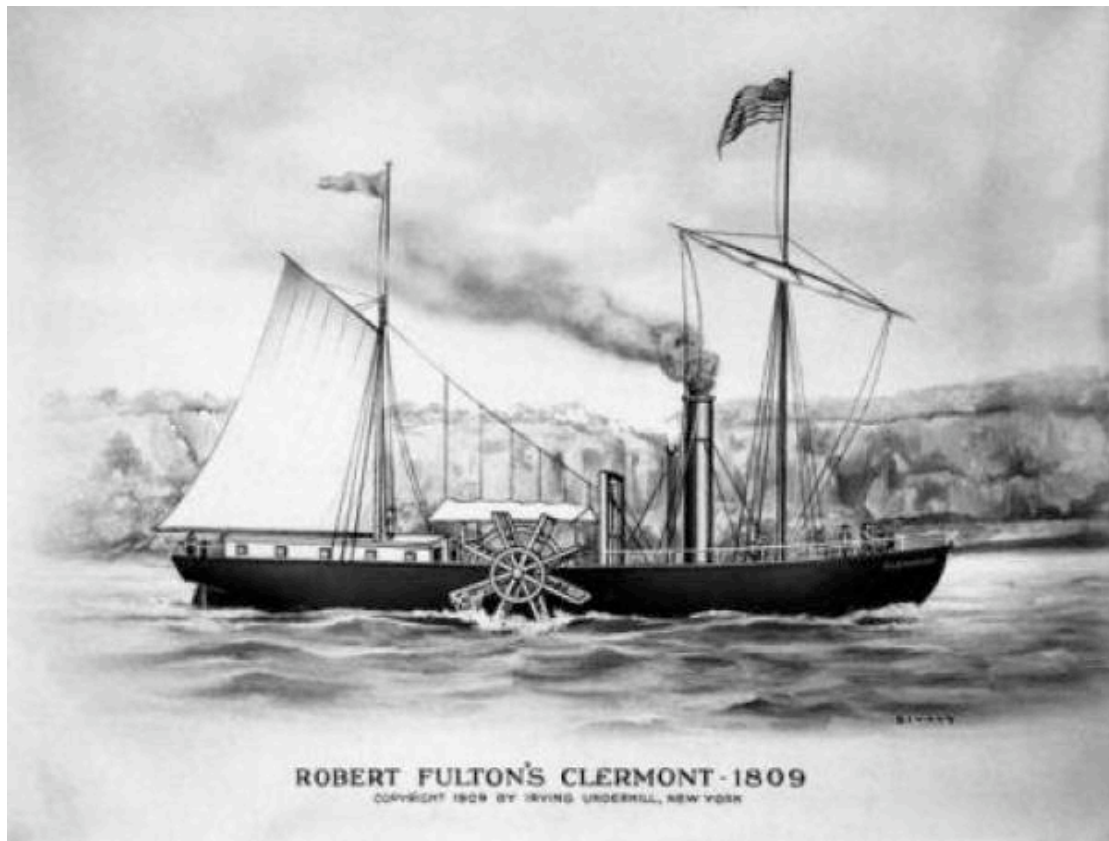


Fulton presenta a Napoleone il suo battello a vapore che inizia a navigare sulla Senna

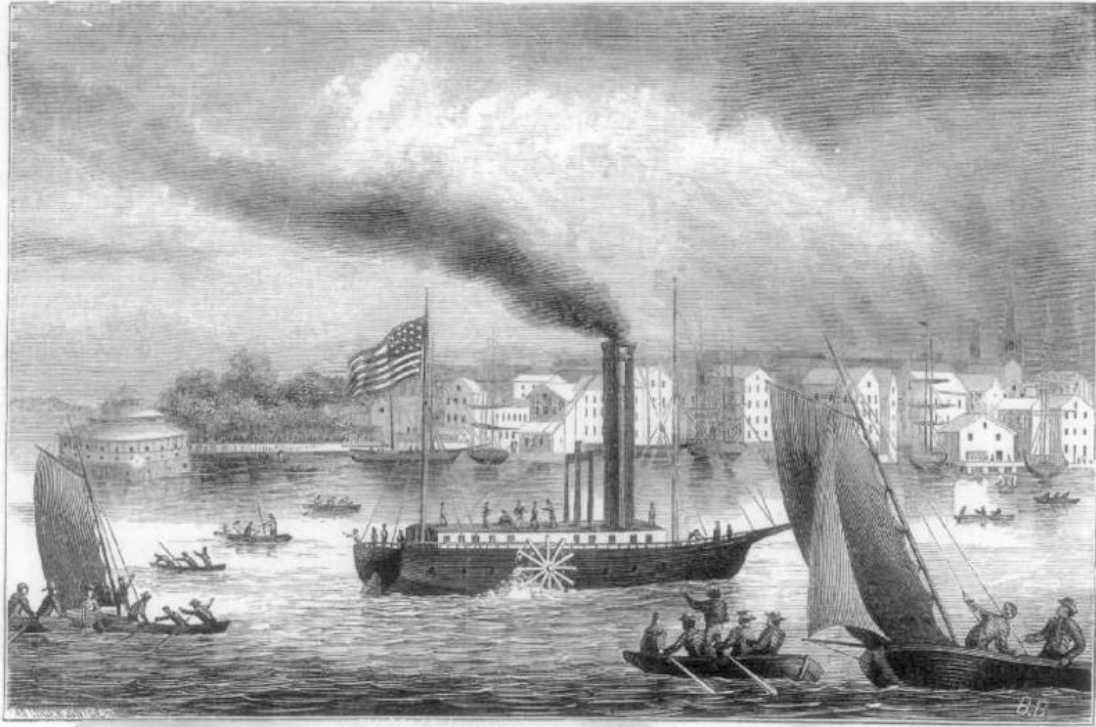
La paternità dell'invenzione del battello a vapore di Fulton venne comunque contestata da alcuni suoi contemporanei, giunti in quegli stessi anni a risultati simili. Fulton era nato negli USA, in Pennsylvania. Nel 1786 si recò in Gran Bretagna dove studiò scienze ed ingegneria con un suo particolare interesse per l'applicazione del vapore al moto di battelli e per la realizzazione di canali. Nel 1803 si spostò in Francia per lavorare alla realizzazione di canali e qui conobbe Robert R. Livingston, un avvocato di New York che operava come ambasciatore USA in Francia (aveva meriti importanti per aver lavorato alla redazione della Dichiarazione di Indipendenza) che era a sua volta interessato nella realizzazione di navi a vapore.

Tornato a New York da Parigi nel 1806, Fulton riuscì a costruire in tempi rapidi e con il finanziamento di Livingston, il battello a vapore *Clermont* alimentato da una macchina a vapore di Boulton e Watt, messo poi in servizio nel 1807 lungo il fiume Hudson, tra New York ed Albany (150 miglia, cioè 220 Km, in 32 ore). Dopo questo record di velocità si realizzò un servizio regolare tra le due città ogni 4 giorni con il *Clermont* che poteva imbarcare fino a 100 passeggeri con

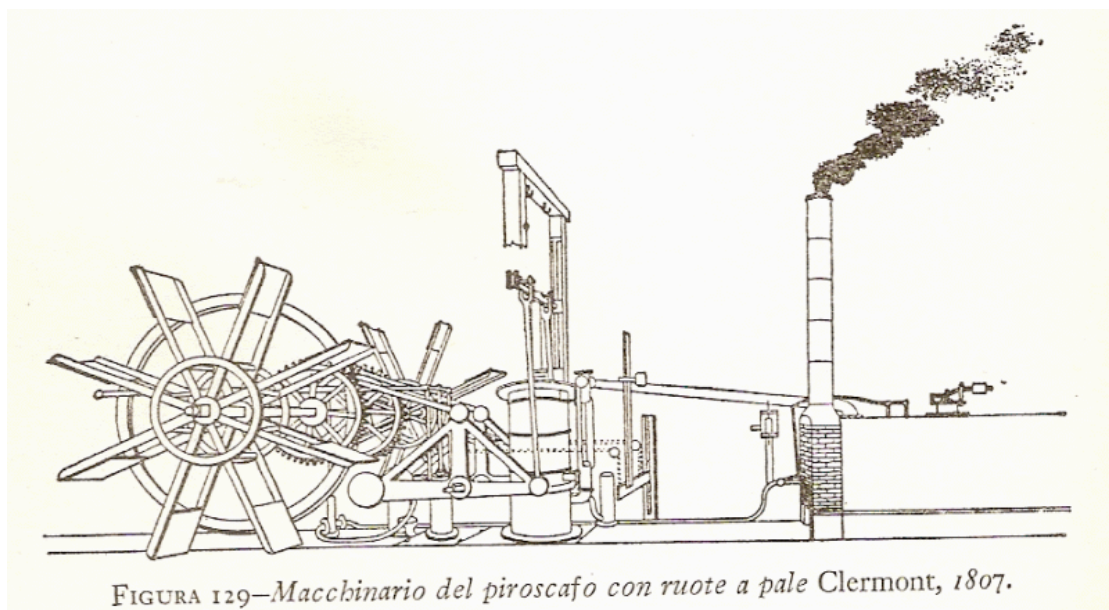
importanti profitti. Il *Clermont* era lungo 43 metri, largo 4,3, con una altezza massima di 19 metri ed un pescaggio di 4,8. La sua stazza era di 1200 tonnellate e viaggiava a 4,7 miglia l'ora (la velocità di crociera era sei volte maggiore rispetto a quella delle imbarcazioni a vela). La ruota motrice aveva un diametro di 4,6 metri e le pale avevano una larghezza di 1,2 metri. La potenza del motore, a bassa pressione, era di 18 cavalli.



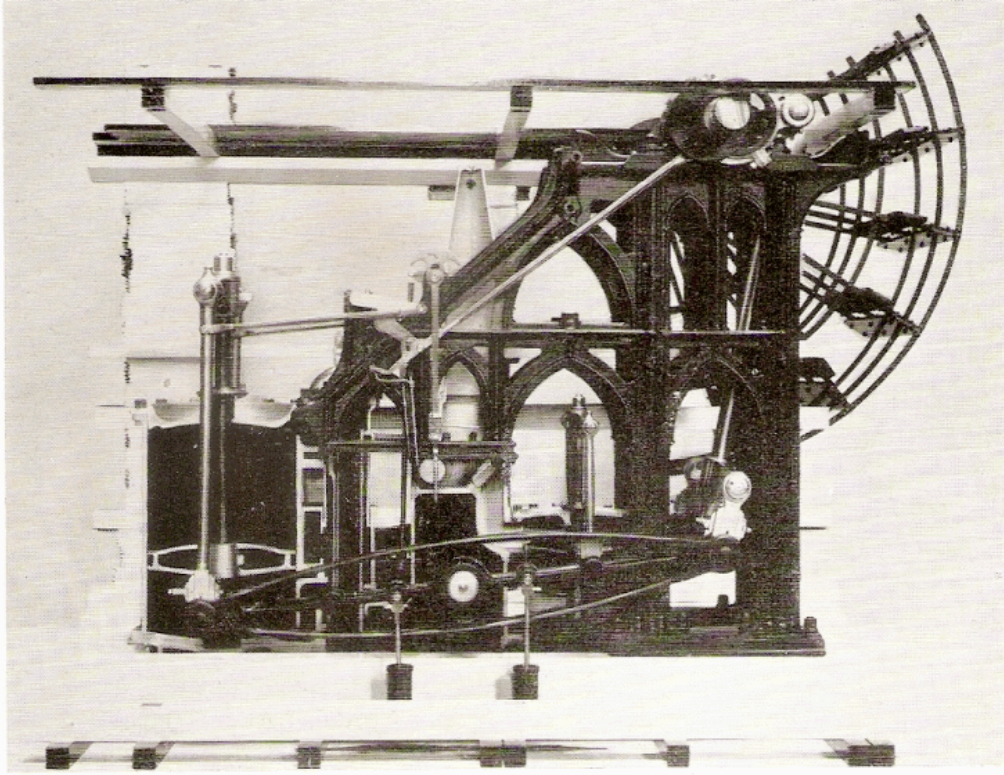
Due immagini della *Clermont* di Fulton



Il modello modificato e migliorato della *Clermont*

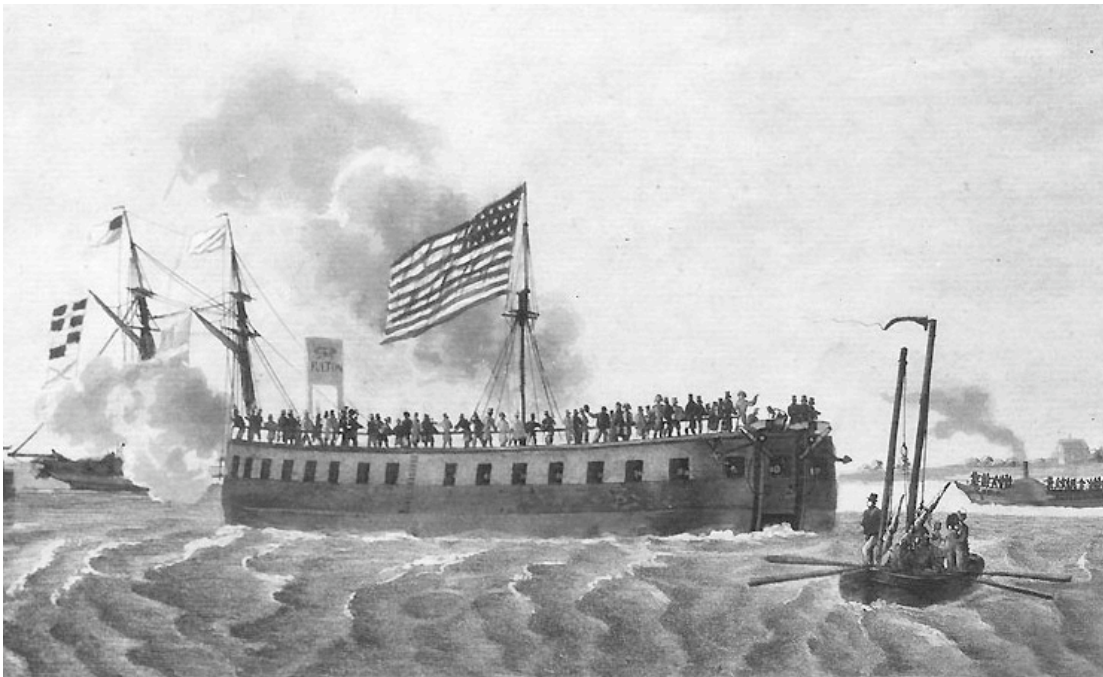


Si noti che i due bilancieri, che sostituivano quello disposto in alto, sono situati in basso, oscillando lateralmente al cilindro centrale



a. Sezione di un modello della macchina marina "a bilancieri laterali", 1840 circa. (p. 152)

Il successo della nave di Fulton fu tale da interessare anche la Marina Militare degli USA. Fulton, nel 1814, costruì su incarico del suo governo la prima nave a vapore da guerra, chiamata *Fulton I* o *Demologos*.



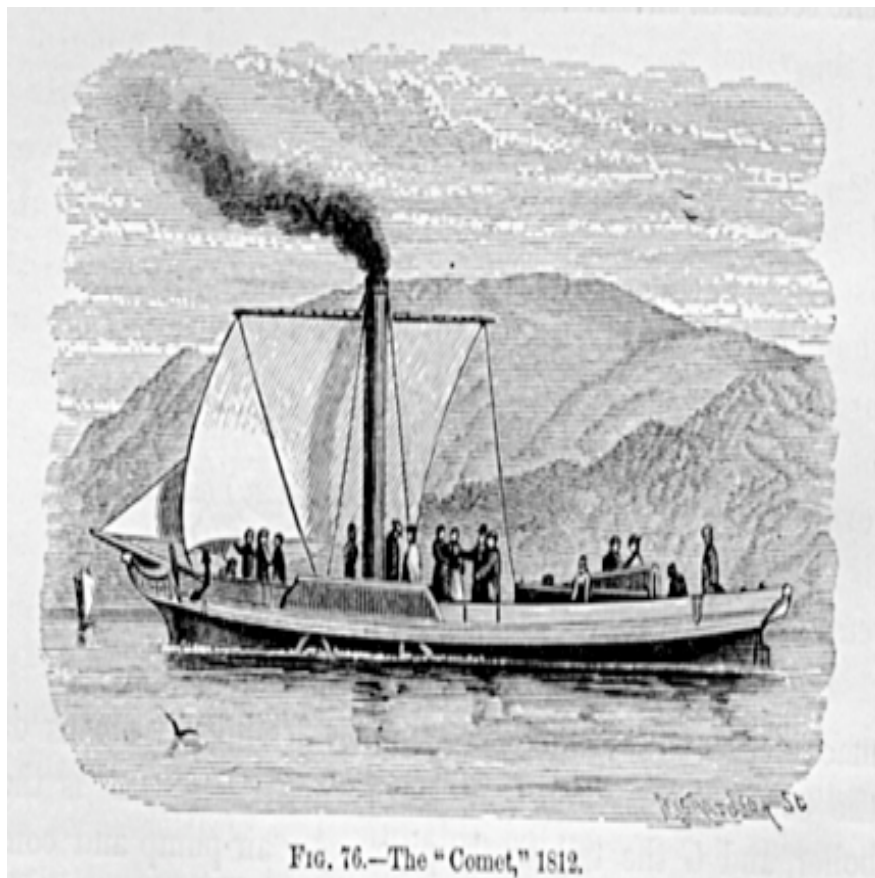
La *Demologos* di Fulton

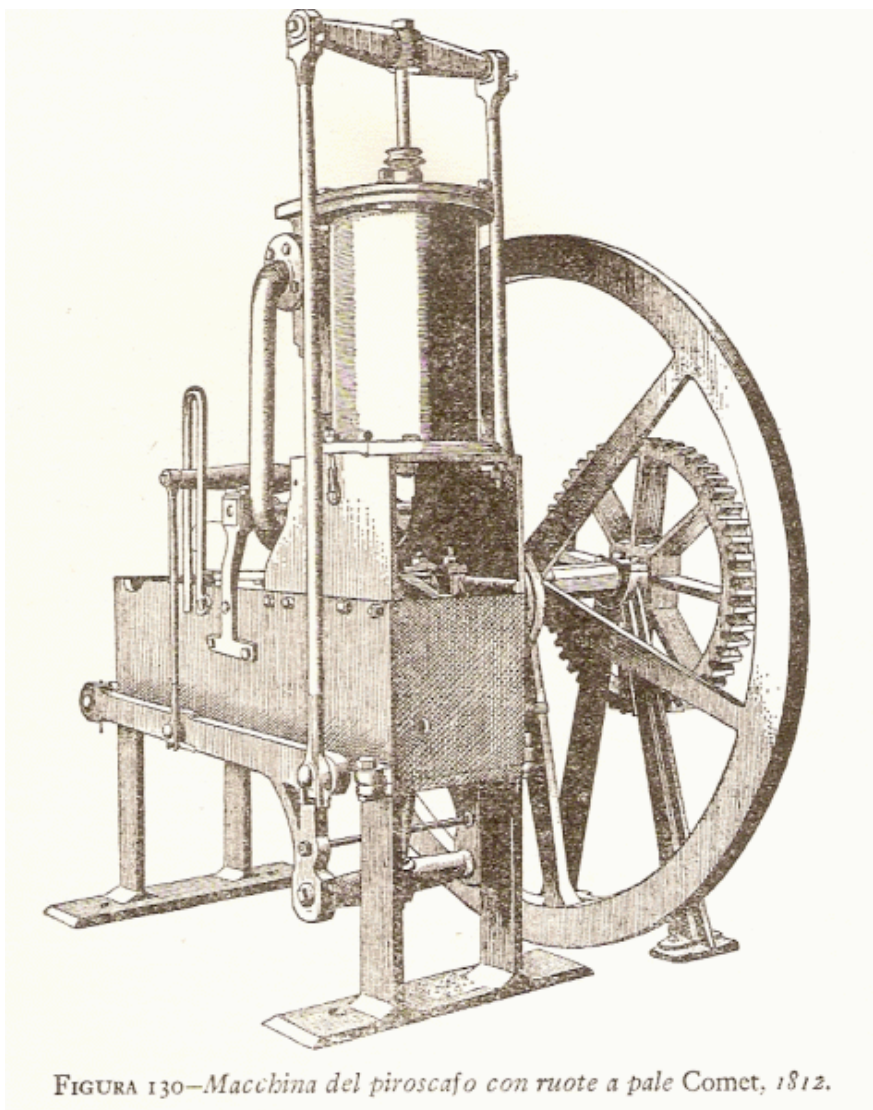
La chiave del successo fu l'utilizzazione della macchina a vapore di Watt. Fulton riuscì a portare negli USA una di tale macchine la cui esportazione era vietata per l'embargo della Gran Bretagna verso le sue ex colonie resesi indipendenti.

Mi sono soffermato su battelli a vapore realizzati negli USA anche se i primi esemplari di battelli a vapore videro la luce in Francia a partire dal 1774. Fu Claude François Jouffroy d'Abbans che realizzò un primo battello che risultò però

troppo lento per navigare in un fiume. I tentativi seguirono finché, con la collaborazione di Antoine Frerejean, non progettò nuove pale più grandi con le quali il suo battello, le *Palmipède* del 1776, riuscì a navigare per circa un quarto d'ora sulla Saône, vicino alla città di Mâcon. Passato questo tempo la macchina si rifiutò di andare oltre. Un ultimo esperimento ebbe maggiore successo. Con il suo *Pyroscaphe*, nel 1783, navigò sulla Saône e controcorrente a Lione, tra la cattedrale di Saint Jean e l'Isola Barbe. Come si può apprezzare si tratta di poca cosa ma indicativa di un processo di ricerca.

La prima nave utilizzata con successo in Europa per il trasporto passeggeri fu realizzata dall'ingegnere scozzese Henry Bell. Si tratta della Comet di 28 tonnellate (lunghezza 14 metri; larghezza 3 metri) spinta da ruote a pale per mezzo di un motore a vapore di 3 cavalli (che aveva due bilancieri situati in basso e muoventisi ai fianchi del cilindro verticale (in questo simile alla Clermont di Fulton). Entrò in servizio passeggeri lungo il fiume Clyde tra Galsgow e Greenock (istanti circa 40 Km) nel 1812.



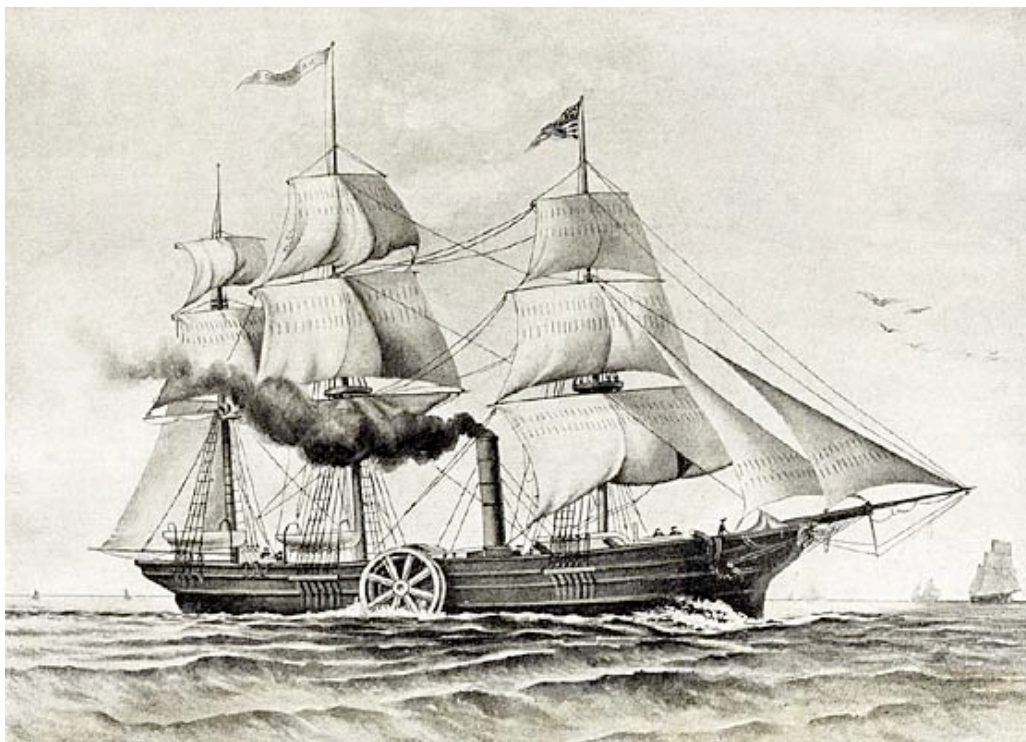


Con piroscali di questo tipo si inaugurò il traffico commerciale e passeggeri in Gran Bretagna. I piroscali *Comet*, successivamente perfezionati, divennero 5 nel 1814 e 34 nel 1820. I piroscali a vapore in Gran Bretagna divennero ben 1325 intorno al 1840 (un migliaio operanti in Inghilterra ed i rimanenti tra Scozia, Irlanda ed il resto della Gran Bretagna).

Tra le navi con doppia alimentazione, vela e vapore, è famosa la statunitense *Savannah*. Fu costruita nel 1818 in New Jersey e fu la prima nave a vapore con due ruote a pale a fare la traversata transatlantica inizialmente pensata per trasporto merci. La macchina, a bassa pressione di tipo inclinato e ad azione diretta e con cilindro di 1 metro di diametro ed 1,5 metri di corsa, era di 90 cavalli. Poiché la nave era relativamente piccola non era in grado di trasportare tutto il combustibile che sarebbe stato necessario, di modo che venne usato il vapore solo in acque tranquille (85 ore su 26 giorni di navigazione) dove il vento non spingeva a sufficienza (oltre i 4 nodi di velocità). Inoltre le due ruote che avevano un diametro di circa 5 metri non erano stabilmente collegate allo scafo ma con attacco mobile (mediante catene) al fine di poter sollevare le ruote ad evitare che fossero danneggiate navigando in acque basse. Fu un insuccesso commerciale perché non ebbe "clienti". Nel 1821 si arenò nei fondali di Long Island e da quel momento occorrerà aspettare almeno trenta anni per avere una nave statunitense che facesse la medesima rotta transatlantica.



La *Savannah* in porto

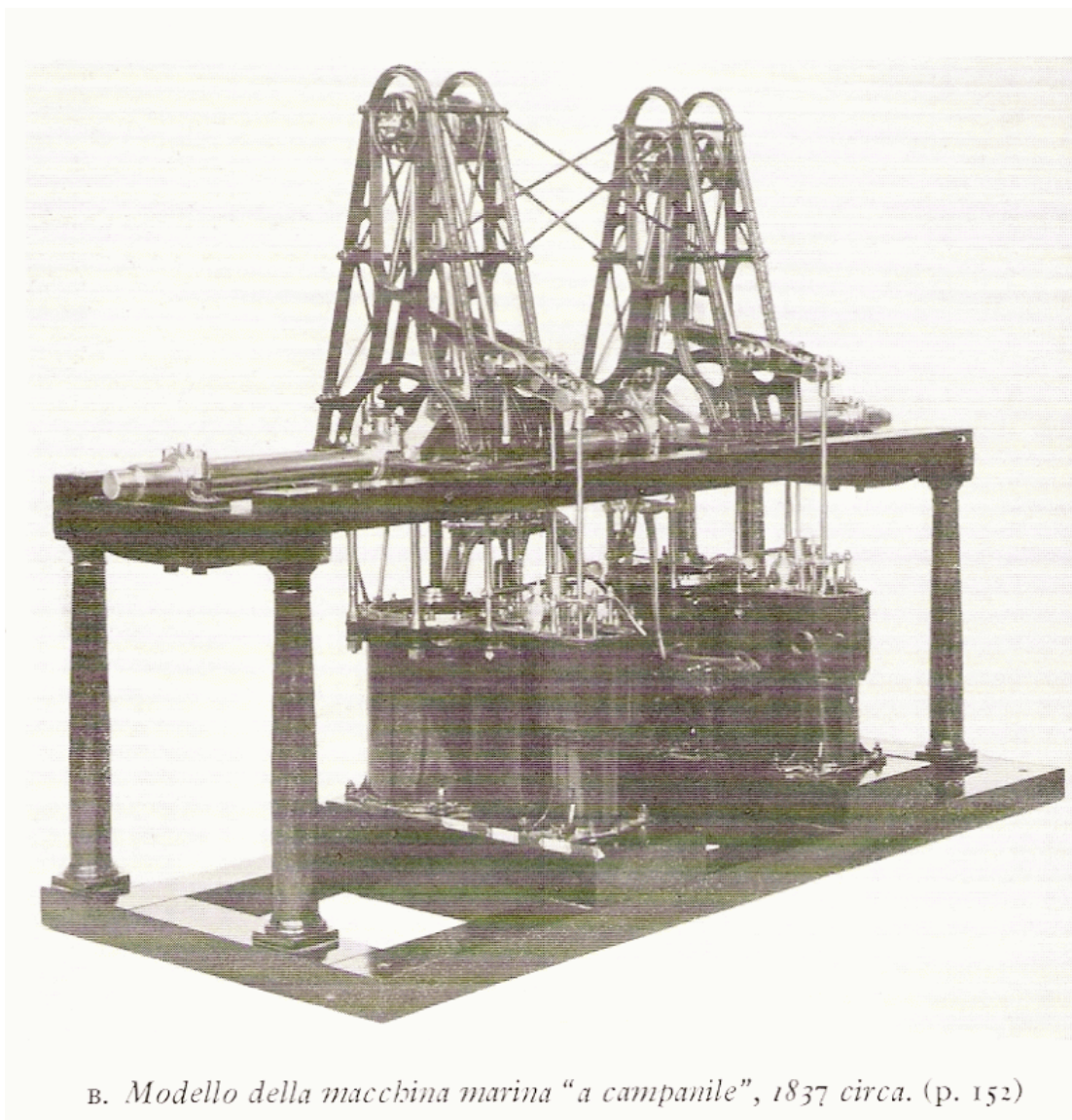


La *Savannah* in navigazione

Occorre dire qualcosa su un'altra difficoltà che la struttura delle macchine a vapore, che dovevano essere le meno ingombranti possibile come quelle verticali ad azione diretta, incontrava quando dovevano essere installate su delle navi, posto che il moto sull'acqua derivava ancora esclusivamente alle ruote a pale. Vi era uno sfasamento tra l'asse della macchina a vapore che trasmetteva il moto alle pale e l'altezza in cui si sarebbero dovute trovare le pale stesse per il loro migliore uso nell'acqua. Vi era una piccola distanza verticale tra il fondo della stiva e l'asse della ruota a pale. Si lavorò con vari dispositivi anche se tutti insoddisfacenti. Si iniziò con l'accorciare le bielle ma ciò faceva perdere troppa potenza (nave inglese *Gorgon*, 1837). Si eliminarono addirittura le bielle (macchina oscillante). Si modificò quindi il cilindro (*Gorgon*, 1839), lasciandolo aperto nella testata in modo che le bielle potessero essere mantenute della lunghezza originale mediante l'accorciamento dello stelo dello stantuffo (senza la testata dello stantuffo era possibile il moto più ampio delle bielle

rispetto a quello dello stelo dello stantuffo).

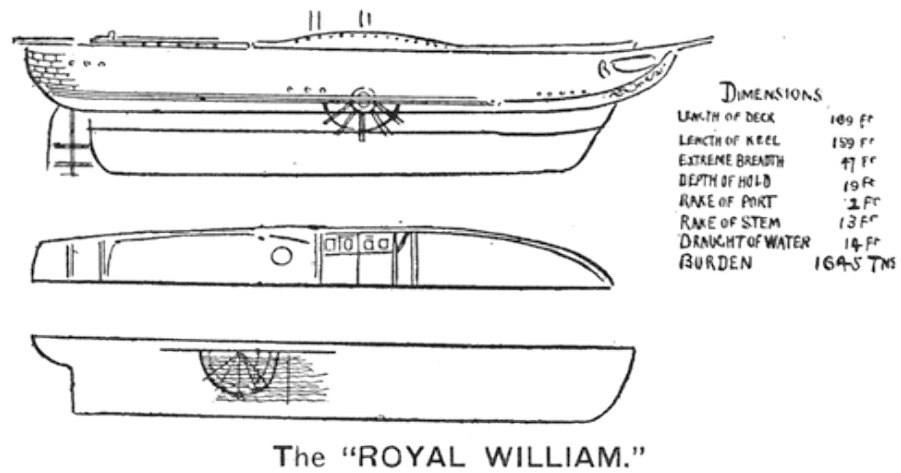
Da ricordare ancora, tra le tante modifiche realizzate, quella della macchina marina "a campanile" (1831) che affrontava il problema della distanza verticale tra l'asse della macchina a vapore e la posizione della ruota a pale, in modo del tutto diverso.



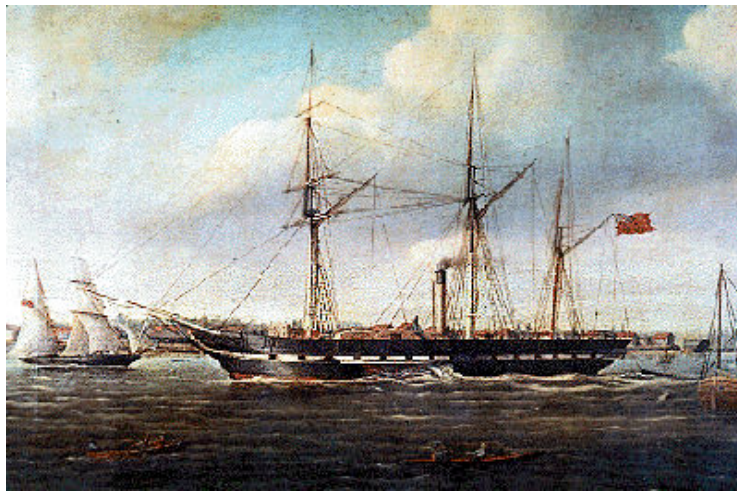
B. Modello della macchina marina "a campanile", 1837 circa. (p. 152)

Tale macchina era detta *a campanile* perché le due strutture metalliche che la caratterizzavano sporgevano sopra il ponte della nave. E tali strutture servivano per trasferire il moto ad una biella che comandava l'albero motore che, in tal modo, si poteva disporre all'altezza necessaria per muovere la ruota a pale.

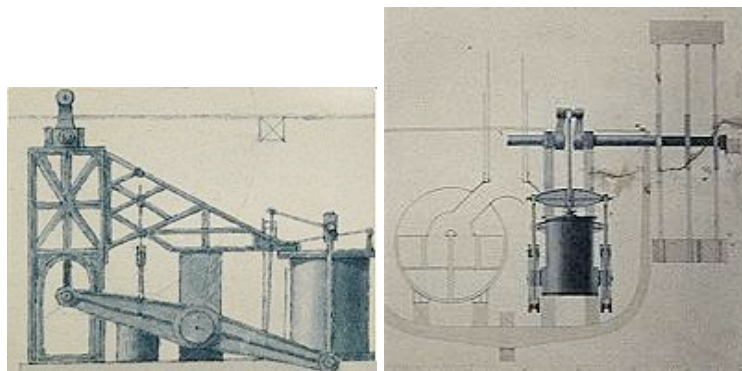
Fino ad ora abbiamo visto navi a doppia propulsione, vela e vapore. La prima nave che fece la traversata transatlantica interamente a vapore ed impiegando 17 giorni fu la *Royal William* (nave canadese costruita nel Quebec di 1370 tonnellate con una macchina di 200 cavalli nominali) nel 1833. Per la verità questa nave non attraversò l'Atlantico (da Pictou nella Nuova Scozia fino a Gravesend sulle rive del Tamigi) per stabilire un record ma solo perché i suoi proprietari volevano disfarsene e, non riuscendo a venderla sul mercato americano, la spedirono in Inghilterra dove fu venduta alla marina spagnola. Su questa prima traversata resta una controversia con una nave olandese, la *Curaçao* (440 tonnellate e due macchine a vapore di 50 cavalli ciascuna) che ha attraversato l'Atlantico nel 1827 dall'Olanda all'isola di Curaçao. Mentre la *Royal William* era stata progettata per poter navigare solo a vapore (pur disponendo di vele che, nella traversata usò solo 3 o 4 giorni, per il tempo necessario a liberare dal sale il boiler della macchina a vapore che utilizzava acqua di mare), la *Curaçao* aveva la doppia propulsione a vela ed a vapore. Nonostante ciò vi è chi indica la *Curaçao* come prima nave a fare la traversata atlantica a vapore.



Progetti dello scafo della *Royal William*, 1833



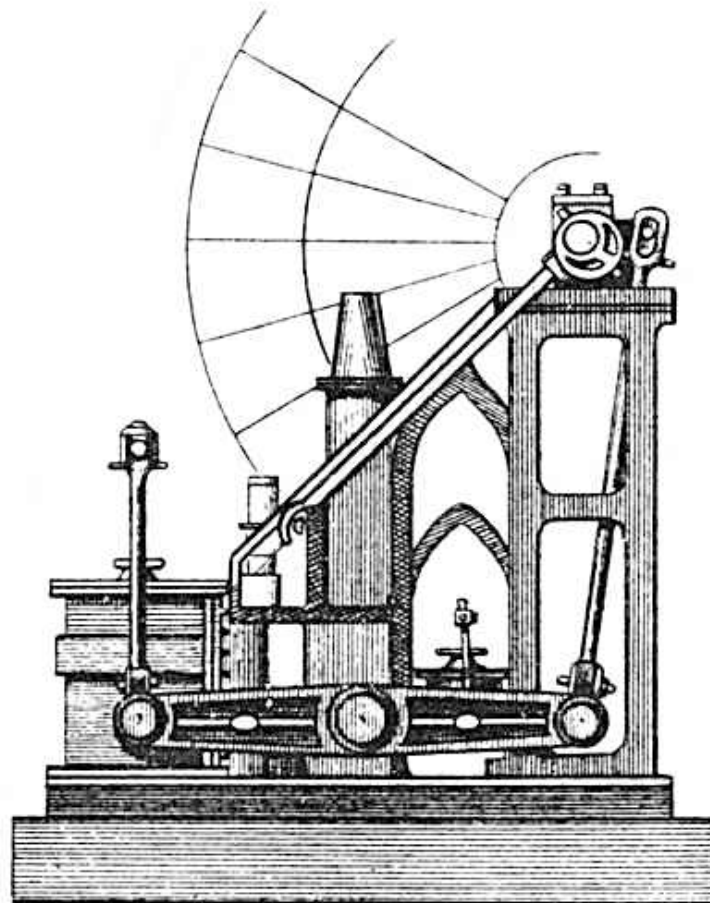
La *Royal William*, 1833



Elementi della macchina a vapore della *Royal William*



La *Curaçao*, 1827



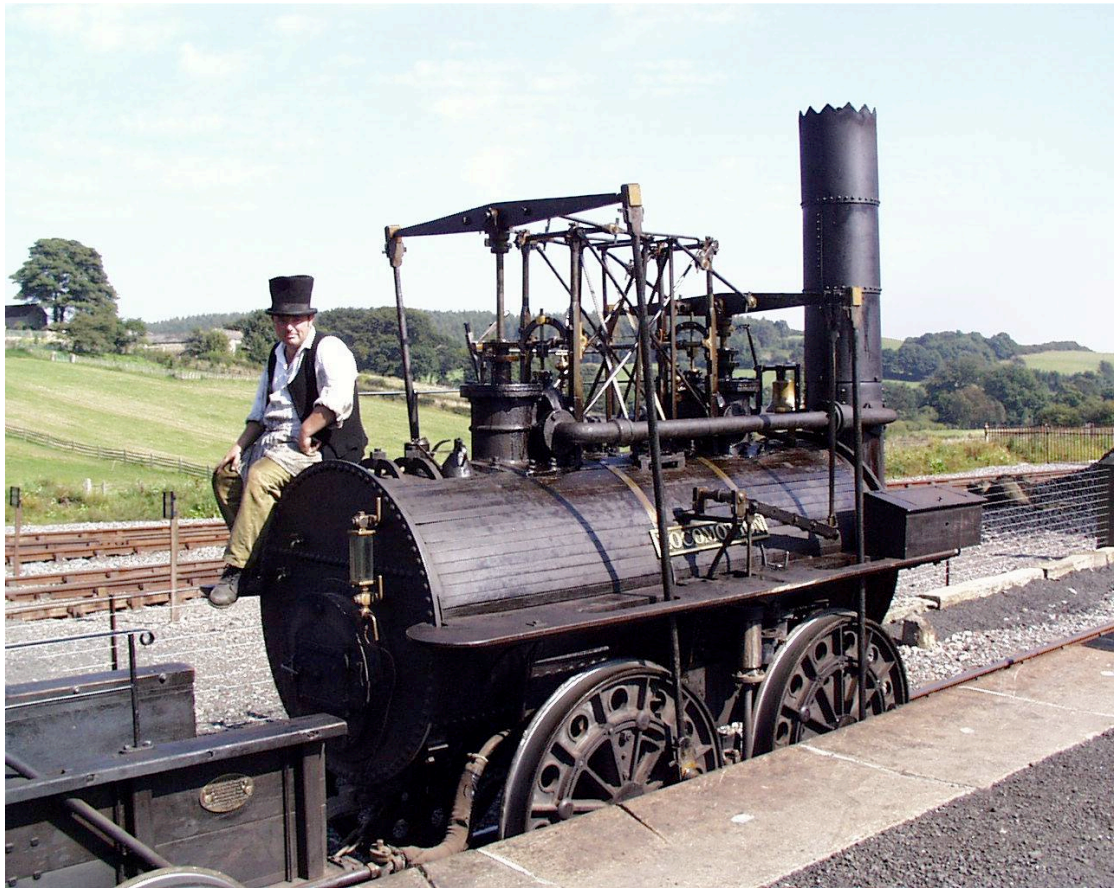
Una delle macchine a vapore della *Curaçao*

La tecnologia che serviva ad alimentare le ruote a pale si complicava sempre di più e si cercarono nuove strade che sfociarono nella sostituzione della ruota a pale con l'elica. Di questo mi occuperò in un successivo paragrafo. Ora torno allo sviluppo delle locomotive a vapore che avevamo lasciato alla *Puffig Billy* realizzata nel 1814 da William Hedley, la prima locomotiva che funzionava mediante aderenza diretta tra ruota e binario.

LA LOCOMOTIVA A VAPORE DA TREVITHICK A GEORGE E ROBERT STEPHENSON

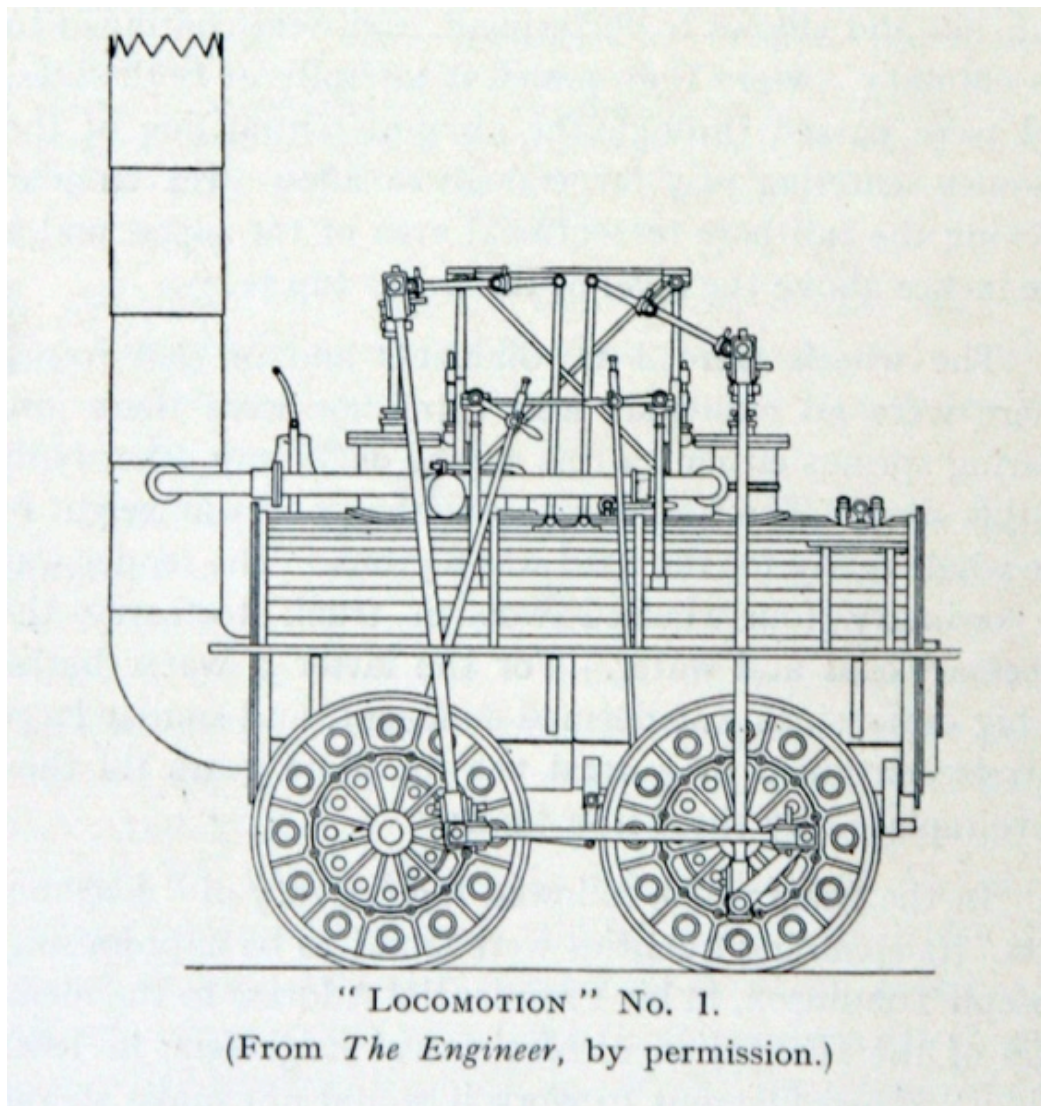
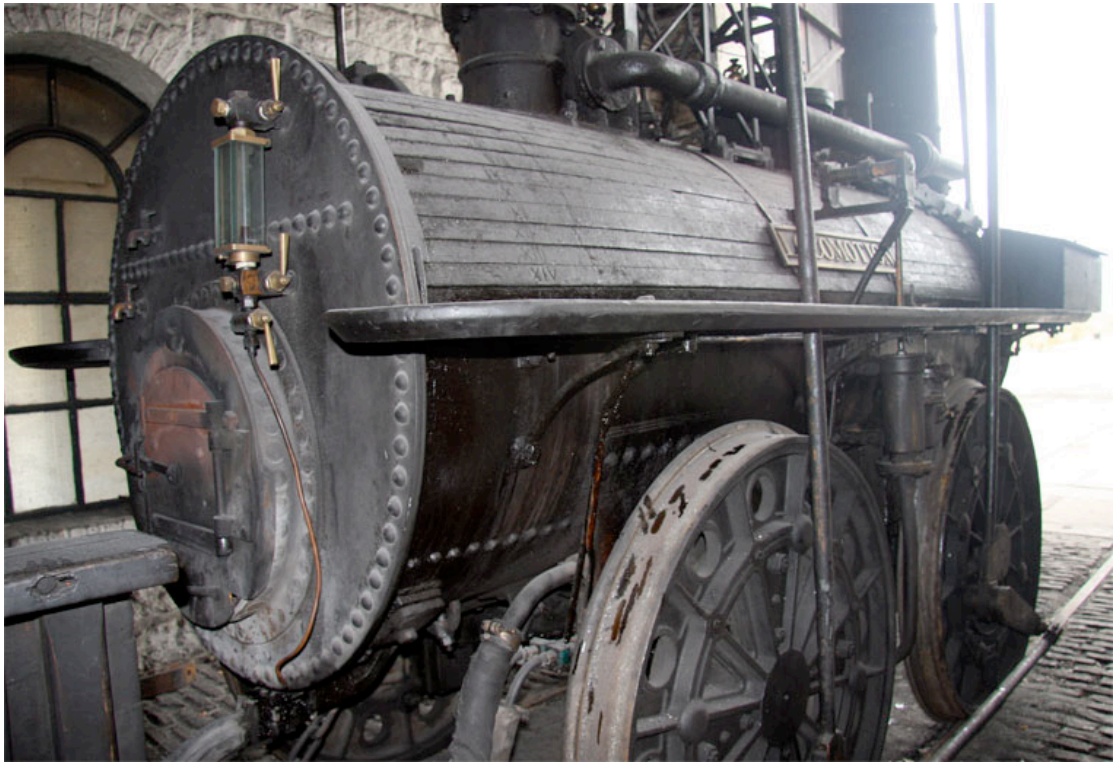
La locomotiva a vapore aveva iniziato il suo cammino esclusivamente per il trasporto merci dando un grande contributo all'industrializzazione del Paese. Per parte sua la crescita del Paese, la sua industrializzazione, comportava la costruzione di nuove fabbriche dislocate in luoghi diversi dal corso dei fiumi, come era avvenuto fino ad allora. Proprio la possibilità di trasportare carbone dalla miniera nei luoghi di produzione, soprattutto attraverso la locomotiva a vapore, aveva facilitato lo sviluppo di aziende dislocate anche all'interno del Paese. A sua volta ciò comportava problemi di spostamento per un numero sempre maggiore di persone. I mezzi di trasporto ordinari via terra come le carrozze a cavalli erano diventati del tutto insufficienti (oltretutto costosi) ed il pessimo stato delle strade sconsigliava di incrementarli. Per parte sua il trasporto di persone attraverso battelli fluviali o via mare, per la sua maggiore economicità, era del tutto saturo. Negli anni tra il 1810 ed il 1820 ci si rese conto dell'urgenza e della necessità di disporre di trasporti più rapidi e con maggiori capacità. All'epoca, tanto per dare un'idea, occorrevano 4 giorni per andare in diligenza da Londra a York (250 Km). Ci volevano dodici giorni per andare da Londra ad Edimburgo. Solo 20 anni dopo occorrevano 72 ore per raggiungere Edimburgo. Oltre ai tempi si possono immaginare gli elevati costi per intraprendere un viaggio del genere. Ma vi era un altro problema. Come trasportare bagagli ingombranti ? Come quindi, delle merci ? Si era in un *cul de sac*. Altra questione che qui non tratto era relativa ai giganteschi finanziamenti necessari ad affrontare una revisione completa di un sistema di trasporti. Chi avrebbe pagato ? In Gran Bretagna, data la loro tradizione liberale, il tutto fu affidato a privati ma nel continente ogni Paese si comportò in modo diverso anche perché vi era la necessità da parte dei governi di stabilire alcune regole che garantissero, quanto meno, la sicurezza dei trasporti.

Il Parlamento inglese si occupò del problema nel 1821 con un progetto di legge per costruire una ferrovia per il trasporto persone-merci tra il porto di Stockton e le miniere di Darlington. Nel progetto di legge si restava nel vago sulla trazione dei vagoni. Si accennava a cavalli, ad uomini e si introduceva un "ed altro". Ciò era dovuto al fatto che ancora in quell'anno non si credeva che il vapore potesse fornire una locomotiva in grado di trainare vagoni su binari. Furono George Stephenson (che aveva una grande preparazione tecnica) ed il figlio Robert (con una spiccata preparazione teorica) che caparbiamente dettero ripetute prove dell'affidabilità della trazione a vapore fino ad iniziare la costruzione della strada ferrata nel 1822. I lavori terminarono nel 1825 quando si inaugurò la prima linea ferroviaria pubblica con una locomotiva progettata allo scopo (essa venne battezzata *Active*, nome poi cambiato in *Locomotion*).



Una ricostruzione per turisti della *Locomotion 1*

C'è da osservare che nel viaggio inaugurale la locomotiva era manovrata dallo stesso Stephenson padre a cavalcioni su di essa con un rudimentale pannello di comando (non era stato previsto un luogo dove si sistemasse il conducente). La locomotiva era dotata di una macchina a vapore con due cilindri di 241 x 610 mm ed una pressione in caldaia di poco meno di 2 atmosfere; trainava 36 vagoni carichi di sacchi di carbone e farina oltre a lavoratori sistemati in piedi ed alcune autorità per le quali erano stati previsti posti a sedere in un vagone speciale chiamato *Excellence*. Il peso totale era di 80 tonnellate trainate su una distanza di circa 40 Km ad una velocità media di circa 8 Km/h (questa velocità venne in seguito portata a circa 25 Km orari).



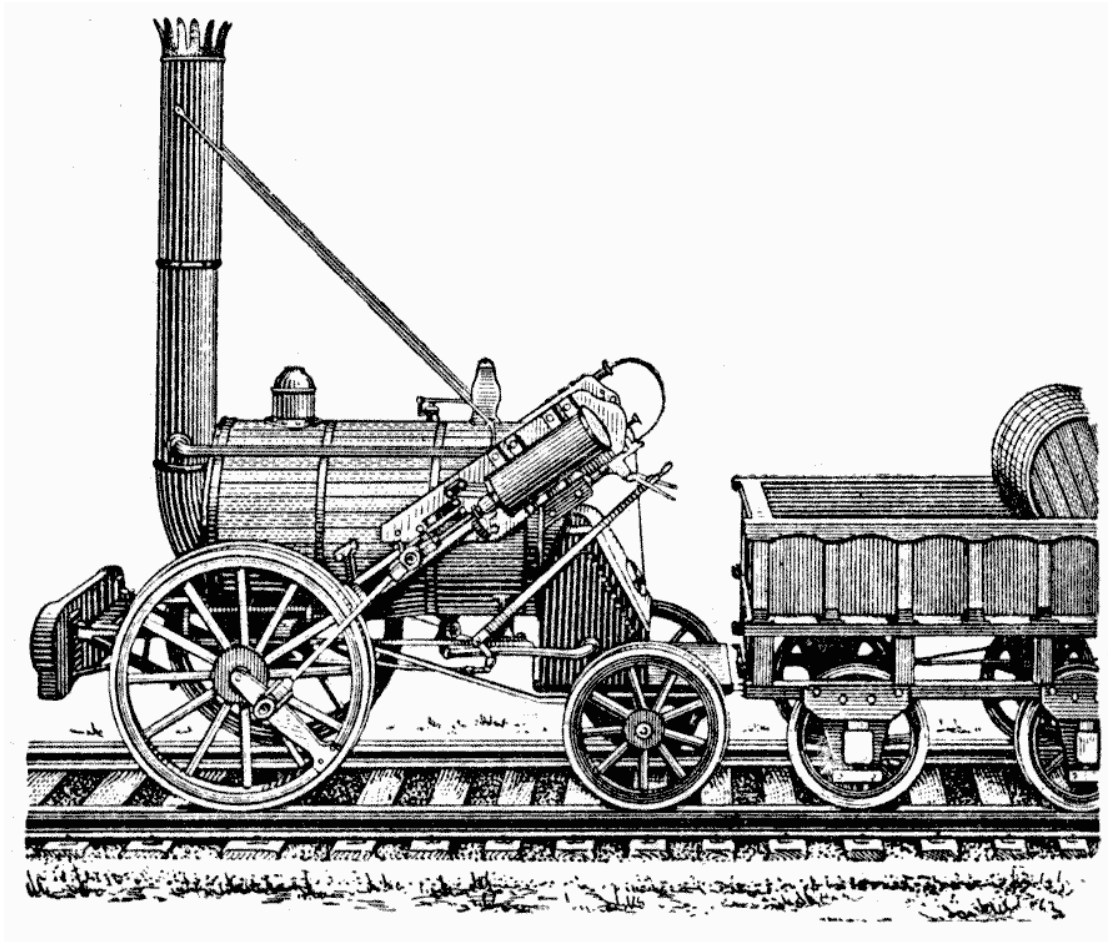
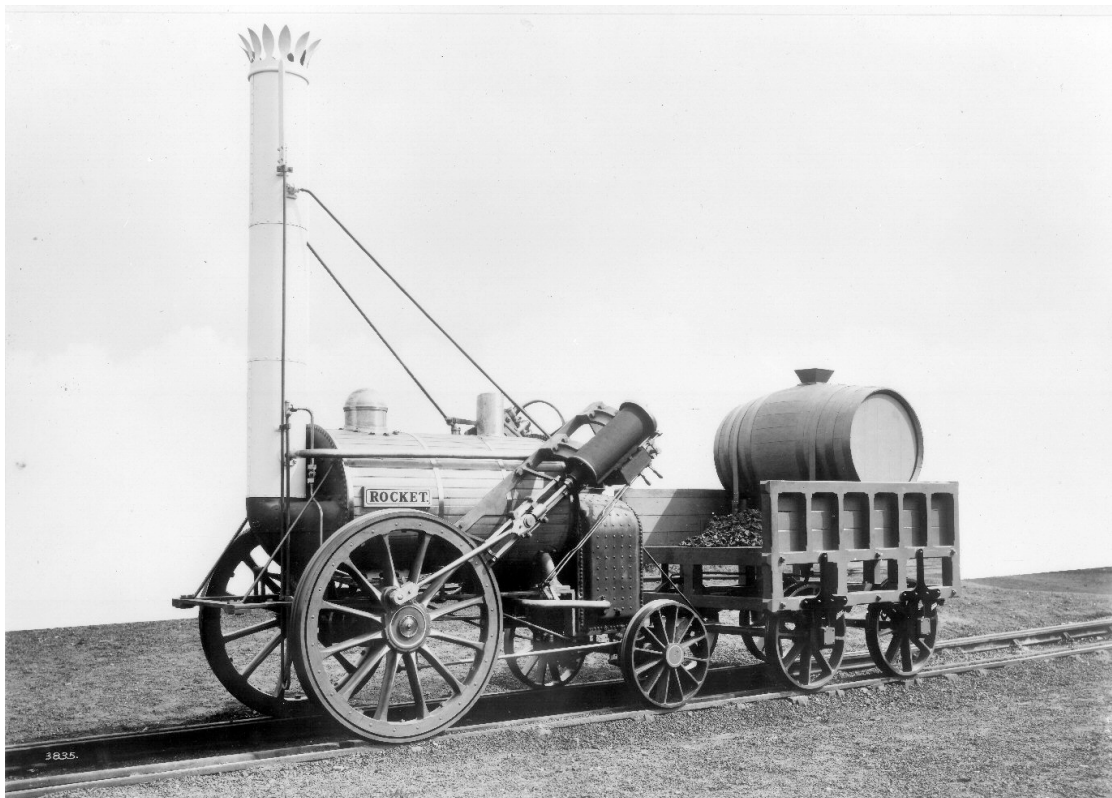


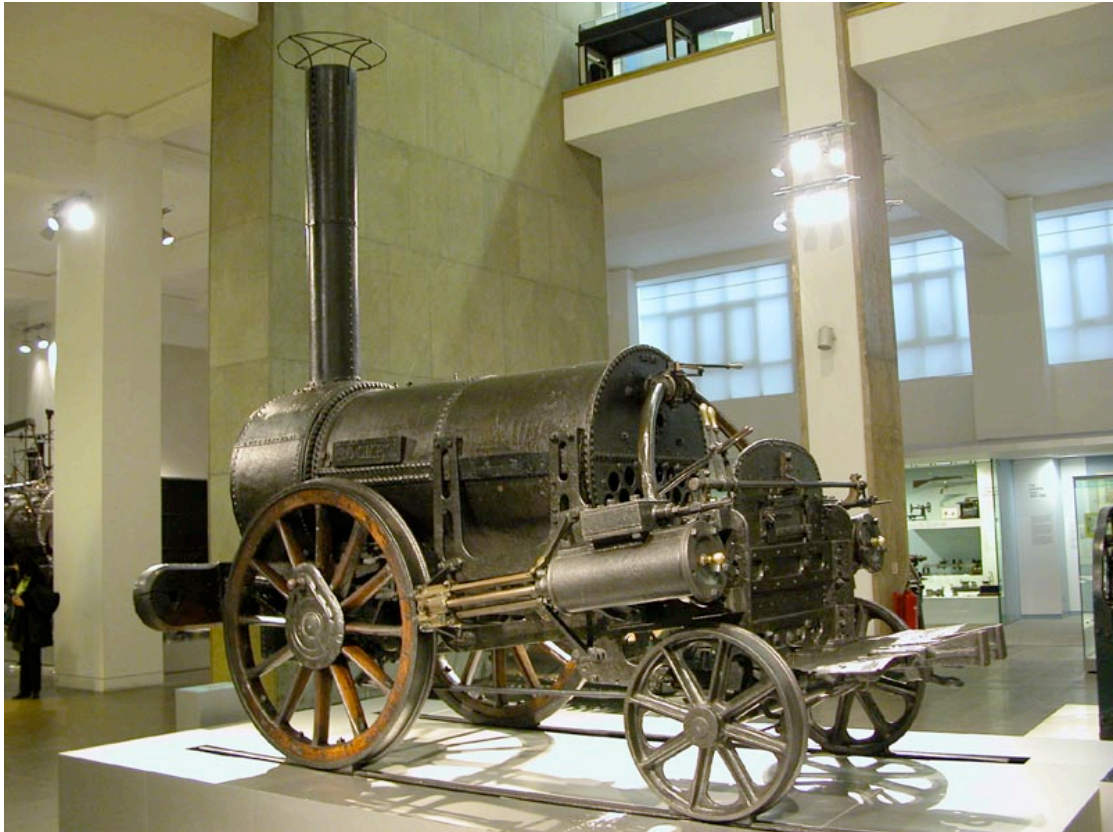
Il viaggio inaugurale della *Locomotion 1*

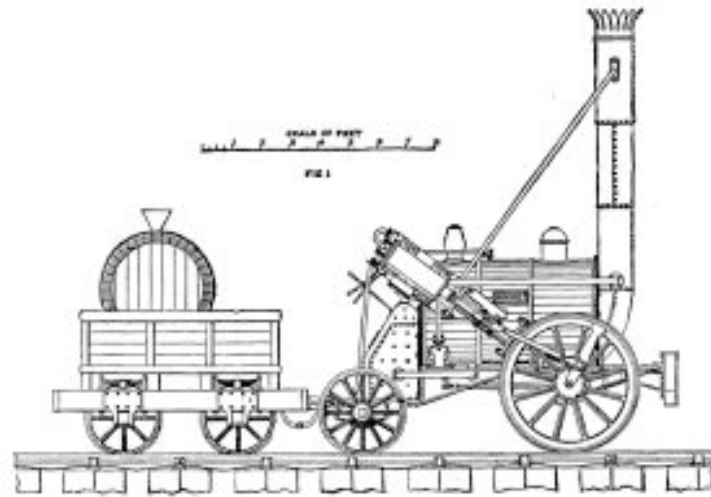
Mentre si inaugurava la linea ferroviaria tra Stockton e Darlington, si ponevano problemi analoghi di saturazione dei collegamenti attraverso il canale che collegava Manchester a Liverpool. Ciò rappresentava un imbuto, un freno dannoso per le esportazioni delle manifatture di cotone. Nel 1825, quindi, un progetto di legge riguardante la costruzione di una ferrovia che legasse le due suddette città fu portato davanti al Parlamento inglese. Qui si ebbe la cattiva sorpresa di un'opposizione radicale degli agricoltori ed allevatori delle zone che sarebbero state attraversate dalla linea ferroviaria. Il progetto fu bocciato. Gli oppositori, come ricorda Lilley, scatenarono una campagna di terrore: le vacche, spaventate dal treno non avrebbero più dato latte; il fumo emesso dalla locomotiva avrebbe ucciso tutti gli uccelli; le scintille avrebbero incendiato le case; le caldaie sarebbero scoppiate ammazzando i viaggiatori (in realtà vi fu un'esplosione di caldaia nel 1828 sulla linea Stockton-Darlington, esplosione che provocò la morte del conducente); ... Ma i grandi successi dell'altra linea uniti ad un investimento di 27000 sterline che avrebbero, ripagato i danni eventualmente provocati, riuscirono nel 1826 a far approvare la costruzione della linea ferroviaria Manchester-Liverpool e nel 1829 a bandire un concorso, *Rainhill Trials*⁽⁴⁾, per scegliere la locomotiva che si sarebbe dovuta impiegare. Vinse una nuova locomotiva degli Stephenson, la *Rocket* (razzo), che per le sue eccellenti prestazioni segnò la definitiva affermazione delle linee ferroviarie (tra le altre cose richieste dal concorso vi era: il tirare un peso di 20 tonnellate alla velocità di 16 Km/h. La *Rocket* percorse 112 Km ad una velocità di poco meno di 26 Km/h, raggiungendo la velocità massima di 47 Km/h. Poco tempo dopo, la *Rocket* marciò su 6,5 Km ad una velocità di 85 Km/h). Nel secondo giorno di prova trasportò 30 passeggeri a 48 chilometri l'ora. La caldaia della locomotiva era di tipo tubolare (25 tubi di rame da 2 pollici di diametro surriscaldati dal focolare, con forno e griglia separati, al fine di aumentare la superficie esposta al riscaldamento), sistema che sostituiva il precedente che era costituito da un solo tubo di 12 pollici immerso in acqua, e che permetteva di dare alla macchina maggiore potenza e soprattutto miglior rendimento nel trasferimento di calore. I cilindri erano disposti obliquamente con un angolo di 35°. Vi era anche un sistema che aspirava aria dall'esterno per inviarla alla camera dove avveniva la combustione. Più tardi, intorno al 1840, Robert Stephenson introdusse un sistema di distribuzione del vapore dal generatore al cilindro attraverso un collettore ed un moto adeguato di valvole che è l'antesignano di tutti gli altri noti come cassette di distribuzione. Fu così che gli Stephenson si aggiudicarono la tratta ferroviaria che comportò varie difficoltà di realizzazione (fu necessario realizzare 4 Km di gallerie e 64 ponti e viadotti, tutti realizzati in muratura eccetto il ponte di Water Street, primo ponte in acciaio) che fu costruita a doppio binario proprio perché si prevedeva un grande traffico (da notare che in uno dei primi viaggi del treno tra Manchester e Liverpool, un parlamentare di Liverpool, William Huskisson, fu travolto dal treno non avendo saputo apprezzare la sua velocità. Fu il primo incidente ferroviario della storia). Il tempo di percorrenza tra le due città passò dalle primitive 7 ore di media, alle due ore con il treno.



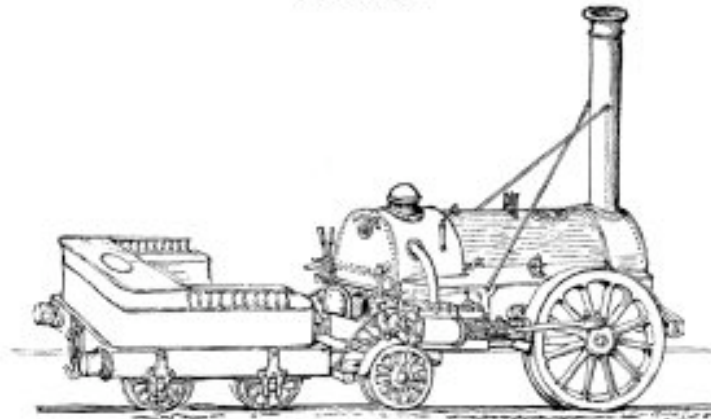
Vecchio Ponte Water Street

*La Rocket*

La Rocket*La Rocket**La Rocket*



THE ROCKET, 1829.



THE ROCKET, 1830.

This sketch of the Rocket I made at Liverpool on the 10th of September, 1830, the day before the opening of the Liverpool and Manchester Railway, while it remained stationary after some experimental trips in which George Stephenson acted as engine driver and his son Robert as stoker.

JAMES NASHUTE.

La Rocket del 1829 e quella del 1830

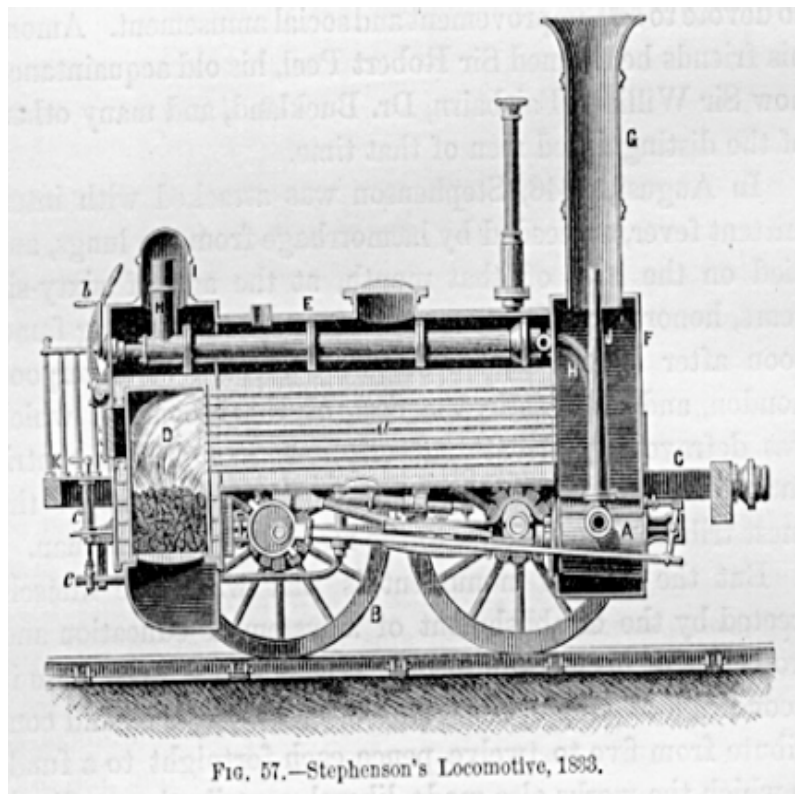
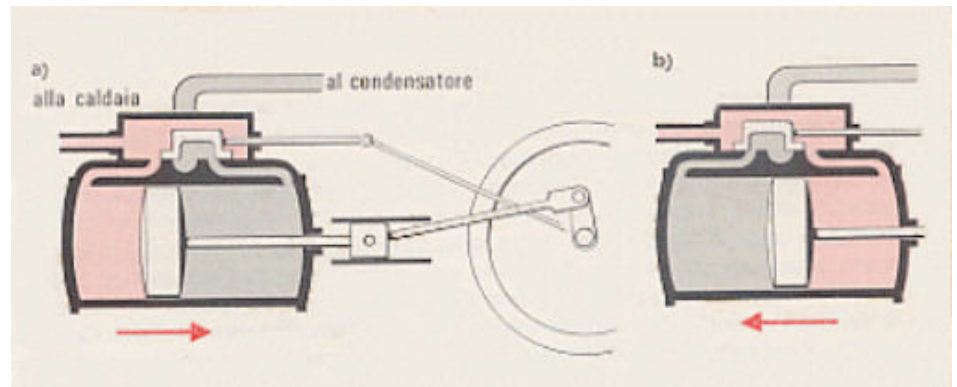
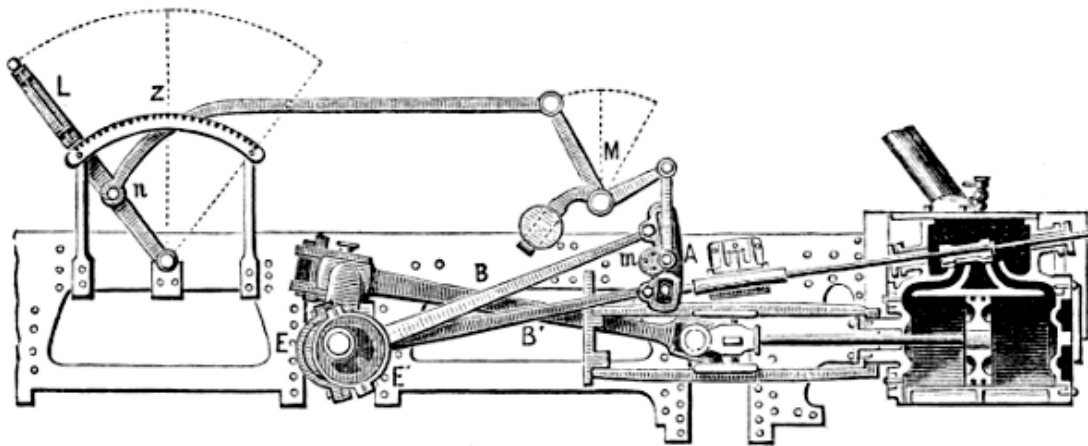


FIG. 57.—Stephenson's Locomotive, 1833.

La *Rocket* nella sua versione modificata del 1833 che si mantenne come modello standard finché non subentrarono locomotive studiate e costruite per fini specifici.

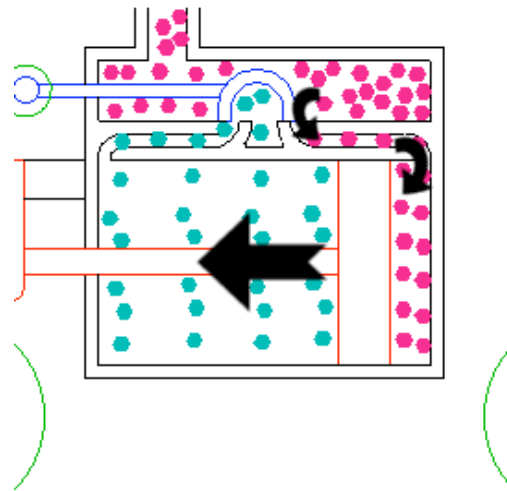


Cassetto di distribuzione del vapore. Riferendoci alla figura, si vede chiaramente il percorso del vapore: in (a) il vapore proveniente dalla caldaia spinge il pistone verso destra; nel far questo sposta anche quel piccolo pezzo (a forma di U rovesciata) che va a chiudere il passaggio proprio a questo vapore e ad aprire la possibilità per esso di entrare dall'altra parte, come mostrato in (b). La cosa si ripete ad ogni spostamento del pistone.

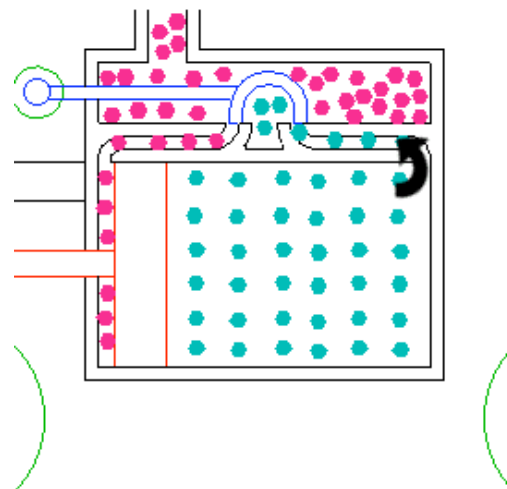


La Stephenson Valve-Gear (cassetto di distribuzione), 1833

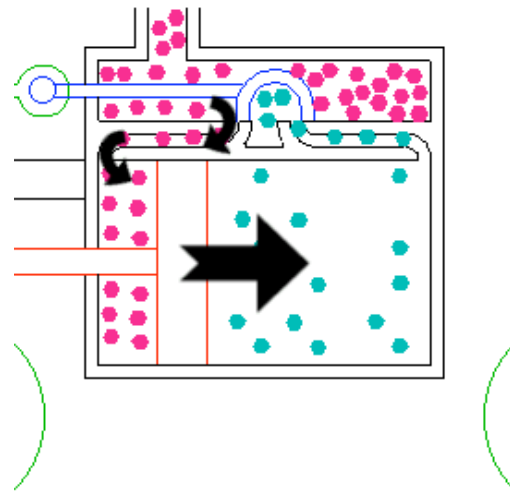
Con maggiore dettaglio si possono considerare quattro fasi successive:



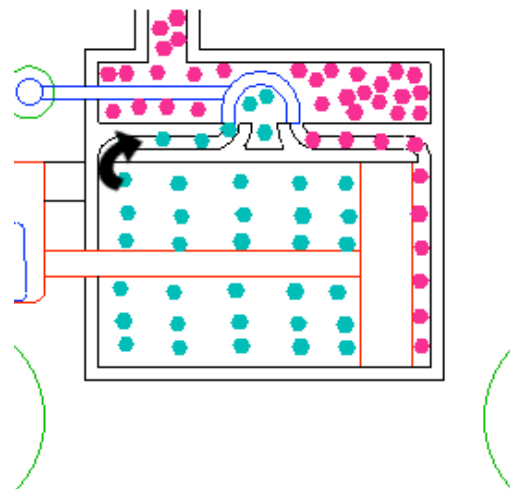
1) Il vapore (in rosso) proveniente dalla caldaia entra da un lato del cilindro. L'alta pressione spinge il pistone all'altra estremità del cilindro. Nel fare ciò spinge all'esterno del vapore che ha già fatto lavoro (in azzurro).



2) Il vapore (in rosso) ha compiuto lavoro e si è raffreddato (in azzurro). Una valvola chiude l'ingresso del vapore proveniente dalla caldaia all'estremità vista del cilindro per aprire quella che immette il vapore nell'altra estremità del cilindro.

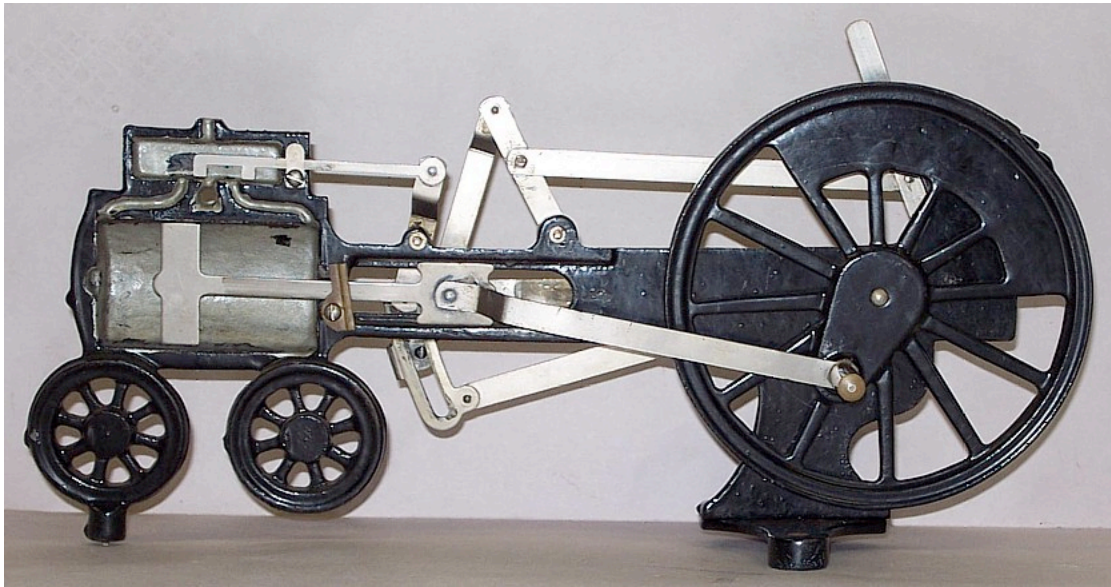


3) Il vapore proveniente dalla caldaia entra nell'altra estremità del cilindro e spinge il pistone in verso contrario, in modo da espellere il vapore che ha precedentemente fatto lavoro e si è raffreddato nell'espansione.

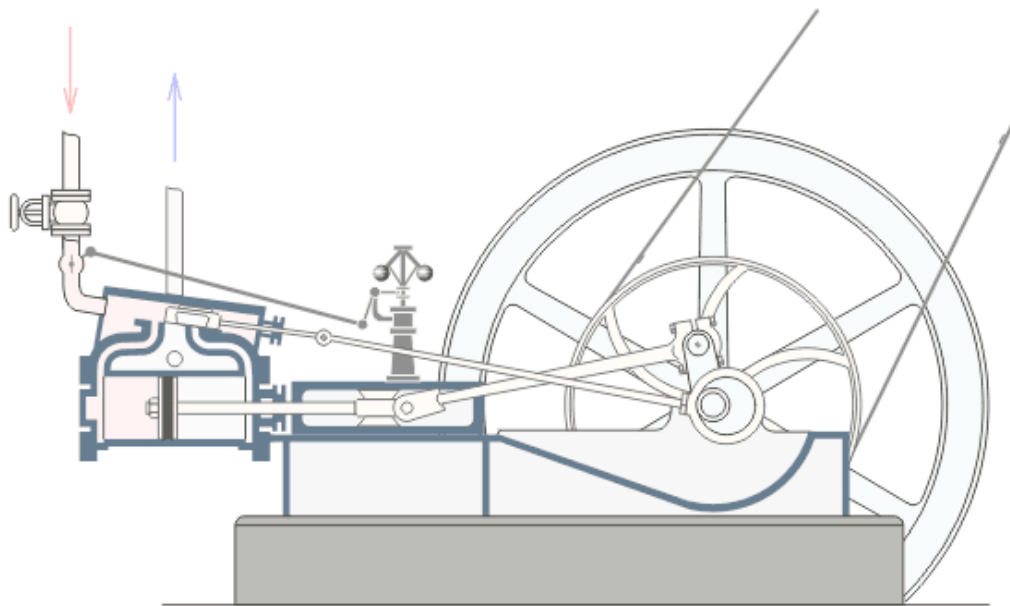


4) Si ripete invertita la fase 2.

Il sistema ora descritto è ben rappresentato dal modellino riportato in figura seguente che, oltre al cassetto di distribuzione riportato sulla sinistra, mostra il suo collegamento alle ruote motrici della locomotiva.



Modello del cassetto di distribuzione Stephenson collegato alle ruote motrici



Cassetto di distribuzione Stephenson collegato alle ruote motrici

Nonostante i successi di questo sistema di locomozione e trasporto, vi furono sempre forti opposizioni da parte di agricoltori ed allevatori. Ciò comportò che ancora nel 1838 vi fossero in Inghilterra solo 800 Km di strade ferrate. Ma piano piano le cose migliorarono fino a che si raggiunsero i 3000 Km nel 1843 e gli 8000 nel 1848.

E' a questo punto importante far notare che vi fu una concomitanza di eventi che si "sostennero" vicendevolmente. Da una parte le ferrovie rendevano facile il viaggio e, per la prima volta, per tutte le classi sociali. Dall'altra permettevano il rapido trasferimento di materie prime alle fabbriche e di merci ai mercati. Ciò comportava una crescita possente dell'industria che, per svariati motivi, diveniva sempre più centralizzata in grandi fabbriche e della quale le ferrovie divennero le arterie.

Anche la ferrovia in sé poté progredire grazie ad altri progressi in campi differenti. Da una parte la creazione di leghe di acciaio sempre più affidabili, ad esempio, per la tenuta delle caldaie e dei cilindri e per la loro resistenza al calore (leghe di acciaio furono studiate e create anche da M. Faraday nel 1822 ma gli acciai speciali ad alta robustezza e resistenza si cominciarono a realizzare a partire dal 1856 quando, il britannico H. Bessemer (1813-1898) inventò il convertitore che porta il suo nome per la produzione, appunto, dell'acciaio ed il tedesco P. Siemens (1826-1904), inventò il forno a rigenerazione per la produzione dell'acciaio). Dall'altra la realizzazione di macchine operatrici e di evolute tecniche di lavorazione permisero la costruzione sempre più accurata di pezzi da utilizzare nella costruzione delle macchine a vapore e delle ferrovie.

Tutta questa euforia non deve trarre in inganno. E' vero che si assisteva ad un cambio rapido del mondo ma ciò comportò violenze inenarrabili su contadini ed artigiani che furono costretti a trasformarsi in operai salariati. Nasceva una nuova classe sociale: il proletariato con totale mancanza di ogni garanzia in ambienti di lavoro, fabbrica e miniera, con impossibili condizioni igienico-sanitarie dove si lavorava (bambini dai sei anni in su e donne incluse) dalle 14 alle 16 ore e financo alle 18 ore al giorno, per un salario di fame (a ciò si deve aggiungere la rapida urbanizzazione con la costruzione di quartieri miserabili, squallidi e malsani dove questi operai erano costretti a vivere). Vi furono alcune ribellioni qua e là ma senza alcun raccordo finché non si iniziarono a creare organizzazioni operaie.

Comunque la produzione industriale britannica crebbe enormemente sbaragliando qualunque concorrenza. La conquista dei mercati internazionali garantì l'afflusso di enormi risorse finanziarie, un tempo acquisite con le conquiste territoriali, risorse che a loro volta videro investimenti in ulteriori fabbriche. Anche qui però sorsero dei problemi. La Gran Bretagna era di gran lunga il massimo produttore mondiale di manufatti e questa condizione fu un freno ad ulteriori investimenti in innovazioni tecnologiche. Ciò, in un tempo neppure troppo lungo, vide l'emergere di altri Paesi che invece non avevano smesso di innovare investendo in scienza e tecnologia (Germania, Francia e Stati Uniti), Paesi che si misero alla testa della produzione mondiale.

Abbiamo già detto che la *Rocket* rappresentò l'inizio dell'affermazione della ferrovia. E non solo in Inghilterra dove, all'epoca, si contavano all'incirca 26 locomotive funzionanti (18 delle quali nelle miniere di carbone) ma anche in Francia e Stati Uniti dove, rispettivamente, erano state esportate 2 e 4 locomotive. In ogni caso, il predominio inglese nel campo delle ferrovie era fuori discussione, anche se iniziavano ad essere prodotte locomotive anche in altri Paesi ed a volte con il trasferimento di ingegneri da un Paese ad un altro. In Belgio Marc Seguin aveva brevettato la caldaia multitubolare prima di Stephenson. Il francese Henry Giffard aveva ideato un sistema per immettere acqua nella caldaia dopo che la macchina era restata ferma per un poco di tempo. Si trattava del sistema degli iniettori che, incomprensibilmente, fu avversato dai costruttori inglesi. Comunque, in Europa si andavano diffondendo locomotive inglesi ed ingegneri inglesi operavano in Germania (la cui prima linea si realizzò tra Norimberga e Furth) ed Austria mentre le ferrovie russe erano gestite da ingegneri statunitensi. Chi faceva da solo in Europa era il Belgio con una delle prime reti ferroviarie continentali per estensione che avevano iniziato ad operare nel 1837 sulla linea Bruxelles-Mechlin. In questo Paese era stata realizzata una locomotiva con un perfezionato sistema di distribuzione, il *Walschaerts*, sistema ancora oggi in uso in molti Paesi del mondo. A parte questi dettagli, intorno alla metà del secolo, attraverso continui perfezionamenti si era arrivati alla struttura fondamentale della locomotiva a vapore che aveva raggiunto ovunque la velocità di circa 95 Km/h.

Negli USA i primi a prestare attenzione alla locomotiva a vapore furono Evans e Stevens. Quel Paese così esteso e di così complesse comunicazioni, mancando anche le strade che in Europa erano state realizzate in secoli di storia, era il luogo ideale dove installare linee ferroviarie, come del resto avvenne, non senza passare attraverso forti contrasti tra interessi differenti. Nel 1825 il colonnello John Stevens realizzò una piccola locomotiva che fece girare in un circuito circolare vicino alla sua casa ad Hoboken (New Jersey), al fine di capire come funzionava il tutto e di interessare la popolazione al fenomeno. Il primo breve tratto di binari, circa 5 Km, negli Stati della Nuova Inghilterra fu costruito tra il 1826 ed il 1827 a Quincy (Massachusetts), vicino al Neponset River. E' noto come il Granite Railway.

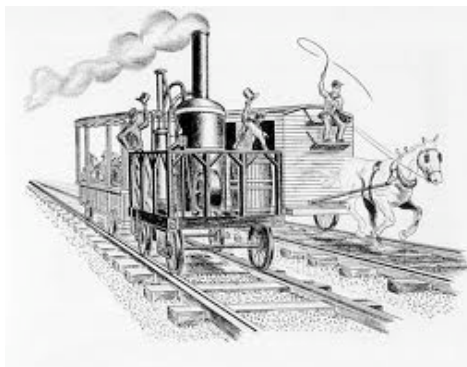


Un tratto della Granite Railway

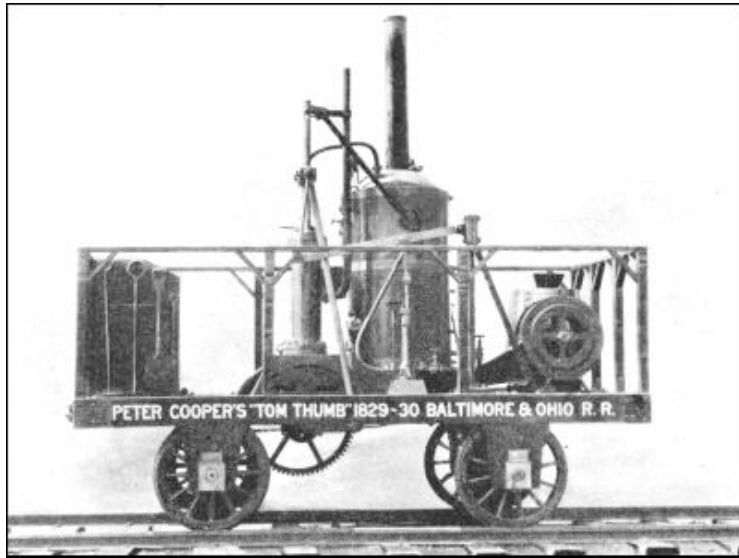


Il traino dei carrelli con cavalli

A questa tratto ne seguirono degli altri, sempre brevi, per collegare miniere di carbone o cave di granito ai terminali di qualche canale dove la materia prima era imbarcata. Non vi era però una trazione meccanica a vapore ma o con cavalli o mediante la semplice caduta per gravità (i carrelli erano trainati in salita da cavalli, quando vi era una discesa erano lasciati discendere per gravità). Furono le notizie provenienti dall'Inghilterra relative ai grandi successi della linea ferroviaria Manchester-Liverpool che eccitarono gli interessi delle compagnie americane. Nel 1830 si provò la prima linea ferroviaria con una piccola macchina sperimentale, la *Tom Thumb* (realizzata dall'imprenditore ed inventore Peter Cooper di New York), a Baltimora per la società Baltimore & Ohio Railroad. Percorse 13 Km in meno di un'ora trainando 36 passeggeri, con una potenza stimata in circa un cavallo vapore. Un costruttore di locomotive, l'inventore, meccanico, politico, avvocato, multimilionario (e associato alla Baltimore & Ohio Railroad) Ross Winans, ne dedusse una chiara superiorità di questa locomotiva statunitense rispetto alla *Rocket* inglese. Con le locomotive di Cooper, scrisse Winans, la strada ferrata sarebbe stata praticabile con sicurezza negli Usa dove il territorio era molto più accidentato che in Gran Bretagna.

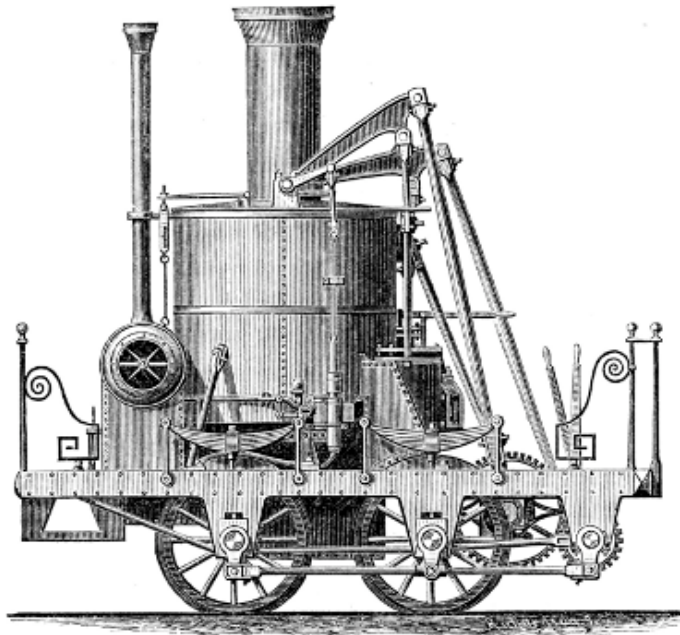


La *Tom Thumb*

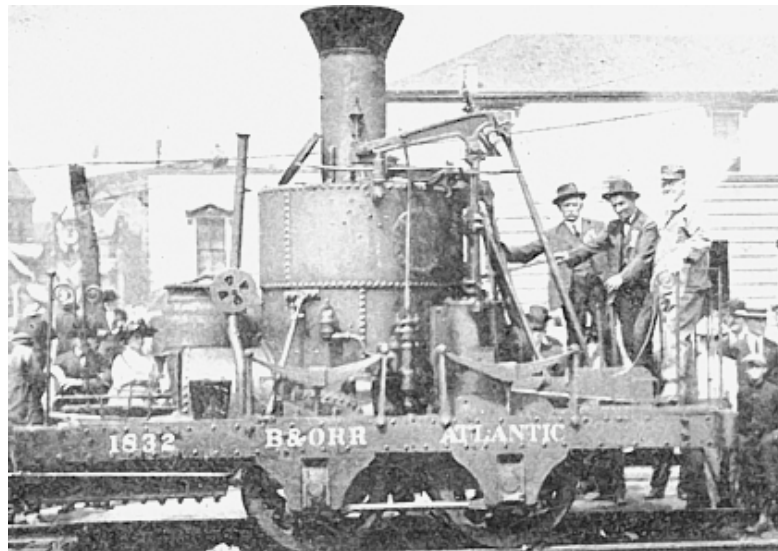


La Tom Thumb

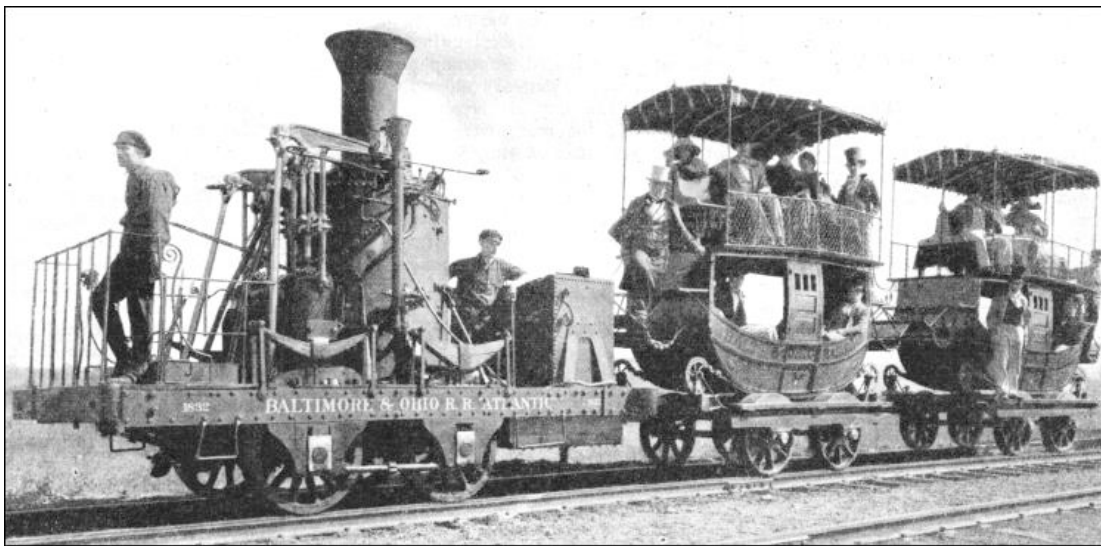
La *Tom Thumb* aveva un boiler verticale ed una trazione simile alla *Novelty* di Liverpool. Durante le prove la locomotiva, che pesava meno di una tonnellata, lavorò a circa un cavallo e mezzo trainando un peso di 4,5 tonnellate. La successiva locomotiva, la *York*, fu costruita da Davis & Gartner. Anch'essa aveva un boiler verticale, era multitubolare, ma molto più grande e, nell'insieme era più complessa tanto da pesare 3,5 tonnellate. Dopo la *York*, nel 1832, fu costruita la *Atlantic* che, come si può vedere, era ben lungi dalle realizzazioni inglesi.



La Atlantic, 1832 (progettata da un assistente di Winans, Phineas Davis)



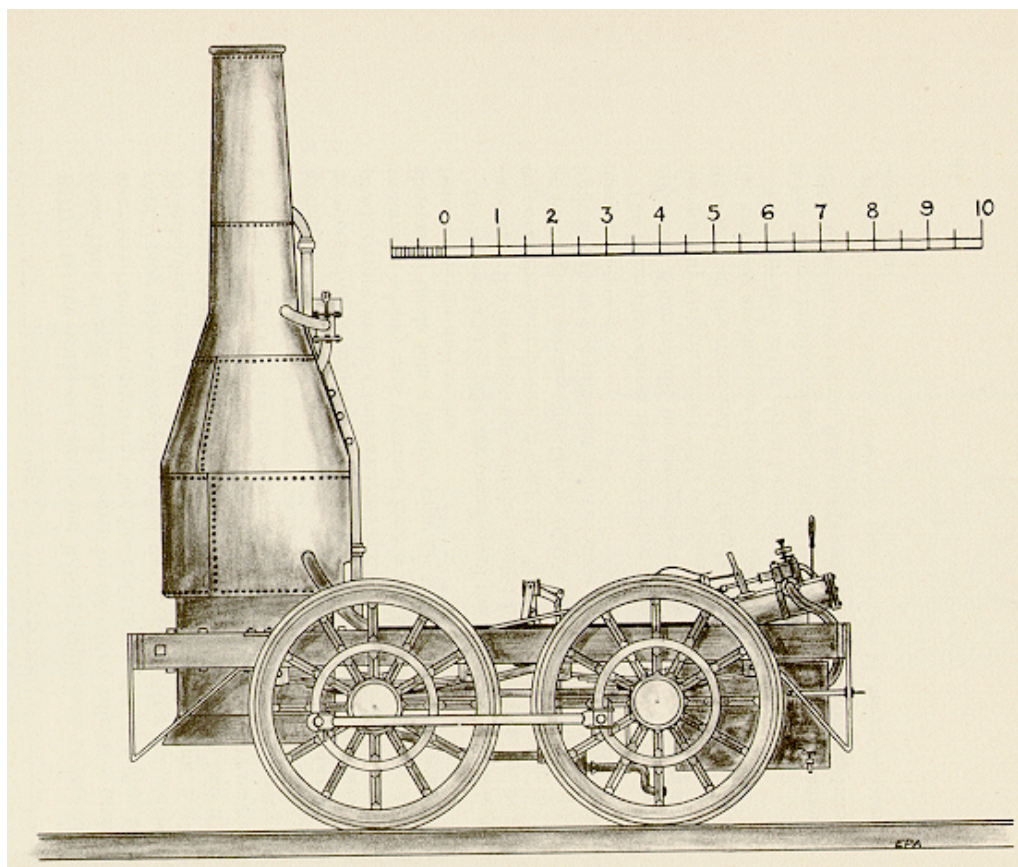
La Atlantic



La Atlantic

Questa locomotiva pesava 6,5 tonnellate, trasportava 50 tonnellate a 65 Km da Baltimora con dislivelli che raggiungevano gli 11 metri, curve con raggio di circa 135 metri e con una velocità oscillante tra i 20 ed i 25 Km/h.

Un altro imprenditore americano, Ezra L. Miller, di ritorno dall'inaugurazione della Manchester-Liverpool, ordinò alle fonderie West Point una locomotiva per la ditta Charleston & Hamburg Railroad, locomotiva che sembra sia stata costruita su progetto dei due ingegneri tedeschi Thomas Dotterer and Christian Detmold e su indicazioni di Miller che riportavano alla *Rocket*. Miller garantiva che questa locomotiva avrebbe trainato tre volte il suo peso ad una velocità di 16 Km/h. La macchina, la *Best Friend*, fu realizzata nel 1830



La Best Friends, 1830



La Best Friends, 1830

La macchina che pesava 4,5 tonnellate, aveva un boiler verticale e tubolare che faceva muovere 4 ruote, tutte della medesima dimensione (poco meno di 1,5 metri di diametro). Durò poco più di 6 mesi prima di essere ritirata perché subì

un'esplosione del boiler a seguito, dicono, di cattive manovre del fuochista.

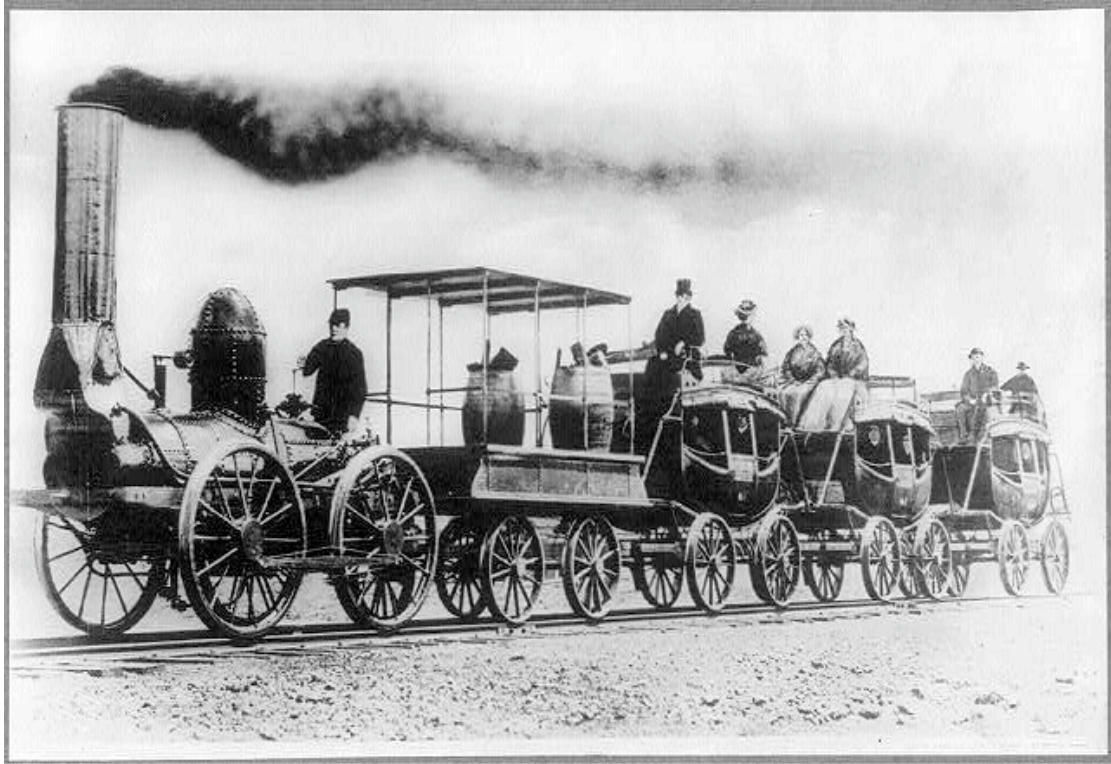
La fonderia West Point costruì un'altra locomotiva, progettata da Horatio Allen, da far entrare subito in funzione sulla stessa strada ferrata. Si trattava della *West Point*.



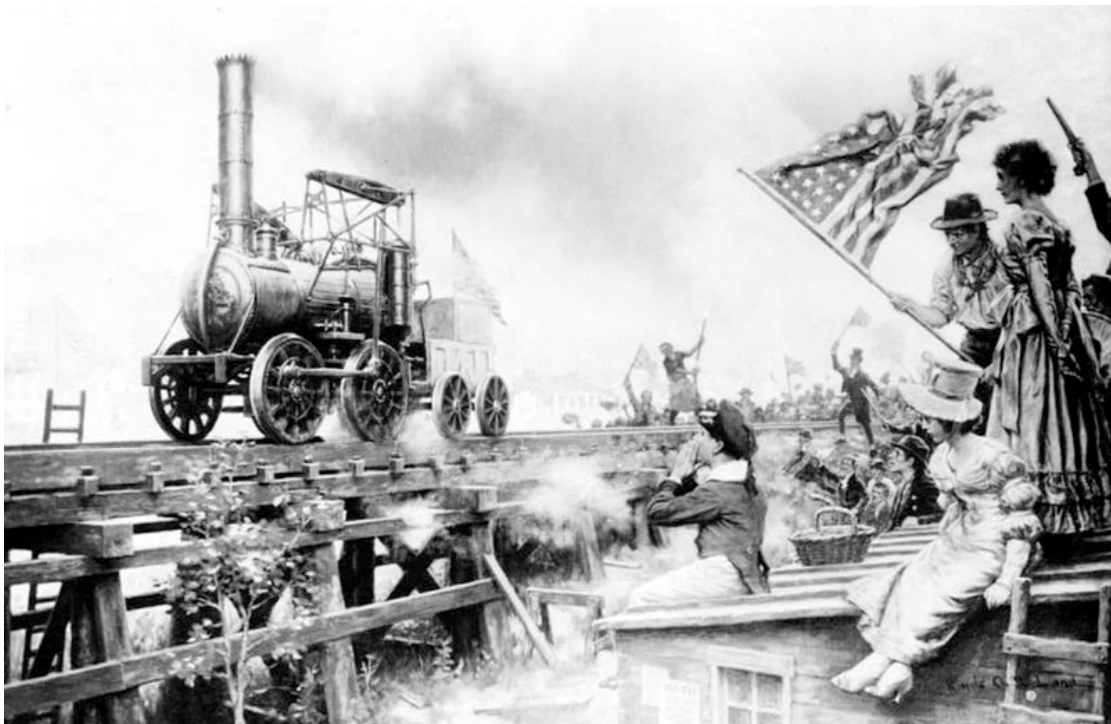
La West Point, 1831.

In questa macchina il boiler è diventato orizzontale, per il resto era del tutto simile alla *Best Friends*.

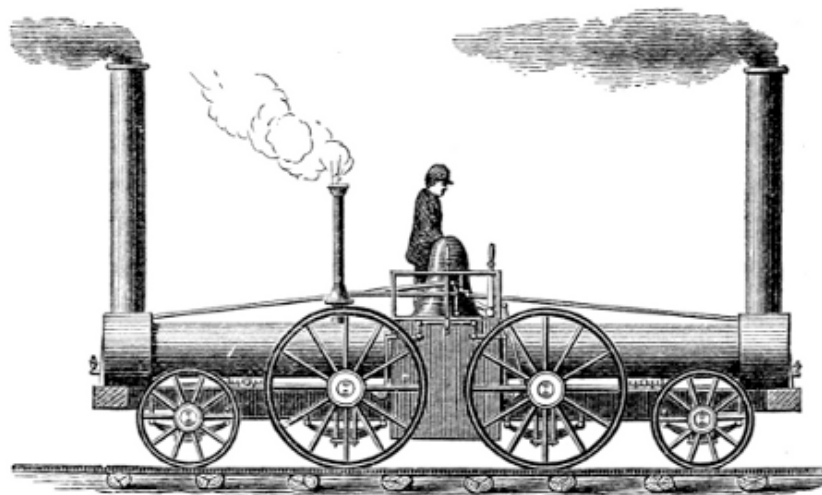
Da qui vari progetti di locomotive si susseguirono come riportato dalle figure seguenti:



La De Witt Clinton, contrattata nel 1831 da John B. Jervis alle fonderie West Point per la Mohawk & Hudson Railroad



La Stourbridge Lion di John B. Jervis e Horatio Allen ideata nel 1829



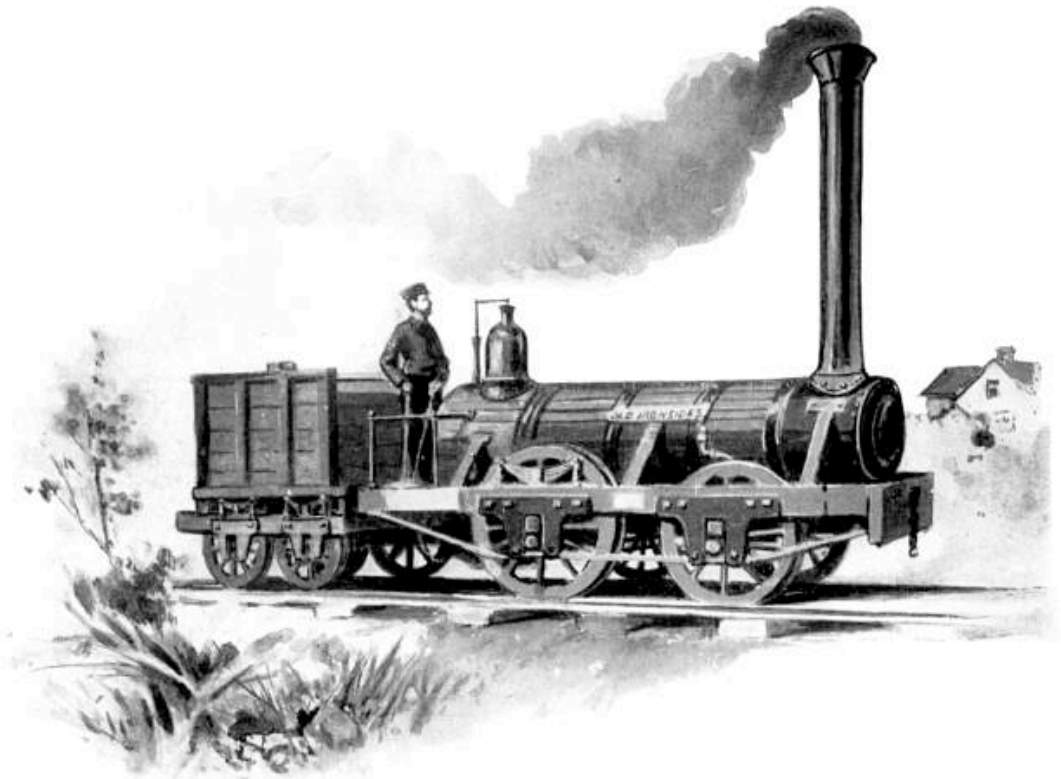
La *South Carolina* progettata da Horatio Allen nel 1831 per la South Carolina Railroad. Era la prima locomotiva ad 8 ruote

Nel 1832 una locomotiva costruita da Davis & Gartner, di York in Pennsylvania, era messa in servizio dalla Baltimore & Ohio road. Il peso della macchina era di 3,5 tonnellate e trainava usualmente 4 carrozze del peso di 14 tonnellate nel tragitto di 20 Km tra Baltimora & Ellicott's Mills ad una velocità di 45 Km/h.

E siamo giunti all'epoca in cui nasceva la locomotiva caratteristica degli USA, una macchina con un "balconcino" situato alla fine del boiler. Si tratta della *American 1*, costruita nel 1832 dalle fonderie West Point da progetti forniti dal capo ingegnere John B. Jervis per la compagnia Mohawk & Hudson Railroad. Le carrozze passeggeri erano dotate di sedili girevoli che aveva realizzato Ross Winans nel 1831. Come testimoniò l'ingegner Matthew si viaggiava veloci e comodi. La velocità raggiunta in un singolo miglio (16000 metri circa) era anche di 130 Km/h e la velocità media sull'intero percorso era di circa un miglio al minuto. Una macchina simile fu subito realizzata da Robert Stephenson & Co. (a partire dai progetti di Jervis) ed utilizzata sullo stesso tragitto (1833). In ambedue le macchine le ruote motrici erano dietro il focolare.

Resta da dire che le macchine statunitensi erano alimentate da carbone antracite mentre quelle inglesi da carbone bituminoso⁽⁶⁾.

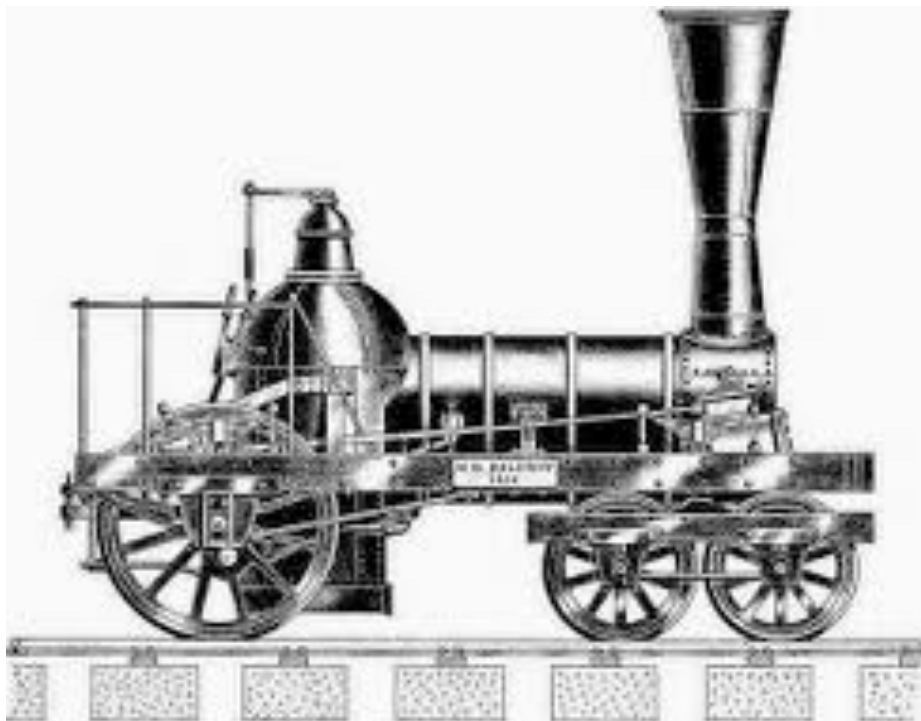
Locomotive successive alla *American 1* sono dovute a vari progetti di differenti ingegneri, tra cui Robert L. Stevens di Hoboken, Matthias W. Baldwin e William Norris, ambedue di Philadelphia.



"OLD IRONSIDES,"

The famous first locomotive built by M. W. Baldwin, founder of the greatest locomotive works in the world.

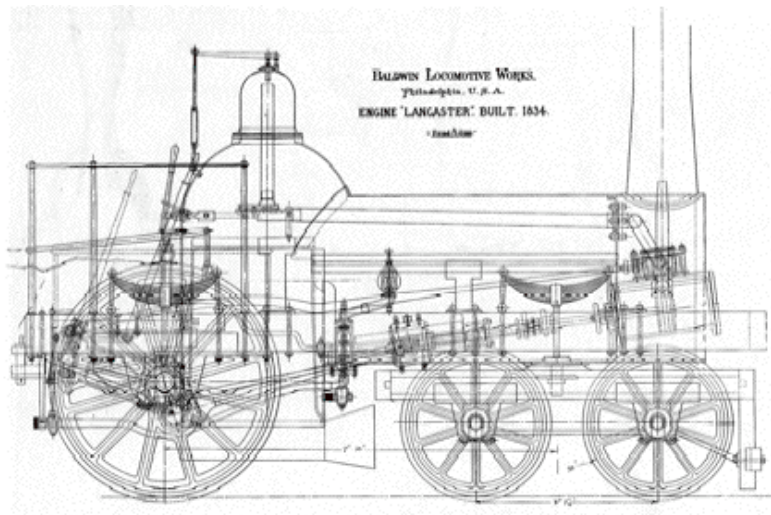
La Old Ironsides, 1832.



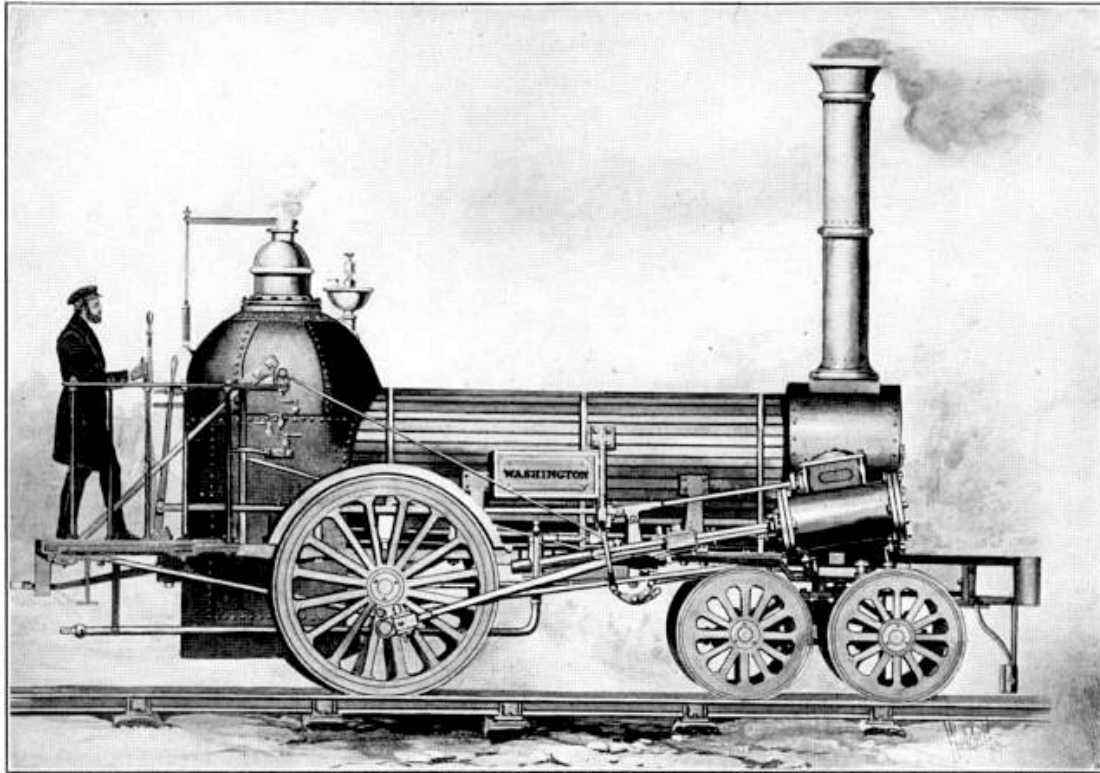
La E. L. Miller, 1834.



La Lancaster, 1834



La Lancaster



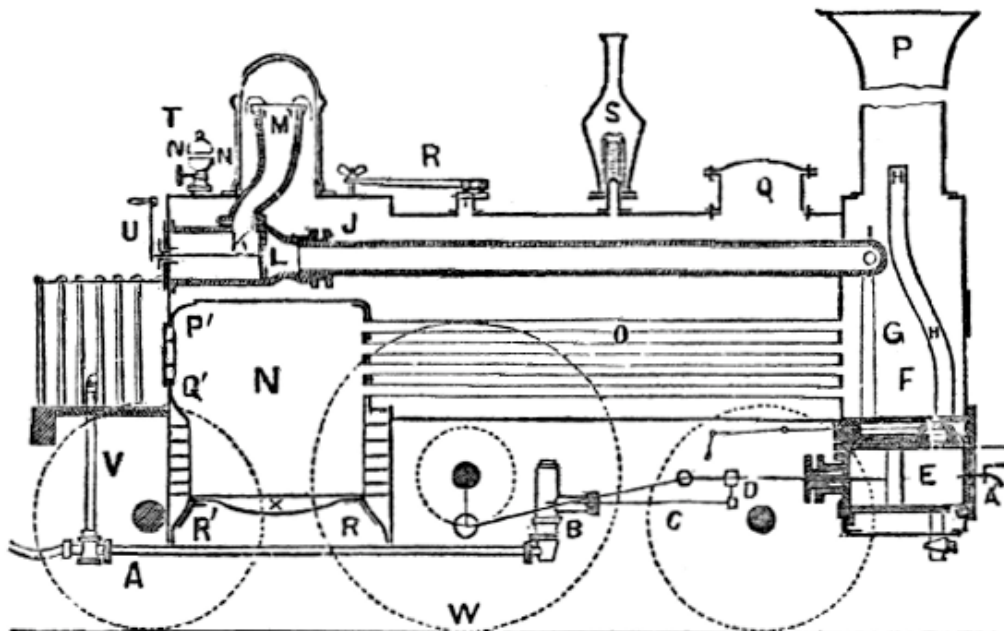
THE "WASHINGTON,"

Norris' famous engine which, in 1836, created a tremendous sensation by showing that locomotives could run up grade.

La Washington, 1836

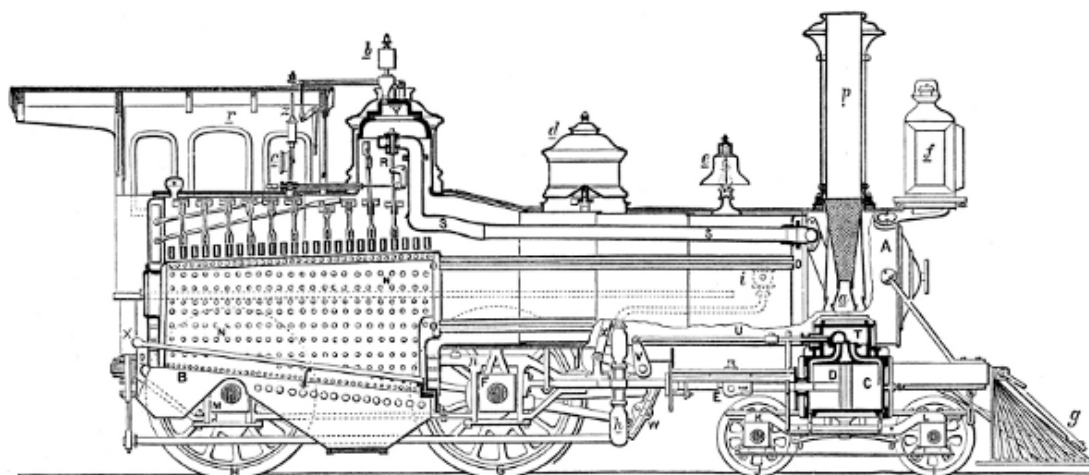
Ed è ormai inutile seguire elencando locomotive perché, da qui, si trattava solo di continuare a migliorare e perfezionare sia nel senso della potenza, che in quello delle capacità di trasporto e di velocità. Occorre comunque ricordare che a partire dalla seconda metà del secolo i cambiamenti nelle locomotive riguardarono soprattutto le dimensioni che crebbero di molto. Questo cambiamento ne comportò altri nelle ruote motrici. In Italia comparvero locomotive a sei carrelli accoppiati (1884). In Inghilterra si iniziarono ad utilizzare carrelli a quattro ruote con ruote motrici accoppiate (1859). L'introduzione di un eccellente freno, realizzato da Westinghouse e introdotto negli USA nel 1868, permise di costruire locomotive ancora più grandi⁽⁷⁾. Altra questione in ballo era quella dei binari: la sostituzione dei binari in ferro con quelli in acciaio ne prolungò la vita di 5 volte.

In Gran Bretagna, nella seconda metà del secolo, le locomotive assunsero una forma e delle proporzioni come mostrato nella figura seguente:

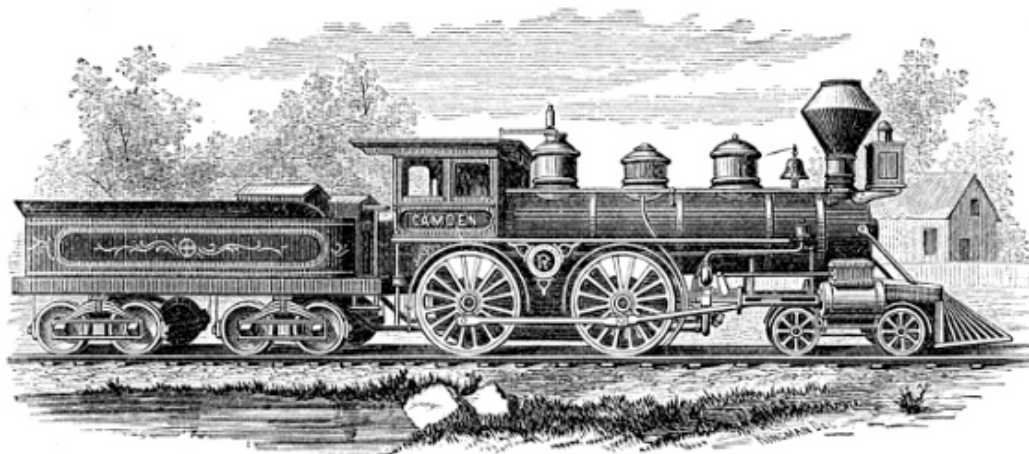


Sezione della *British Express*

Negli Stati Uniti le cose erano del tutto simili e si era arrivati alla *Baldwin* e quindi all'*American Type* (la classica locomotiva americana).

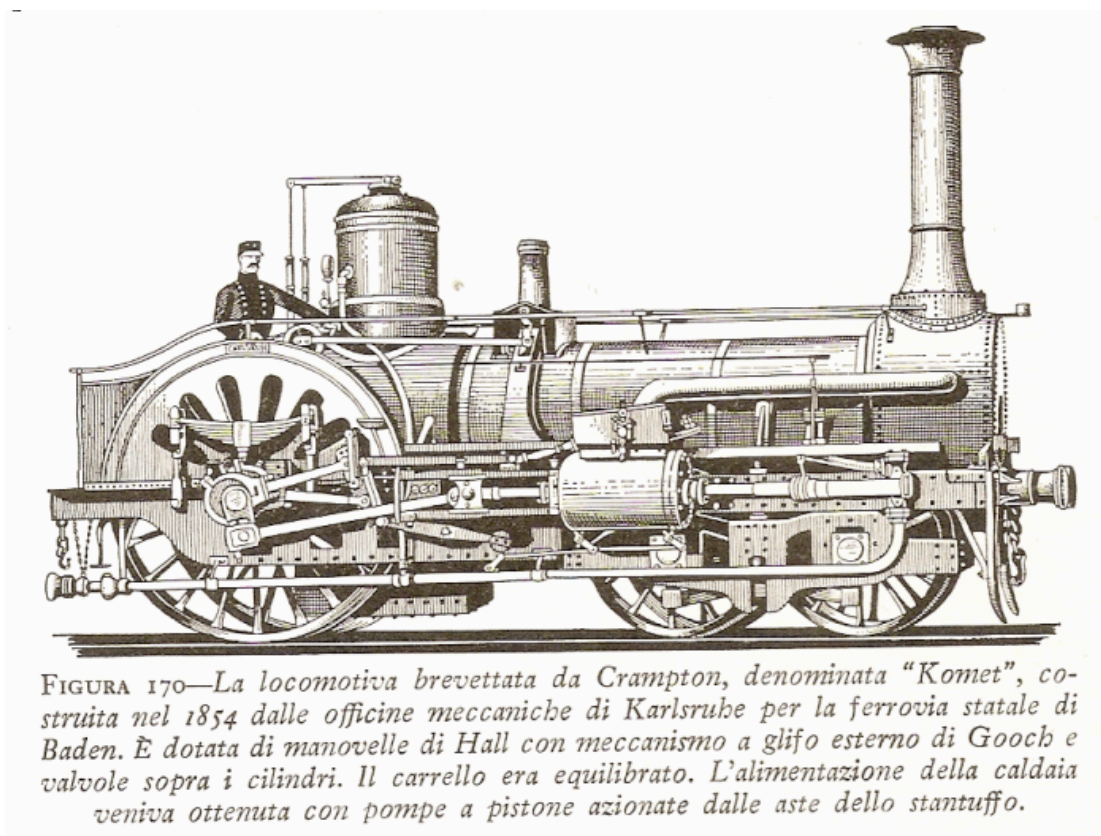


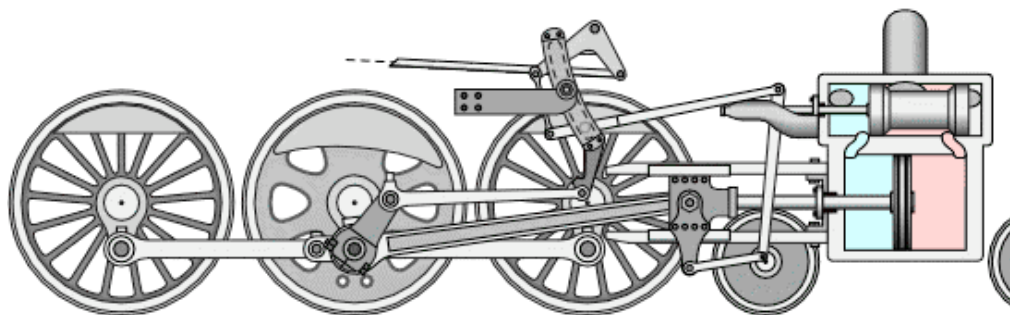
Sezione della locomotiva *Baldwin* che, come tutte le locomotive americane di questa seconda metà dell'Ottocento, era dotata del caratteristico balconcino sovrastante la parte terminale della macchina a vapore ed era la cabina in cui operavano il conduttore ed il fuochista. In queste macchine vi era molta attenzione a distribuire equamente i pesi sugli assi delle ruote motrici. Non compare in questa figura ma nella successiva il caratteristico carrello dentro cui veniva immagazzinato il carbone.



L'American Type, 1878

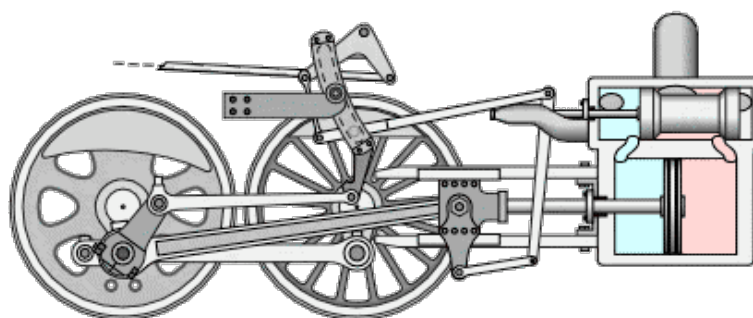
Prima di passare ad altro argomento va ricordato che la Germania, prima della sua unificazione (1870), aveva fatto passi da gigante e, utilizzando ingegneri britannici come Crampton, Joseph Hall Haswell ed altri, si era messa praticamente alla pari con Gran Bretagna, Usa e Francia. E' del 1853 la locomotiva *Komet*, progettata da Crampton ed entrata in servizio nelle ferrovie del Baden. Contrariamente che in Gran Bretagna, in Germania si affrontavano strade nuove e le locomotive tedesche iniziarono a montare un cassetto di distribuzione di nuova concezione, quello ideato dall'ingegnere belga Égide Walschaerts (il moto eccentrico è derivato da una manovella di inversione all'esterno della manovella e della testa di biella della ruota motrice). Tale cassetto, osteggiato per molti anni in Gran Bretagna, è quello che fu poi utilizzato in quasi tutto il mondo.





Cassetto di distribuzione Walschaerts

┐



Il precedente cassetto di distribuzione mentre la locomotiva fa retromarcia

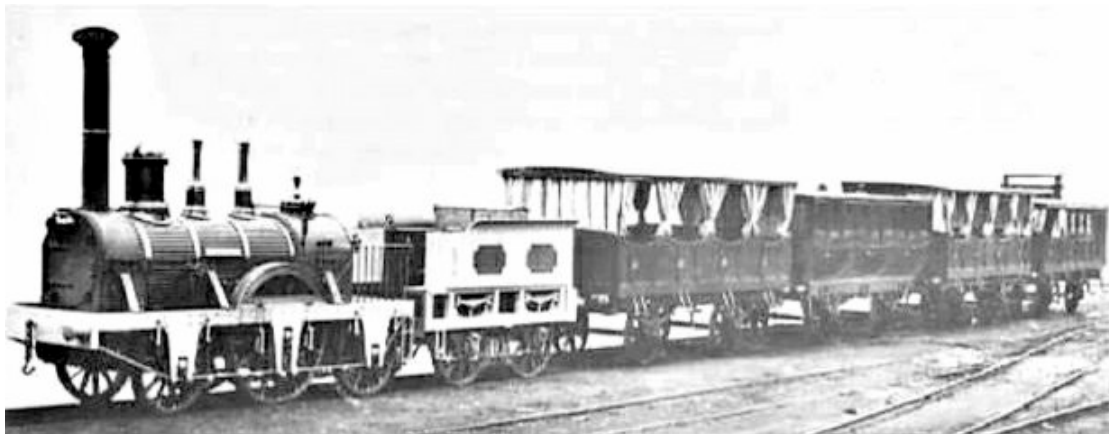
A questo punto serve dare un cenno allo sviluppo delle ferrovie in Italia. La prima ferrovia per usi turistici e ricreativi (sic!) fu quella, a doppio binario, che collegò Napoli a Portici (7,5 Km) nel Regno delle due Sicilie e fu progettata dal francese Armand Bayard de la Vingtrie nel 1836. La locomotiva, costruita sul modello di quelle degli Stephenson, fu costruita in Inghilterra da Longridge & Co. di Newcastle pesava 13 tonnellate e sviluppava una potenza di 65 CV alla velocità di 50 km/ora. La prima tratta dell'intera linea, la Napoli-Portici appunto, fu inaugurata nel 1839. Nel 1842 veniva inaugurato il tronco successivo fino a Castellammare e due anni dopo, nel 1844, la diramazione per Pompei, Angri, Pagani e Nocera Inferiore. Nel 1846 Bayard otteneva la concessione anche per il prolungamento su San Severino e Avellino.



Inaugurazione della Napoli-Portici (quadro di Salvatore Fergola)



Inaugurazione della Napoli-Portici (quadro di Salvatore Fergola)



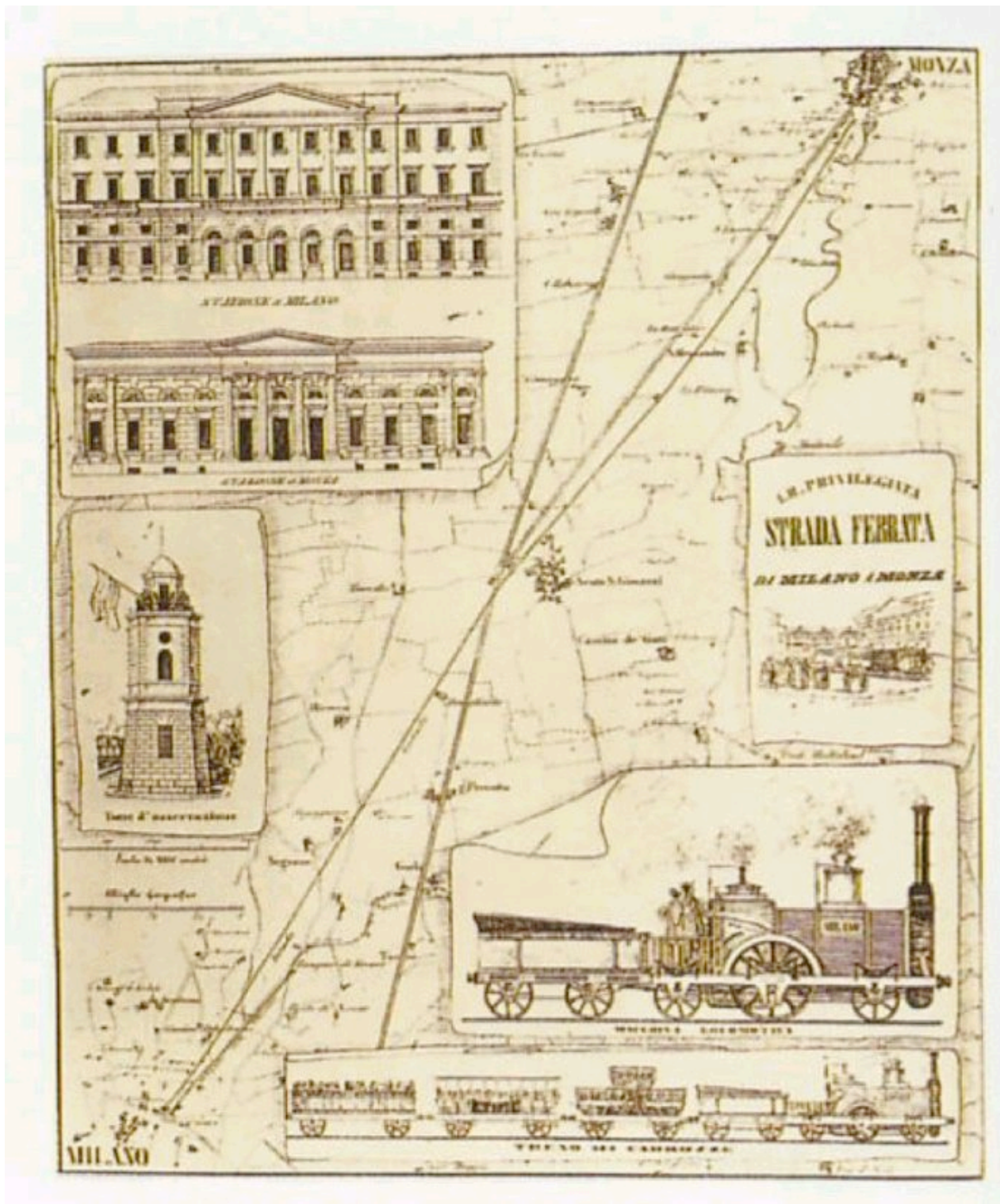
Il treno della Napoli-Portici



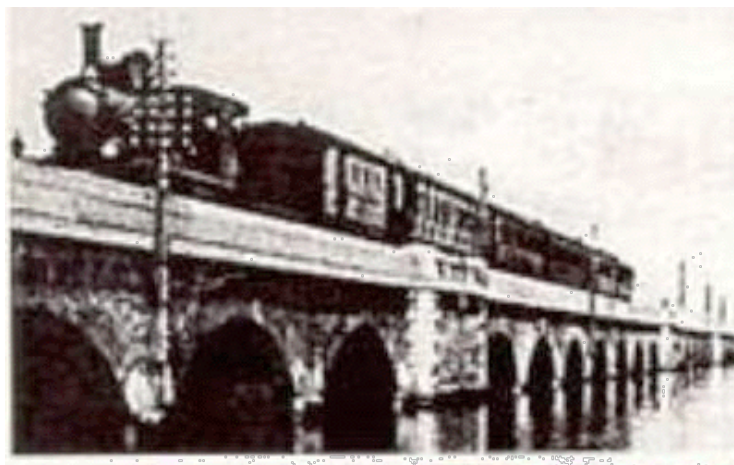
La locomotiva della Napoli-Portici

Seguì, nel 1840 e nel Lombardo-Veneto, la linea Milano-Monza (12 Km). Nel 1841 il governo austriaco dette il via

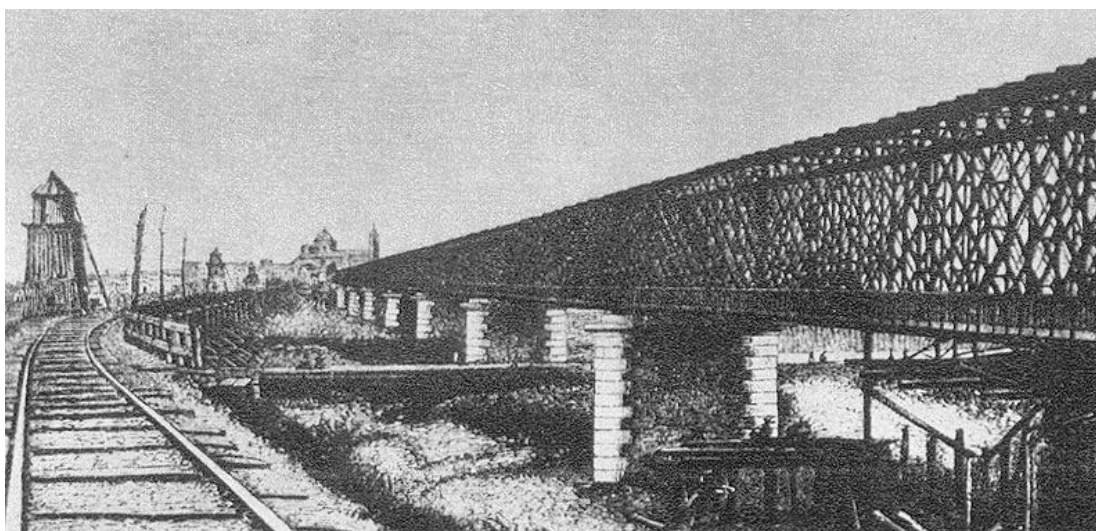
alla costruzione della linea Venezia-Milano: nel 1842 venne aperto il tratto Padova-Mestre (29 Km); nel 1846 il tratto Milano-Treviglio (32 Km), il tratto Padova-Vicenza (30 Km) e fu costruito il lungo ponte sulla laguna di Venezia e così via fino al 1860. Dal 1842 quasi tutti gli staterelli italiani dettero il via alla loro linea ferroviaria, per lo più per ragioni di prestigio. Buon ultimo lo Stato Pontificio con un Pio IX entusiasta del divertimento provato sulla linea Napoli-Portici l'8 settembre 1849. Nel 1856 fece realizzare la Roma-Frascati, luogo di riposo quest'ultimo delle estenuanti fatiche delle gerarchie della Chiesa. Seguì nel 1859 la Roma-Civitavecchia che collegava Roma con il suo porto. Nello stesso anno venne la linea Roma-Ancona, chiamata "Pio centrale" in onore di tanto Papa che Garibaldi valutò in un metro cubo di letame (al momento dell'Unità lo Stato Pontificio aveva realizzato 100 Km di ferrovie e ne aveva lasciati 300 Km in costruzione; il Piemonte aveva circa 800 Km di ferrovie; il Lombardo-Veneto 520; la Toscana 320; il Regno delle due Sicilie 100, come lo Stato Pontificio;). Ma già era nata l'Italia unita e le competenze sulle ferrovie, estremamente complesse per raccordare varie entità con scartamenti differenti, tecnologie varie e per buon peso con una orografia estremamente difficile, passarono allo Stato italiano.



La Milano-Monza con, in alto, la stazione di Porta Nuova.



Il ponte sulla laguna di Venezia



Il ponte sul Po inaugurato nel 1865 dallo Stato italiano

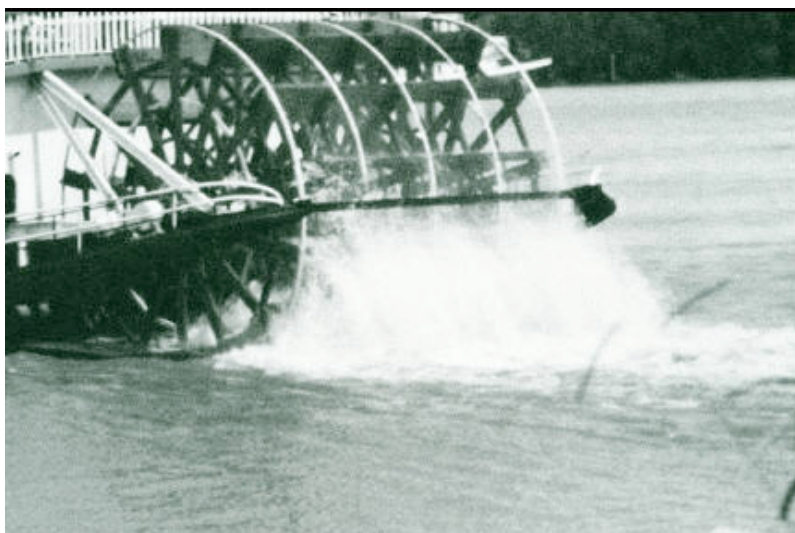
Ma torniamo al vapore sulle navi perché c'è da discutere l'introduzione dell'elica.

NAVI AD ELICA

Intorno alla metà del secolo, su navi che dovessero affrontare la traversata atlantica, restava il problema della macchina a vapore, se essa dovesse lavorare ad alta o bassa pressione. E la questione era connessa all'espansione del vapore, se esso dovesse espandersi in uno o più cilindri. Si arrivò a macchine che avevano due cilindri, uno dove si potesse espandere il vapore ad alta pressione e l'altro dove potesse espandersi il vapore che, dopo la prima espansione, era a bassa pressione. I cilindri, che potevano diventare quattro, due per l'alta e due per la bassa pressione, erano ambedue connessi allo stesso albero motore. Questo arrangiamento che utilizzava simultaneamente alta e bassa pressione su un'unica macchina (il vapore ad alta pressione, dopo aver fatto lavoro, perde pressione anche se è ancora in grado di compiere lavoro e quindi, invece di scaricarlo, si capì che era meglio utilizzarlo in un cilindro adatto allo scopo), fece pensare alla possibilità di usare simultaneamente due macchine, una per l'alta e l'altra per la bassa pressione. E la cosa venne realizzata con successo (anche se con ritardo a seguito di antiquati mezzi di costruzione delle navi medesime), solo nei lunghi viaggi come i transatlantici, risparmiando non solo sul costo del carbone (ne occorreva meno) ma anche sul costo che comporta il suo stivaggio (meno carico). Un calcolo approssimato dava, con le due macchine, un risparmio di 1/4 di sterlina per cavallo ogni ora. Ciò, su un grande transatlantico, comportava un risparmio di 100 tonnellate di carbone e quello dello spazio che il medesimo carbone liberava per altri carichi. Alcune difficoltà si incontrarono in dei solfati che si depositavano nella caldaia quando era ad alta pressione ma presto si scoprì che il rimedio era di pompare nella caldaia sufficiente acqua di

mare per prevenire quel deposito che era conseguenza di una soluzione soprasatura. Ma questo rimedio comportò, a sua volta, altri problemi nel condensatore (che era piuttosto complesso tanto che si ebbero seri problemi per trovare dei tecnici che se ne occupassero in navigazione). La soluzione di questi problemi rese più praticabile l'alta pressione nelle macchine composte. E la riprova la si ha da quanto l'Ammiragliato comunicò: le macchine composte possono utilmente essere usate in navi da guerra.

Per un lungo periodo non si discuteva del come trasferire la potenza dalla macchina a vapore all'acqua. Sembrava naturale utilizzare ruote a pale con l'unica alternativa della posizione che dovessero assumere nella nave stessa: lateralmente o posteriormente.



La ruota a pale posteriore

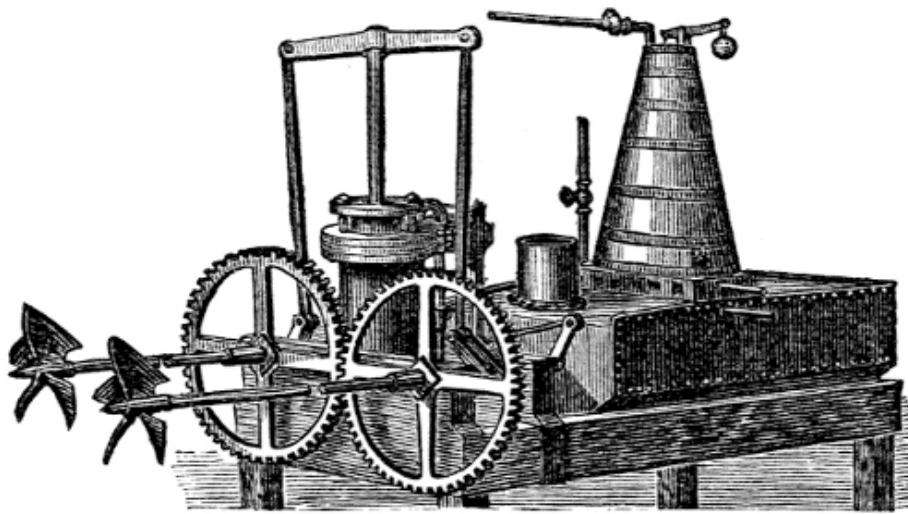


Una delle classiche navi (showboat), la *J.S. De Luxe* (seconda metà Ottocento), mossa con la ruota a pale laterale lungo il Mississippi

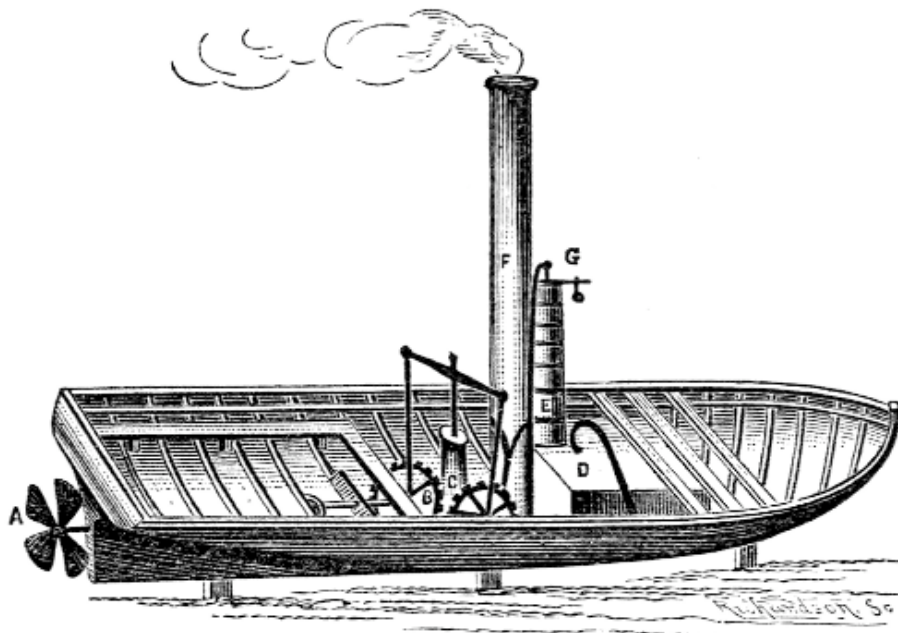
A parte i teorici classici della scienza come Daniel Bernouilli che aveva pensato ad eliche per generare moto, lo stesso Watt propose un'elica per la propulsione nel 1770. Il primo brevetto inglese in proposito è addirittura del 1775 (Samuel Miller). Il già citato Fitch fece degli esperimenti in proposito a New York nel 1796. Anche John Stevens propose la propulsione ad elica per battelli. Altri, intorno al 1800, pensarono ad eliche per muovere con la forza muscolare umana dei marchingegni anfibi e non solo.



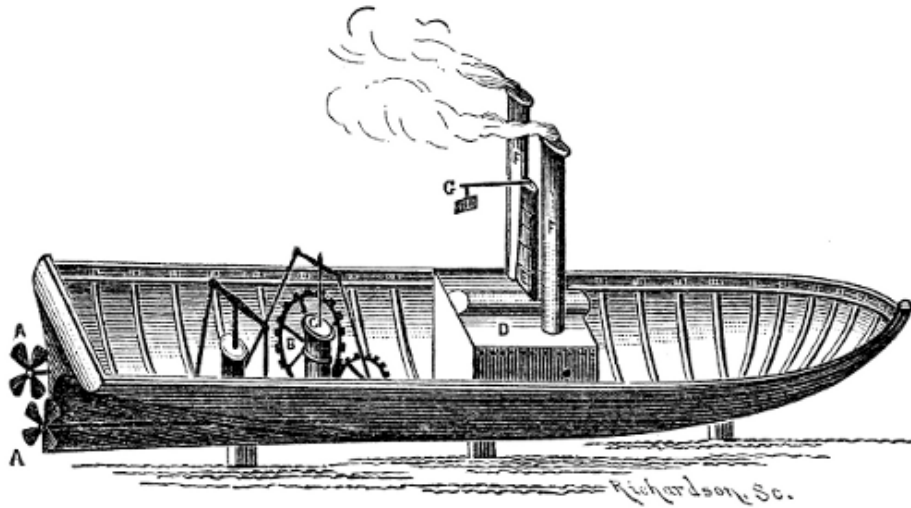
Macchina sottomarina mossa da eliche a mano



Macchina a vapore, boiler, e sistema ad elica utilizzato da Stevens, 1804.



L'apparato precedente montato su una barca, 1804



Apparato a due eliche di Stevens, 1805

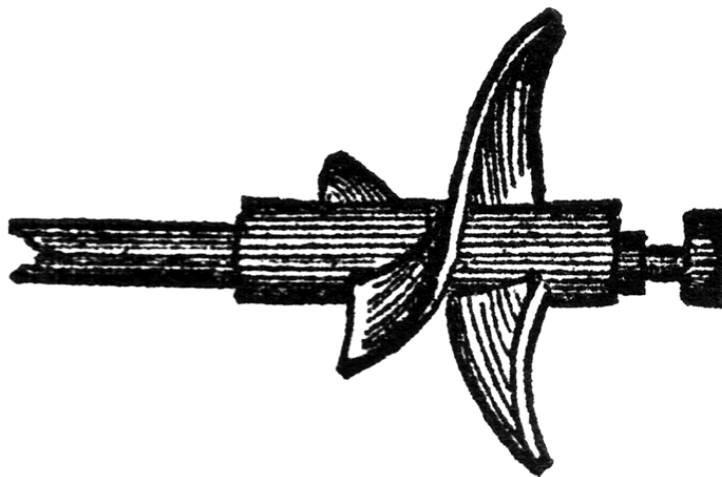
Sempre nel 1800 il britannico Edward Shorter brevettò un'elica a pale, ispirata ai mulini a vento e pensata appunto per il fine citato.



Elica a pale di Edward Shorter

La cosa rimase lì e nessuno se ne occupò anche perché trovò l'opposizione della Marina Militare di Sua Maestà.

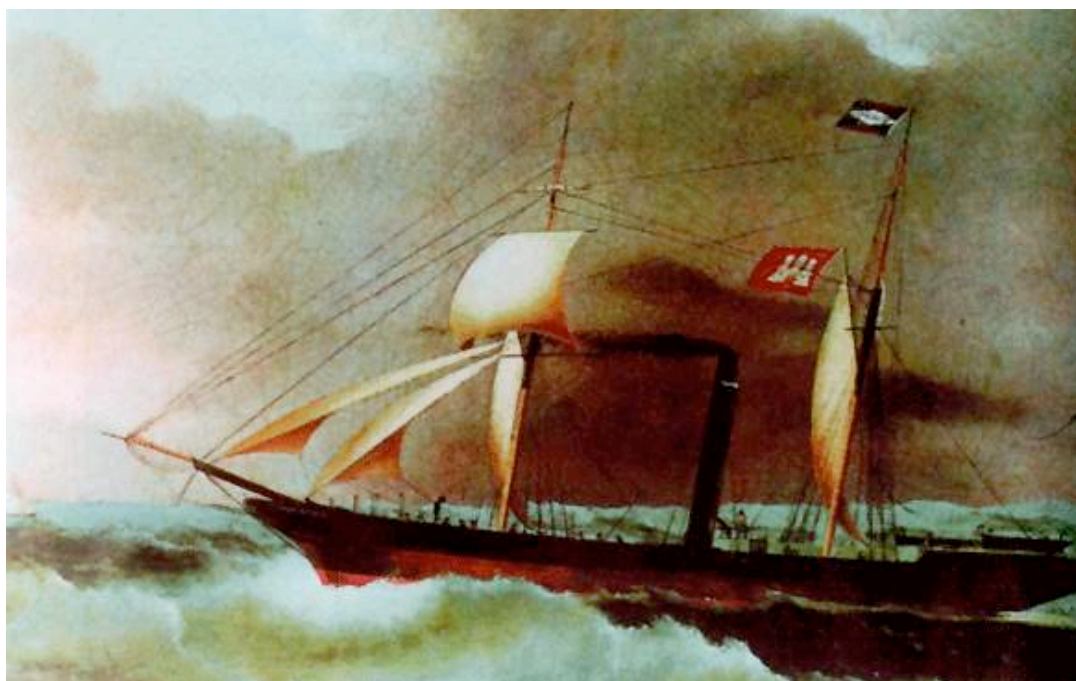
Nel 1826 vi fu un altro brevetto, questa volta dell'austro-ungarico, Joseph Ressel, sempre di un'elica ma a vite.



Si tentò una realizzazione pratica di un tale brevetto fatta nel porto di Trieste nel 1827. La cosa non ebbe successo e fu accantonata.

L'idea fu ripresa in Gran Bretagna nel 1836 da Francis Pettit Smith che sperimentò la propulsione a vapore prima con un'elica a vite e quindi con quella a pale, ambedue in legno. I primi esperimenti sembrarono disastrosi perché l'elica "si consumava" e si riduceva rapidamente alla metà. La sorpresa derivava dal fatto che al ridursi del diametro dell'elica il battello marciava più veloce. Da questo momento iniziò la penetrazione dell'elica nella navigazione a vapore (in nota 2 si potrà apprezzare che la *Great Eastern* del 1853 era spinta oltreché da due ruote a pale sui due lati, anche da un'elica).

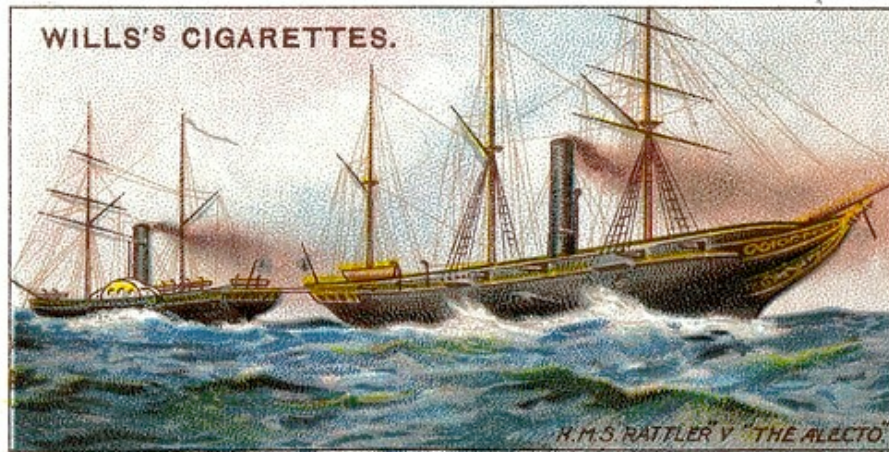
La prima imbarcazione a vapore che sperimentò l'elica fu l'*Archimedes* nel 1838.



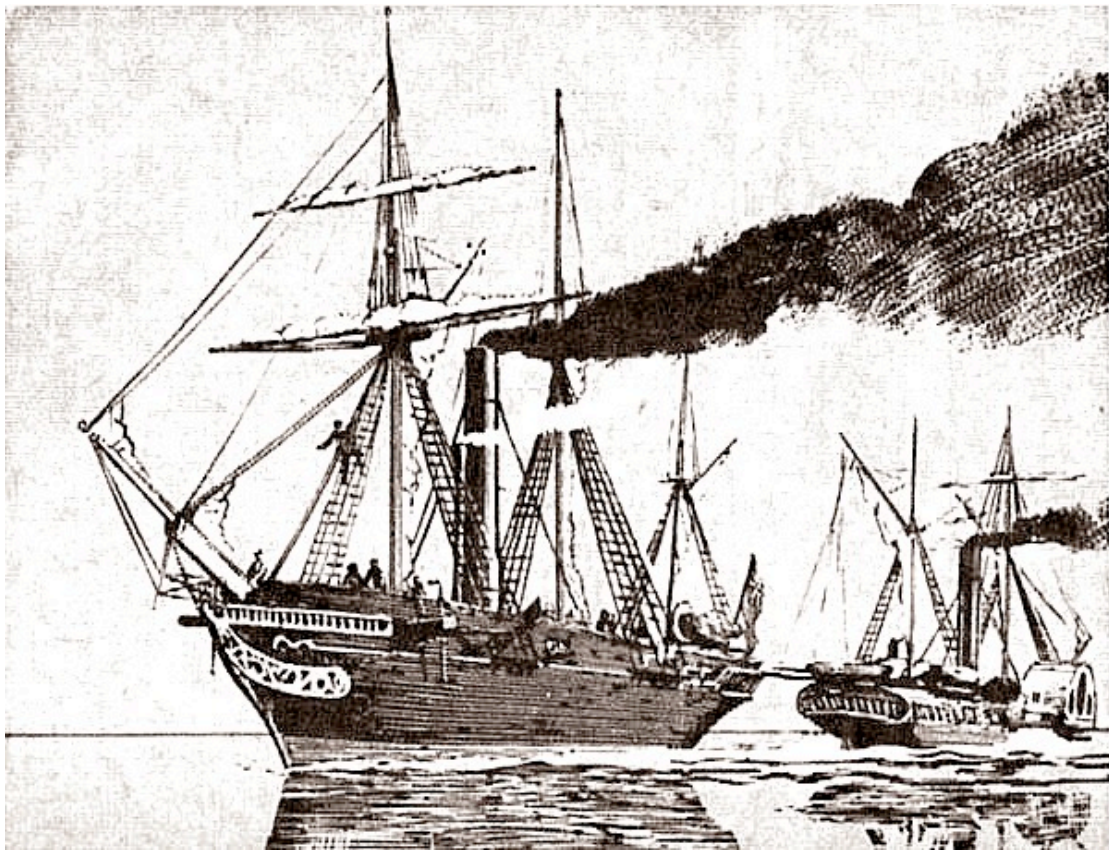
L'*Archimedes* di 235 tonnellate

La nave mostrò che l'elica era una soluzione vantaggiosa per la navigazione tanto che l'Ammiragliato Britannico nel 1843 commissionò una sua imbarcazione da guerra ad elica, il *Rattler* di 880 tonnellate e con una macchina a vapore da 200 cavalli. Nel 1845, in una gara di questa nave a propulsione con la *Alecto* a propulsione con ruota a pale e con identiche caratteristiche di peso e potenza, la *Rattler* mostrò la sua superiorità: su una distanza di 80 miglia, arrivò circa 25 minuti prima. Poiché era una gara tra navi da guerra si mostrò anche la maggiore vulnerabilità della ruota a pale che poteva essere facilmente colpita immobilizzando la nave. Questo problema aveva carattere più generale per le navi da guerra. Era tutta la macchina che generava il moto che doveva essere sistemata sotto la linea di galleggiamento ed in tal senso la propulsione ad elica con la sua azione sotto acqua, richiedeva la progettazione di macchine che avessero l'asse e quindi lavorassero sotto la linea di galleggiamento (fatto che, tra l'altro, garantiva anche una maggiore stabilità statica della nave). La prima

nave che risolse questi problemi fu la nave da guerra statunitense *Princeton* progettata da John Ericsson nel 1842.

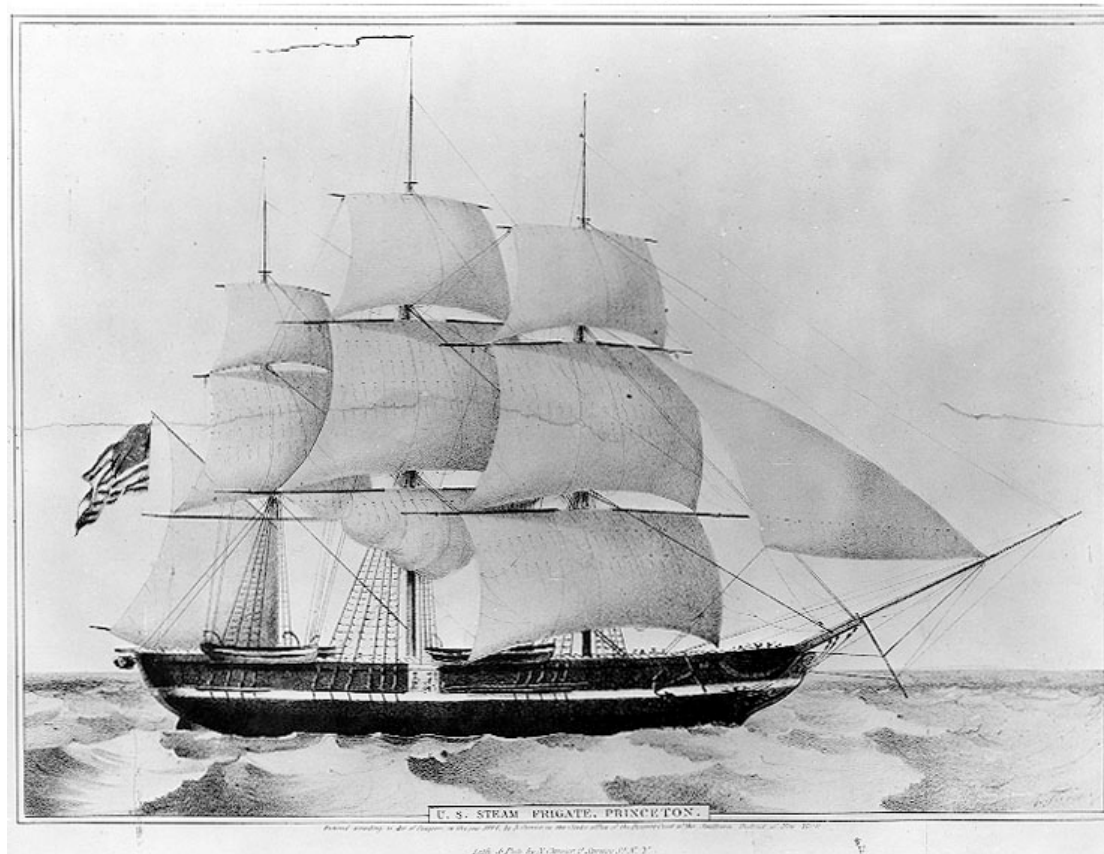


La *Rattler* (in primo piano) e la *Alecto* (mossa con ruota a pale) ambedue di 880 tonnellate.



La Rattler e la Alecto

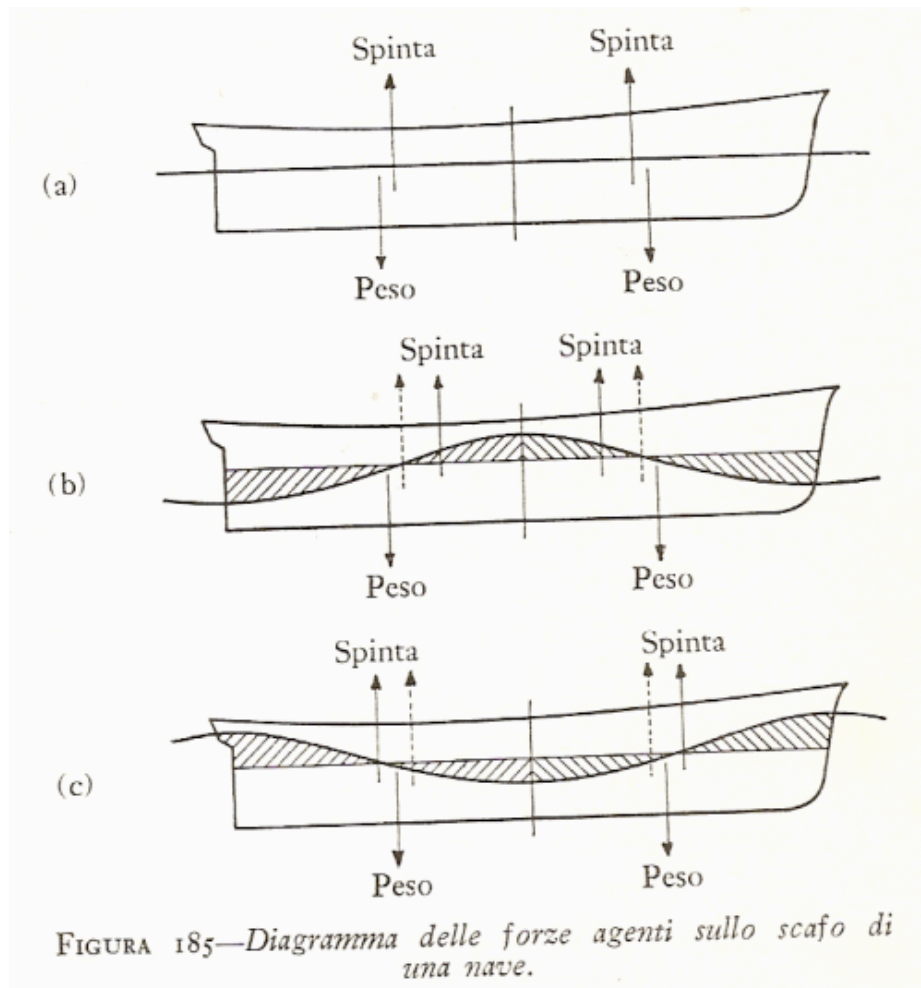
Photo # NH 42371 USS Princeton, lithograph by N. Currier



La Princeton

Era stato dimostrato che l'elica forniva prestazioni migliori rispetto alla ruota a pale. Ma con l'elica si ponevano problemi nuovi per la macchina a vapore. Ora le velocità di rotazione fornite dalla macchina dovevano essere molto maggiori ed anche la sistemazione dell'asse di rotazione doveva essere spostata più in basso. Tali macchine non erano disponibili ed in attesa di progetti (che tardarono una decina di anni) si ricorse ad ingranaggi, connessi con ruote dentate, catene articolate, funi, che moltiplicassero la velocità.

La prima spettacolare applicazione dell'elica su grandi navi avvenne nel 1843 su una nave di concezione completamente nuova, la *Great Britain* progettata da Isambard Kingdom Brunel⁽⁸⁾. Si trattava, all'epoca, della più grande nave a vapore costruita al mondo (era lunga 98 metri e pesava 3675 tonnellate) ma la novità stava nel suo essere costruita in ferro (materiale che divenne acciaio sul finire del secolo). Quindi nasceva l'accoppiata ferro-elica e l'evento era clamoroso ed ebbe anche molte critiche ma, da quel momento, il ferro e l'elica andarono via via a sostituire il legno e le ruote a pale. La novità fu anche rivoluzionaria da un punto di vista economico. Intorno al 1840, infatti, a seguito della gran quantità di laghi, fiumi e canali la quantità di navi americane e canadesi superava in tonnellaggio quelle britanniche con la conseguenza che oltre la metà delle navi mondiali si costruivano da quelle parti. Le navi erano di legno e sui prezzi di questa materia prima non vi era possibile concorrenza tra Gran Bretagna ed America. L'introduzione delle costruzioni in ferro ribaltò in breve tempo la situazione e negli anni che vanno dal 1892 al 1894 ben oltre l'80% delle navi, soprattutto mercantili, erano costruite in Gran Bretagna. Le navi in ferro ebbero una ulteriore ricaduta perché erano meno umide di quelle in legno nelle loro stive, tanto da poter trasportare lana e granaglie senza imballaggi. L'uso del ferro permise di sottoporre a trattamento teorico la costruzione della nave, precedentemente in gran parte artigiana ed empirica. Mentre con la nave in legno si era valutato, appunto empiricamente, che non avrebbe potuto essere più lunga di 90 metri, a seguito degli sforzi di inarcamento verso l'alto o il basso che la zona centrale soffriva per effetto delle onde, la nave in ferro permetteva uno studio preciso su ogni dimensione e travatura necessaria e su questi problemi si impegnarono il fior fiore degli scienziati ed ingegneri del tempo, tra cui il famoso professore di Glasgow W. J. M. Rankine.



Da notare che quando si passò all'acciaio il peso delle navi discese di molto perché gli spessori delle lastre potevano diminuire per dare la medesima resistenza. Fu comunque una battaglia dura contro chi si impegnavano a costruire navi in ferro con la stessa tecnologia con cui si costruivano quelle in legno, creando degli ibridi poco affidabili.

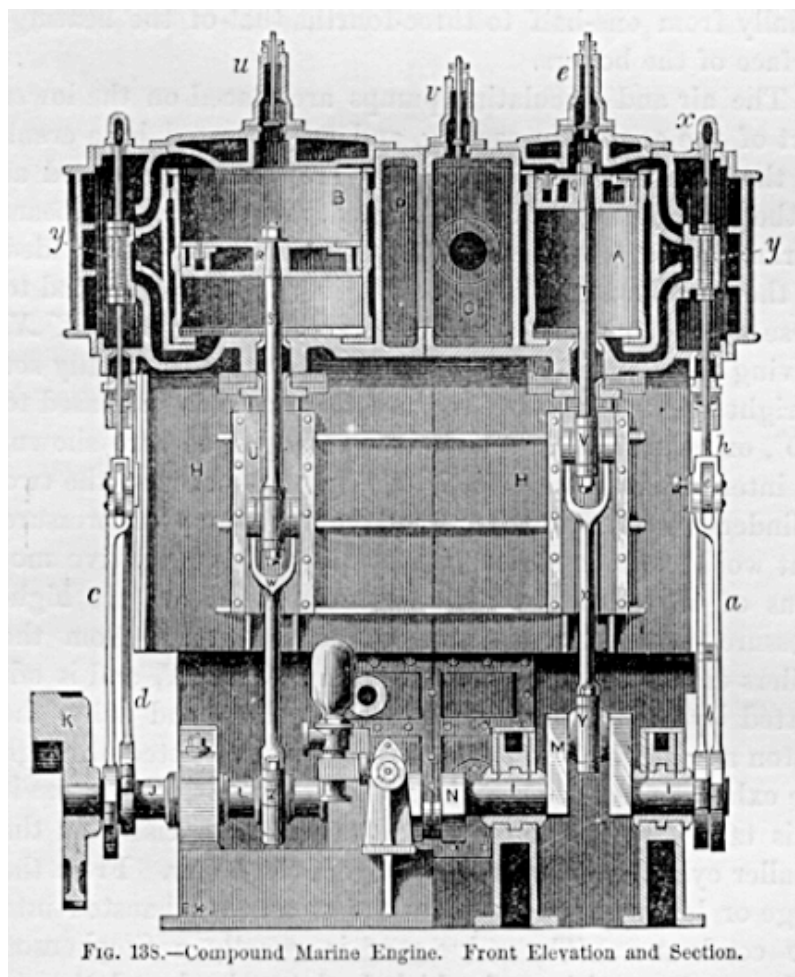


La Great Britain



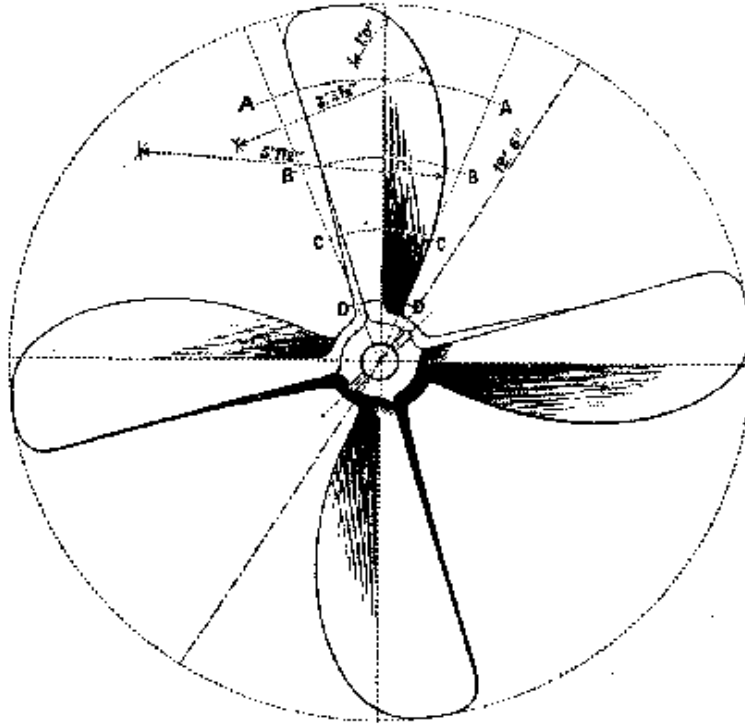
L'elica della *Great Britain*

L'uso dell'elica comportava un cambio della macchina a vapore che spingeva la nave. Con l'elica serviva una macchina a vapore composta ad azione diretta (vedi nota 8).

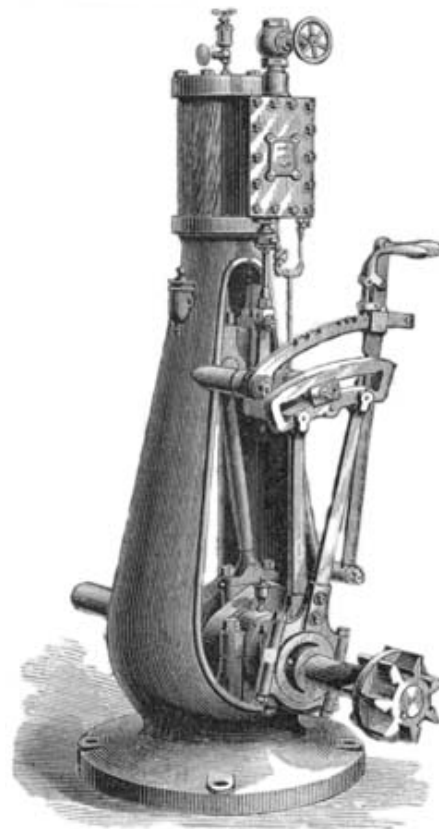


Sezione di motore marino composto. Nella camera AA si espandeva il vapore a bassa pressione proveniente dalla camera BB dove si espandeva il vapore ad alta pressione. Ambedue i pistoni sono collegati ad un albero a gomiti che fornisce moto circolare all'elica. Questo tipo di motore ebbe maggior successo in Europa che non negli USA.

Anche sull'elica vi erano molte possibili scelte anche se quelle più usate si riducono a poche unità. Nelle navi era comunemente utilizzata l'elica a due pale perché era facilmente sollevabile dall'acqua quando la nave viaggiava a vela o poteva anche restare al suo posto perché la sua resistenza al moto era molto piccola. Su navi mosse da solo vapore erano invece usate eliche a tre o quattro pale. La più comune elica a pale è quella mostrata in figura seguente. In essa la parte centrale in cui sono fissate le pale, tutte di uguale lunghezza, è globulare e molto grande. In alcune navi i fissaggi erano assicurati da flange in modo che la loro inclinazione poteva essere variata al fine di regolare, almeno un poco, il passo dell'elica (la distanza che percorre la nave per un giro di elica) ed il suo diametro (ricordando che la proporzione tra diametro e passo di un'elica è determinata dalla velocità del vascello: per basse velocità il passo deve essere intorno ad 1,25 volte il diametro; per vascelli ad alta velocità il passo è frequentemente il doppio del diametro). Per parte sua il diametro di un'elica deve essere il più grande possibile poiché la resistenza che essa presenta al moto nell'acqua diminuisce con l'aumentare dell'area del disco dell'elica. Inoltre la sua lunghezza è di solito circa un sesto del suo diametro.

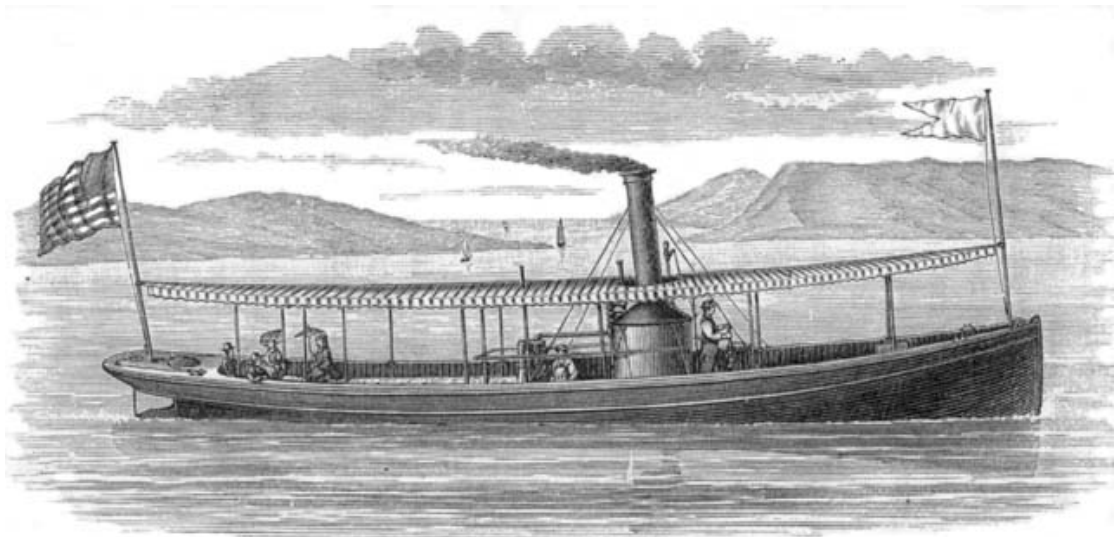


A lato delle grandi navi facevano la loro apparizione piccoli yachth a vapore (le *lance*). Si trattava di barche molto veloci, silenziose e senza vibrazioni, equipaggiate con piccoli motori a basso consumo.



Launch-Engine.

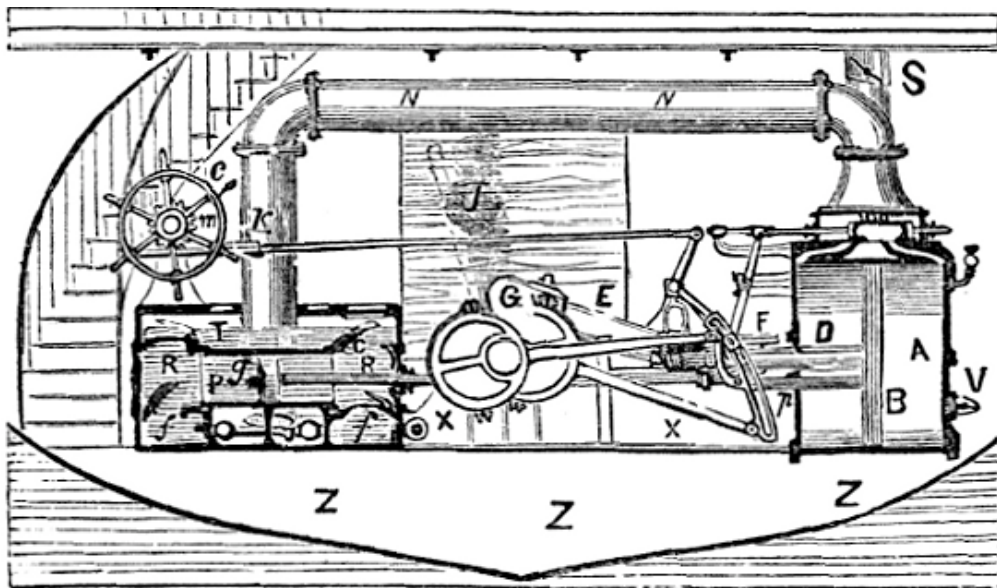
Macchina in uso nelle lance a vapore.



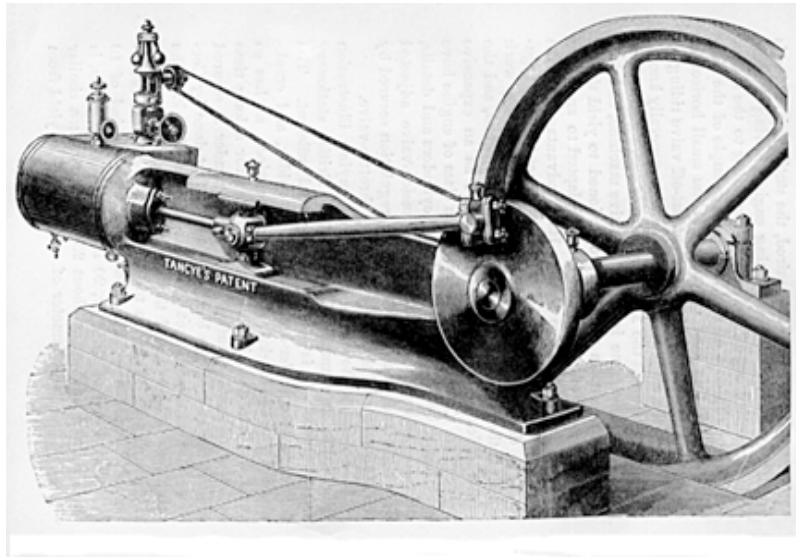
Steam-Launch, New York Steam-Power Company.

Lancia a vapore prodotta da una industria di New York

Queste lance erano utilizzate per diporto e turismo ma non erano confortevoli per gli spazi a disposizione, spazi che in gran parte (più della metà) erano occupati da macchinari e combustibile. Quasi tutte le lance erano mosse da macchine collegate ad eliche e le macchine erano, come accennato, a cilindro orizzontale.



Sezione trasversale di una lancia mossa da una macchina a vapore con cilindro orizzontale collegata direttamente ad un'elica

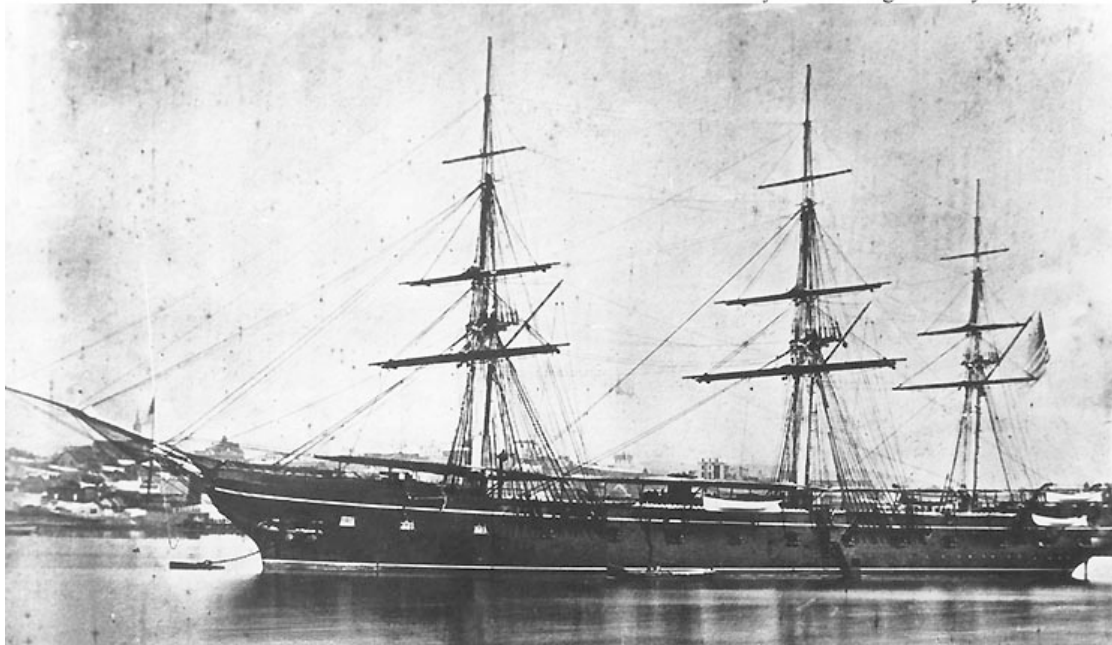


Macchina a vapore con cilindro orizzontale

Osservando tale macchina si capisce che l'elica doveva trovarsi sull'asse della ruota e quindi l'estensione della macchina nella sua lunghezza risultava perpendicolare all'elica. Proprio questo creava problemi alla sistemazione di tali macchine che, tra l'altro, si trovavano nella parte bassa dell'imbarcazione, dove essa ha una larghezza inferiore. Comunque questo ed altri problemi furono superati fino ad arrivare alla maturità della propulsione a vapore.

L'evoluzione delle lance a vapore fu nelle fregate e gli USA ne costruirono di importanti a cavallo della guerra civile ed alla sua fine.

Photo # 19-N-13844 USS California moored off the Mare Island Navy Yard during the early 1870s



La California, 1867

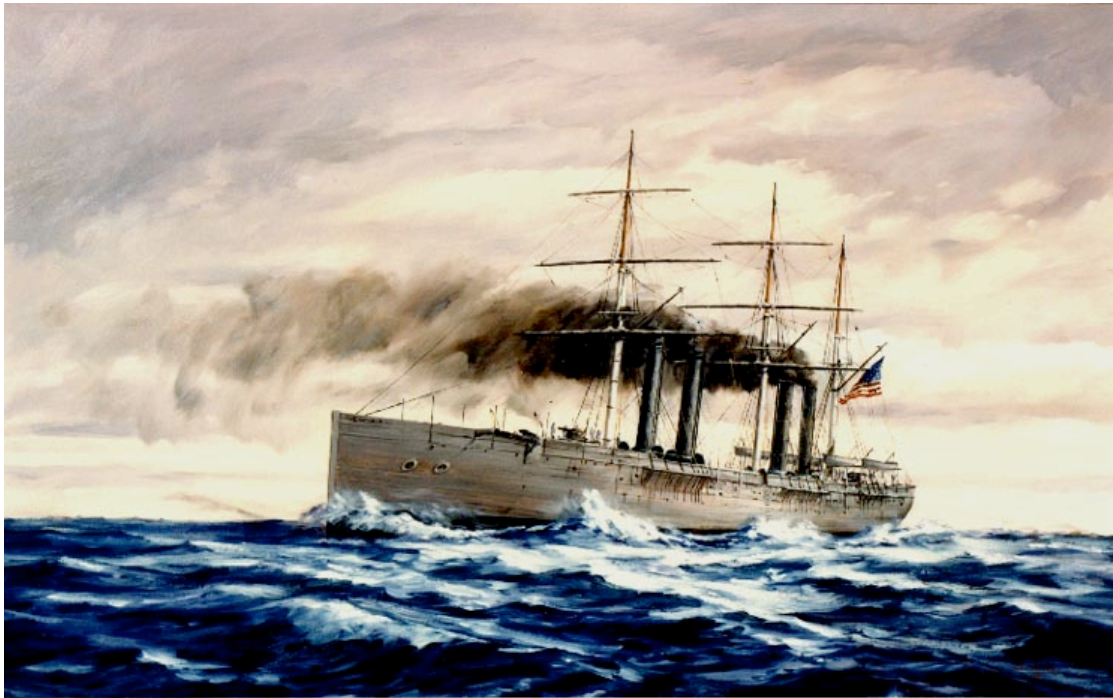
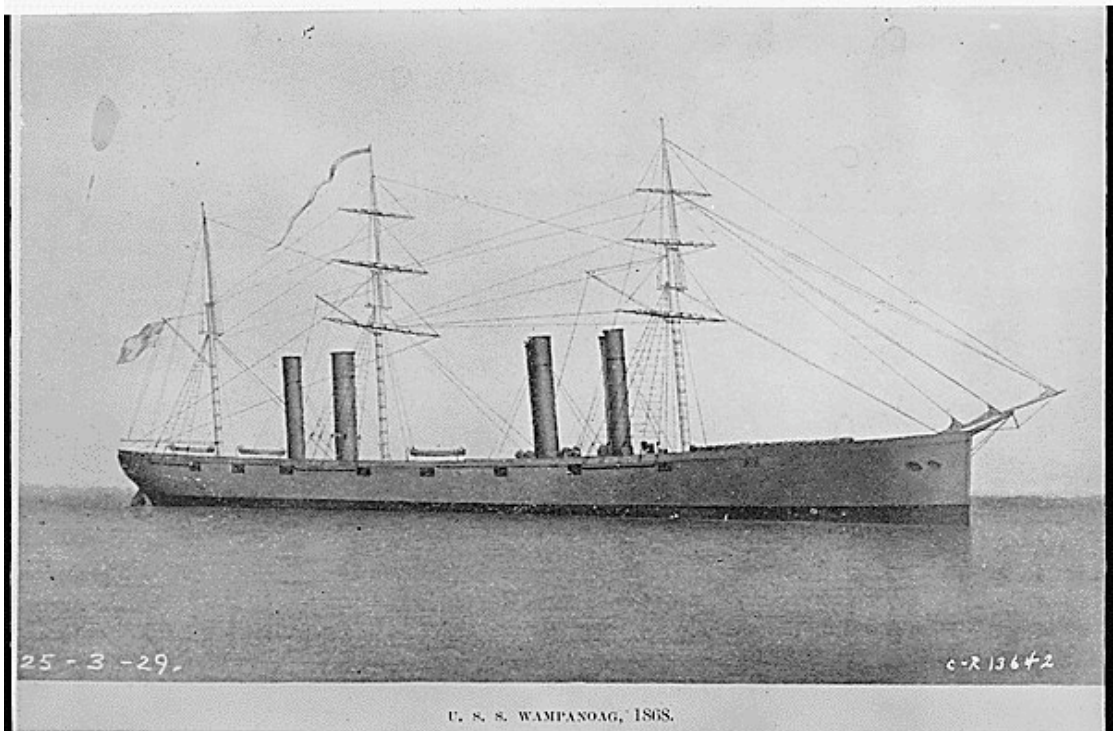


Photo # NH 95699-KN USS Wampanoag, by John Charles Roach

La Wampanoag, 1863



La Wampanoag, 1868

Photo # NH 85565-KN USS Trenton off Villefranche, 1878. Painting by DeSimone



La Trenton, 1878

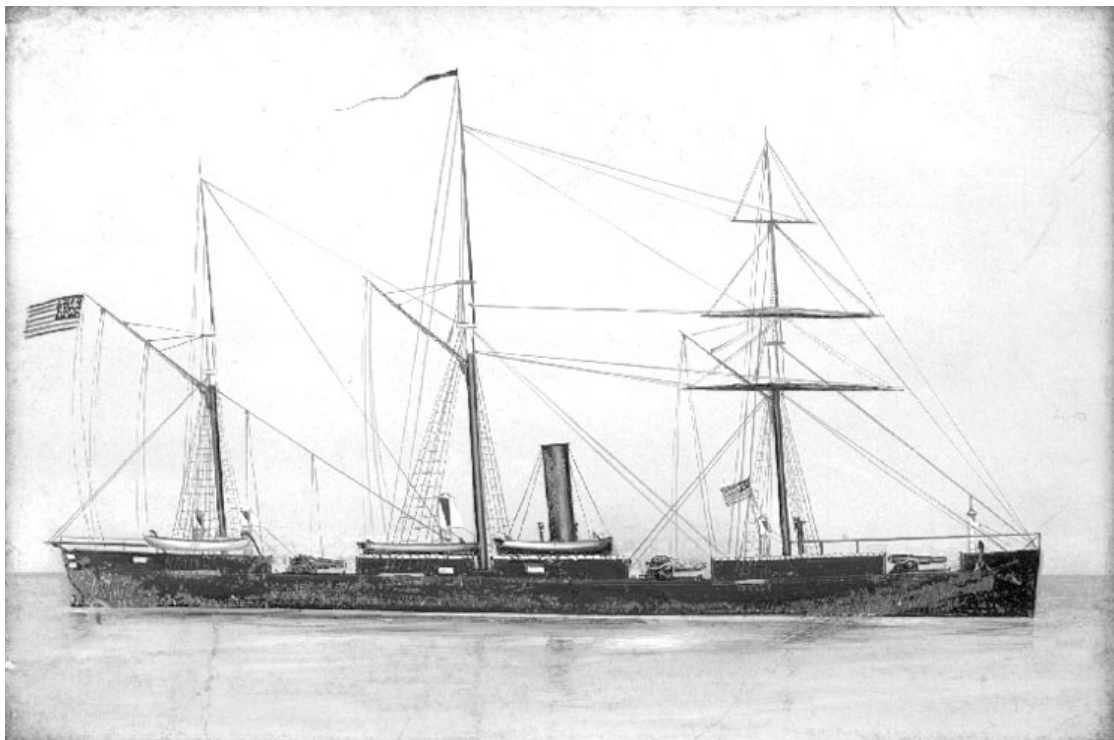


Photo # NH 45205 USS Monongahela in Civil War configuration

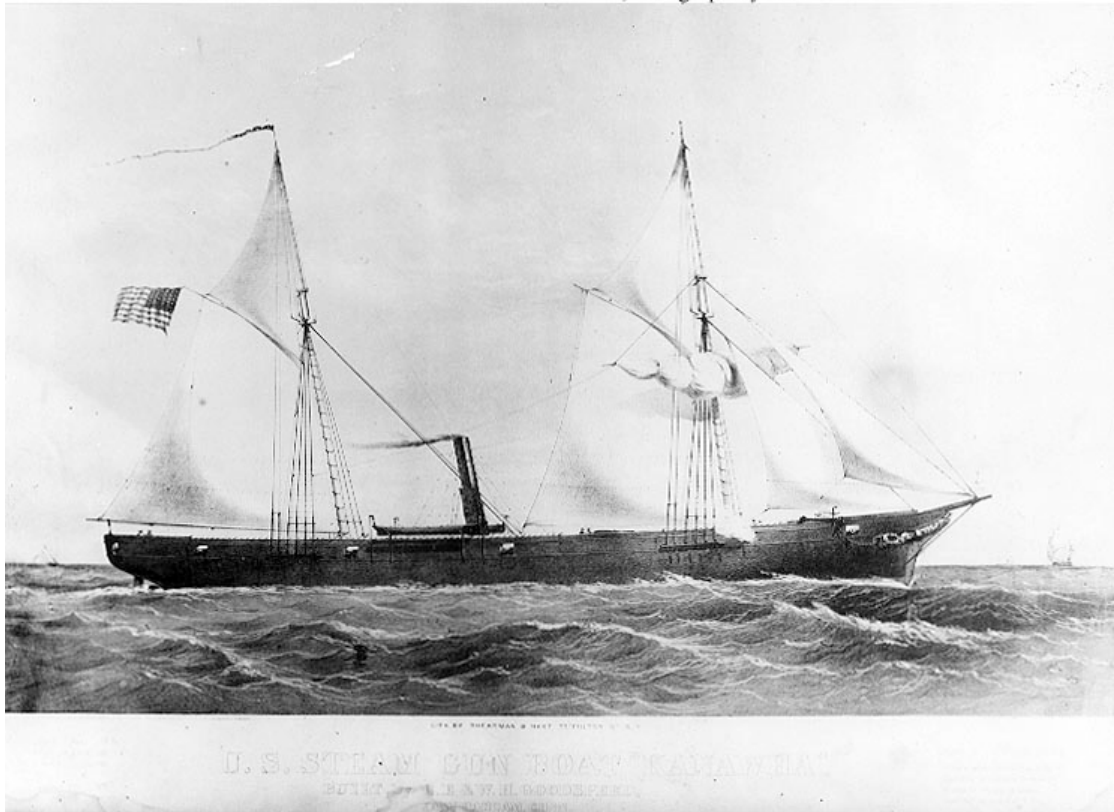
La nave da guerra Monongahela, 1863

Photo # NH 55843 USS Vandalia at the Portsmouth Navy Yard, circa March 1886



La nave da guerra *Vandalia*, 1876

Photo # NH 2016 "U.S. Steam Gun Boat 'Kanawha'...", lithograph by Shearman & Hart



La cannoniera *Kanawha*, 1862

Photo # NH 58871 Engraving published in 1862 of the gunboat Naugatuck

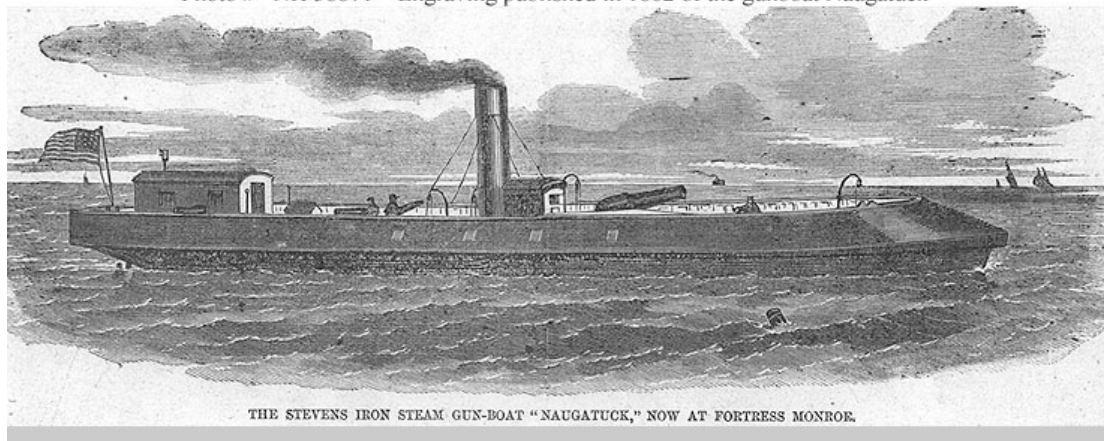
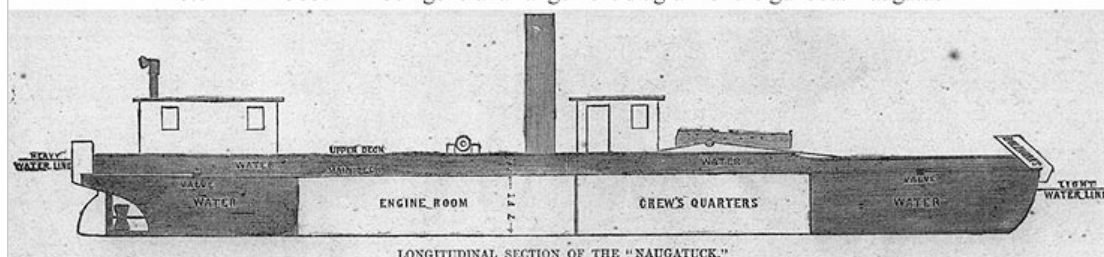


Photo # NH 58872 1862 general arrangement diagram of the gunboat Naugatuck



La cannoniera *Naugatuck*, 1862. Completamente ad elica.

Sul finire del secolo venne introdotta la turbina a vapore per la navigazione e quindi i motori a combustione interna mentre l'elettricità ed ancora i motori a combustione interna iniziarono ad essere utilizzati sulle locomotive. La storia prosegue con queste innovazioni tecniche delle quali qui non mi occupo.

Roberto Renzetti

NOTE

(1) Quanto più alta è la pressione, tanto più piccolo è il pistone necessario per sviluppare la stessa pressione. Con uno stantuffo più piccolo anche il cilindro diventa più piccolo. Ciò vuol dire che l'intera macchina risulta più piccola e quindi meno ingombrante e meno pesante, adatta cioè ad essere sistemata su un mezzo di locomozione terrestre o marittimo

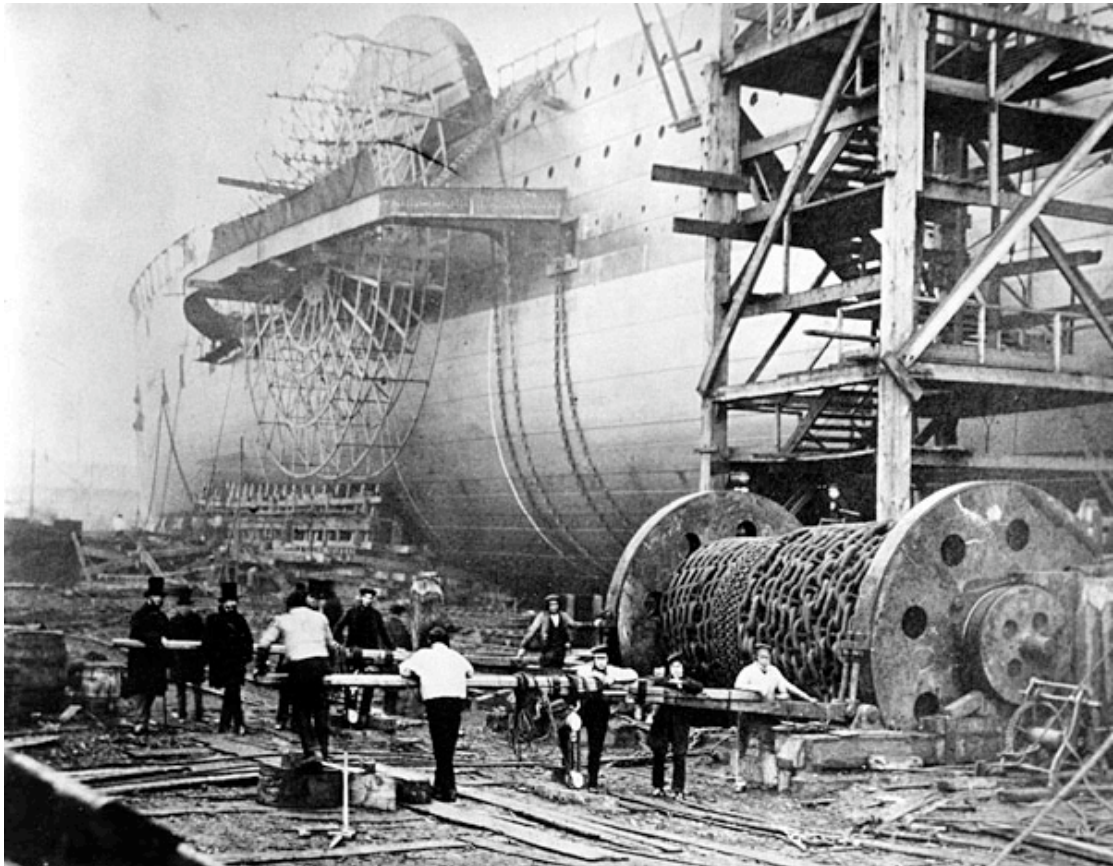
(2) La *Great Eastern* fu il primo mastodonte del mare ed il primo grande fallimento per i costi impossibili. Fu iniziata a costruire in Gran Bretagna nel 1853 e fu varata nel 1858, dallo stesso ingegnere Isambard Kingdom Brunel che realizzò nel 1843 la *Great Britain*, proprio al fine di effettuare viaggi transoceanici con navi a vapore in grado di trasportare l'enorme quantitativo di combustibile richiesto. L'ingegnere che la costruì si fece dei calcoli sballati secondo i quali la resistenza di una nave all'acqua è proporzionale al quadrato delle sue dimensioni e che lo spazio disponibile per il carburante è proporzionale al cubo, concepì un'imbarcazione sei volte più grande della più imponente nave dell'epoca. Poteva portare 4000 persone, aveva 5 fumaioli ed era mossa da due gigantesche ruote a pale, un'elica e sei alberature per la navigazione suppletiva a vela. La sua mole venne superata solo 50 anni dopo dal transatlantico tedesco Kaiser Wilhelm II e dal Mauritania.



La *Great Eastern* circondata da varie navi di grandezza normale

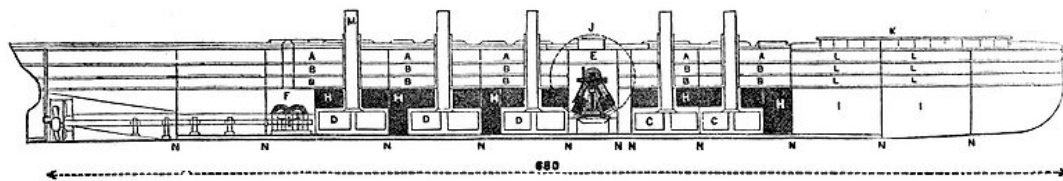


Viaggio inaugurale della *Great Eastern*



La *Great Eastern* in costruzione

LONGITUDINAL SECTION.

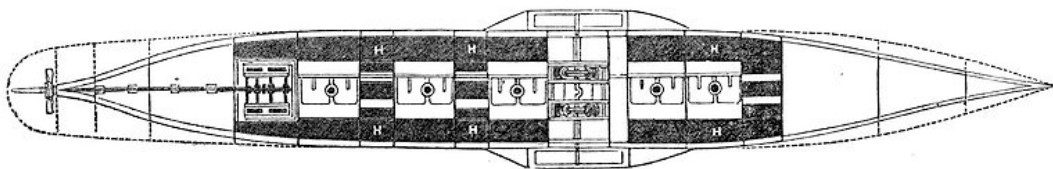


A—Upper Saloons.
B—Principal Saloons.
C—Boilers for Paddle Engines.
D—Boilers for Screw Engines.
E—Paddle Engines.

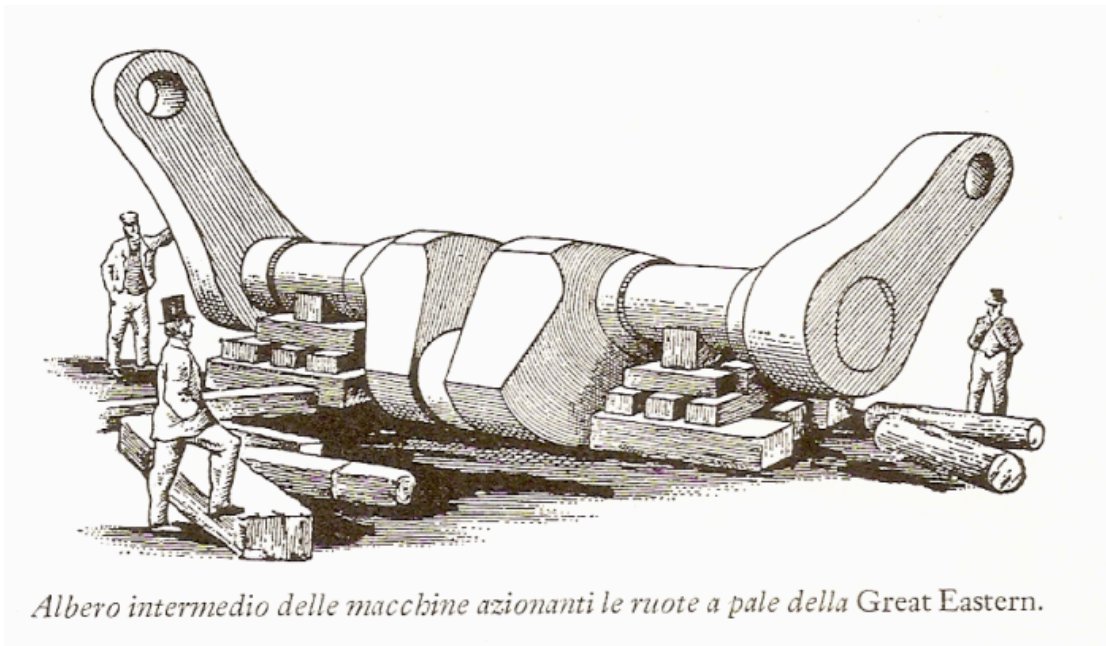
F—Screw Propeller Engines.
G—Screw Propeller.
H—Coal.
I—Space for Cargo.
J—Captain's Rooms.

K—The Forecastle.
L—The Crews Berths.
M—Funnels.
N—Cross Bulkheads.

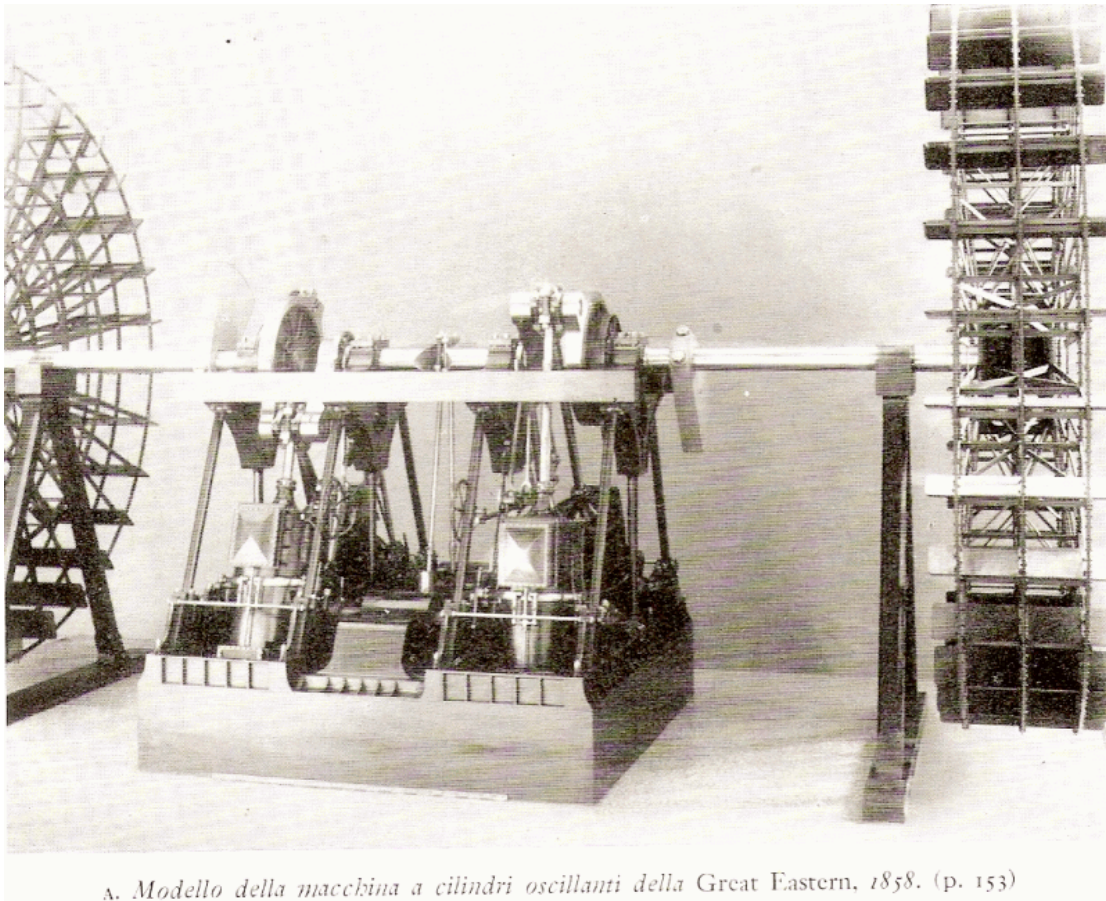
PLAN OF DECK.

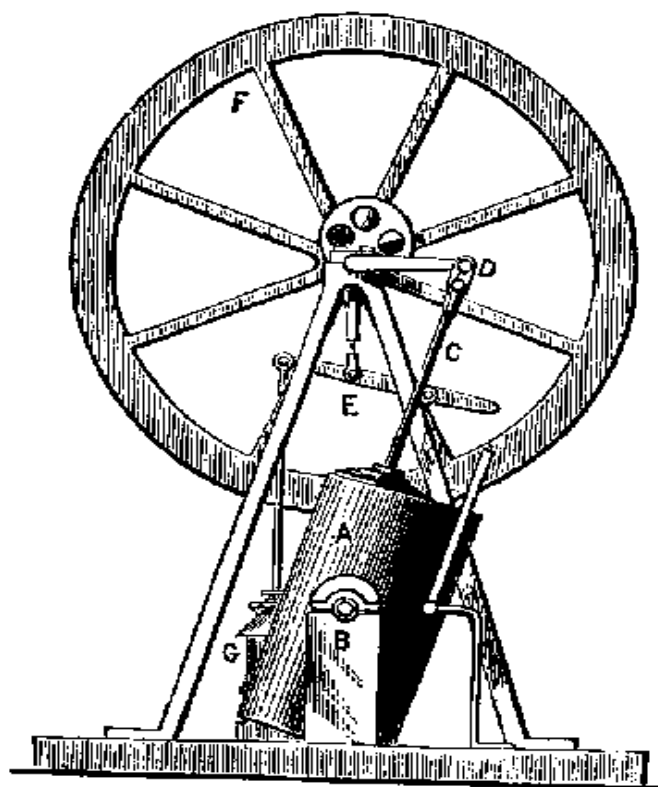


Il progetto della *Great Eastern*



Una componente dei meccanismi di propulsione della *Great Eastern*





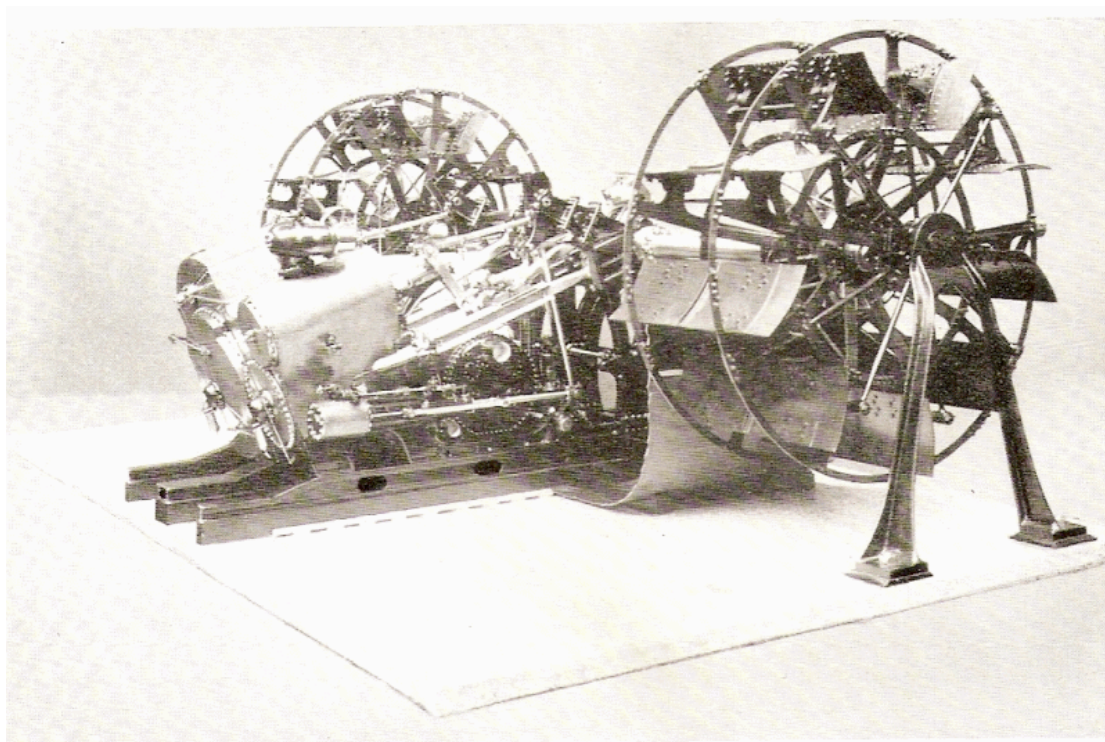
Schema della macchina a cilindro oscillante (Murdoch, 1785)

Anche sulla Great Eastern si dovette affrontare il problema della distanza verticale tra l'asse della macchina a vapore e la posizione della ruota a pale. Il problema venne qui risolto mediante l'oscillazione dei 4 cilindri. Ciascun cilindro aveva un diametro di poco meno di due metri ed una corsa di oltre 4 metri per una potenza complessiva di 3410 cavalli che muoveva ruote a pale di un diametro di 17 metri ad una velocità di circa 11 giri al minuto (oltre all'elica) e ad una velocità della nave di 15 nodi.

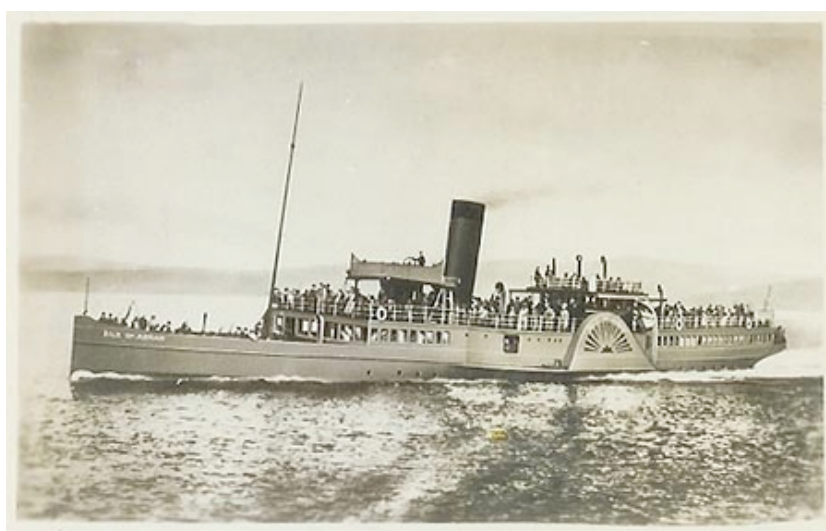
Quando si passò a macchine a vapore ad alta pressione per muovere le navi, il sistema a cilindri oscillanti non venne ritenuto affidabile e si passò alla macchina inclinata ad azione diretta che era stata brevettata nel 1822 dall'ingegnere francese (ma naturalizzato statunitense) Marc Isambard Brunel (famoso per aver realizzato il tunnel sotto il Tamigi) e che fu installata per la prima volta nel 1888 sulla nave *Princesse Henriette* in servizio sulla Manica e quindi nel 1892 nel piroscafo *Isle of Arran*.



La Princesse Henriette



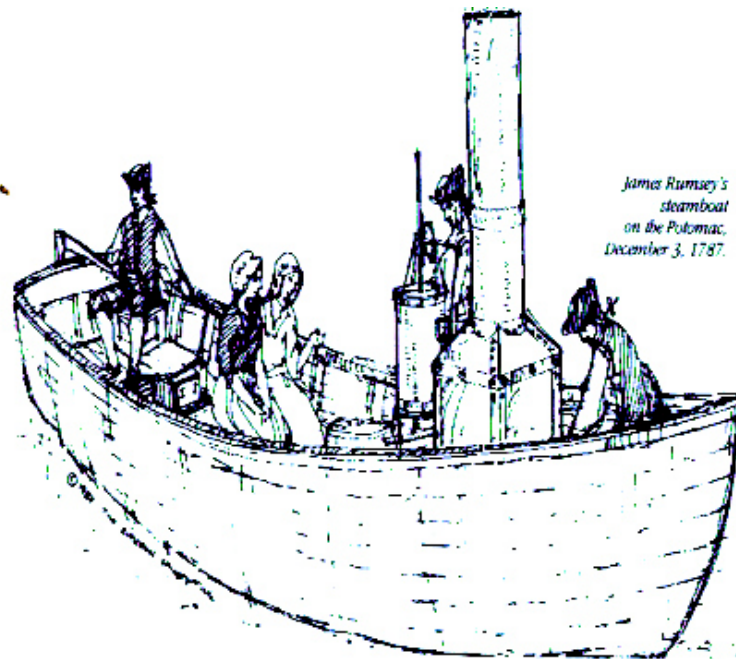
B. Modello della macchina inclinata del vapore a ruote Princesse Henriette, 1888. (p. 153)



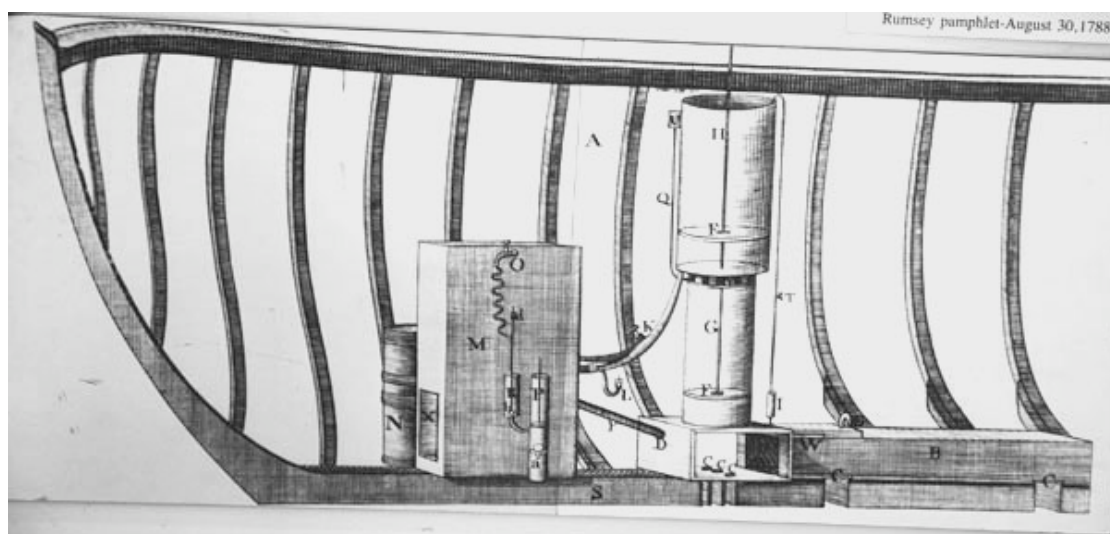
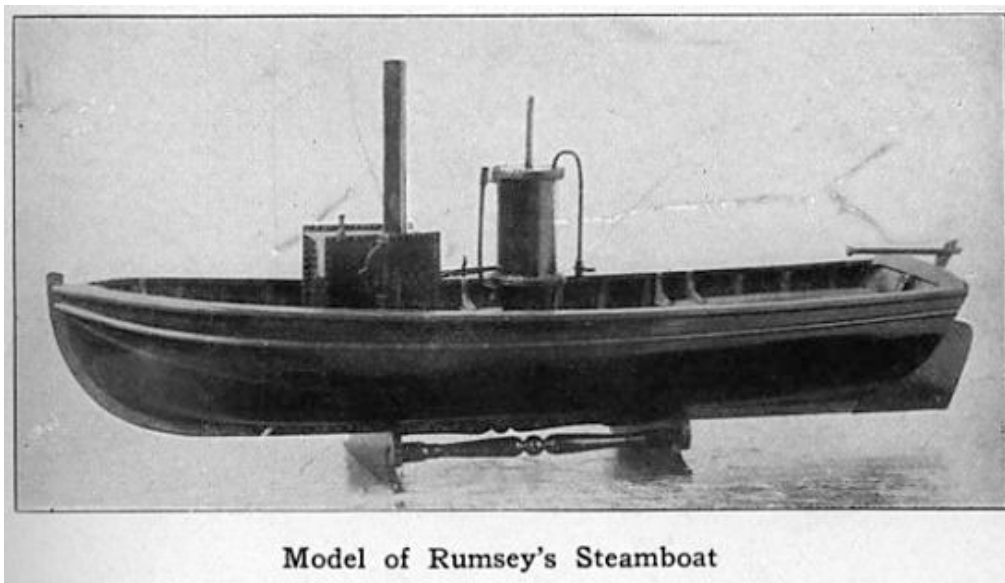
La Isle of Arran

Da un punto di vista economico la *Great Eastern* fu un enorme insuccesso solo parzialmente recuperato con l'uso che venne fatto della nave per la posa del primo cavo transatlantico (3700 Km) per le trasmissioni telegrafiche (1865) tra l'Irlanda e Terranova. Ricordo che sulla *Great Eastern*, in occasione della posa del cavo transatlantico fu imbarcato anche Lord Kelvin come ingegnere nelle trasmissioni. La nave fu demolita nel 1889 dopo essere stata utilizzata come Music Hall nel porto di Liverpool.

(3) Il primo brevetto USA per un battello a vapore è del 1° febbraio 1788 e fu concesso a Briggs & Longstreet. Il brevetto di Fitch fu invece contestato dall'altro inventore americano, James Rumsey (1743–1792), che il 3 dicembre 1787 varò un battello a vapore nel Rio Potomac, a Shepherdstown, località ora situata in West Virginia.

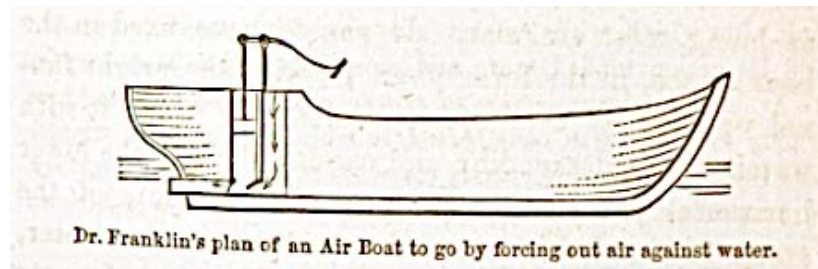
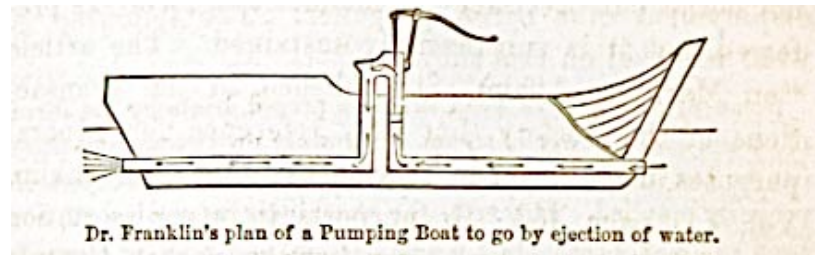


Un disegno del progetto del battello a vapore di Rumsey



Disegno dell'interno del battello di Rumsey

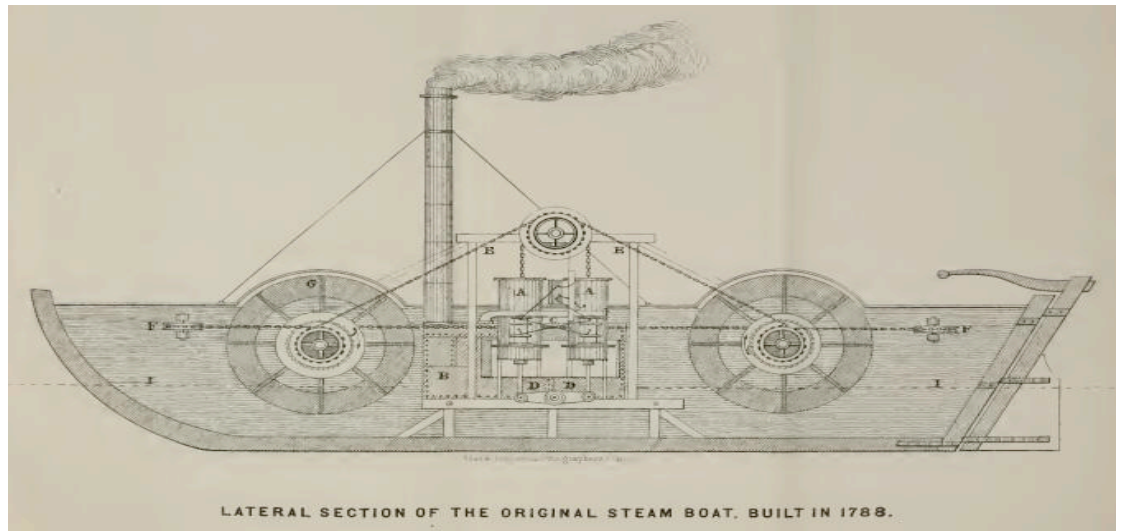
Altri progetti di battello a vapore vennero realizzati anche da Franklin che studiò una propulsione sia "a getto d'acqua" che "a getto d'aria" come mostrano le seguenti due figure:



Occorre da ultimo citare alcuni progetti e realizzazioni che si ispirarono a Fitch, quelli che furono portati a termine nel 1788 in Gran Bretagna dal banchiere scozzese, appassionato di tecnologia, Patrick Miller con due suoi dipendenti, James Taylor (inventore) e William Symmington (ingegnere: 1764-1831):

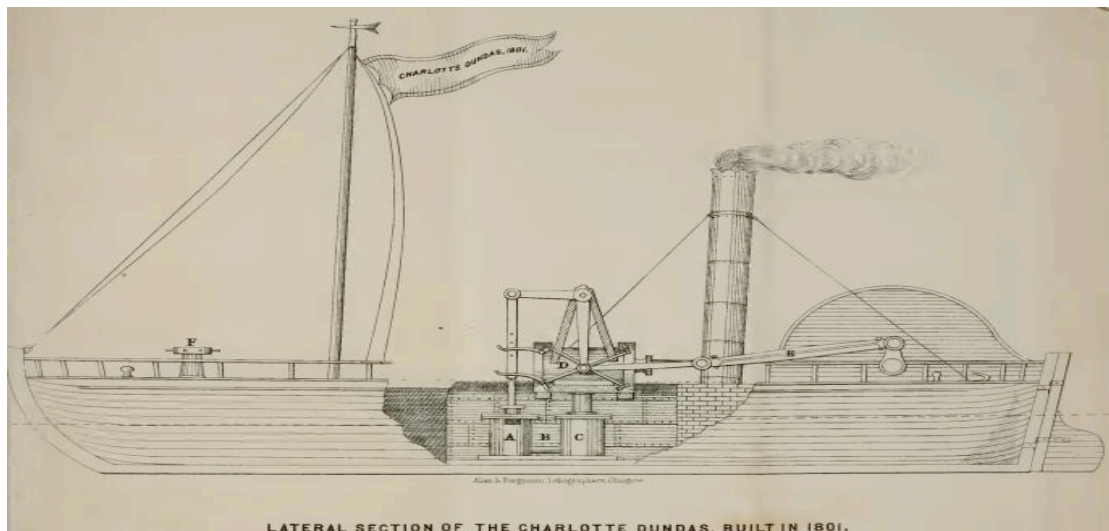


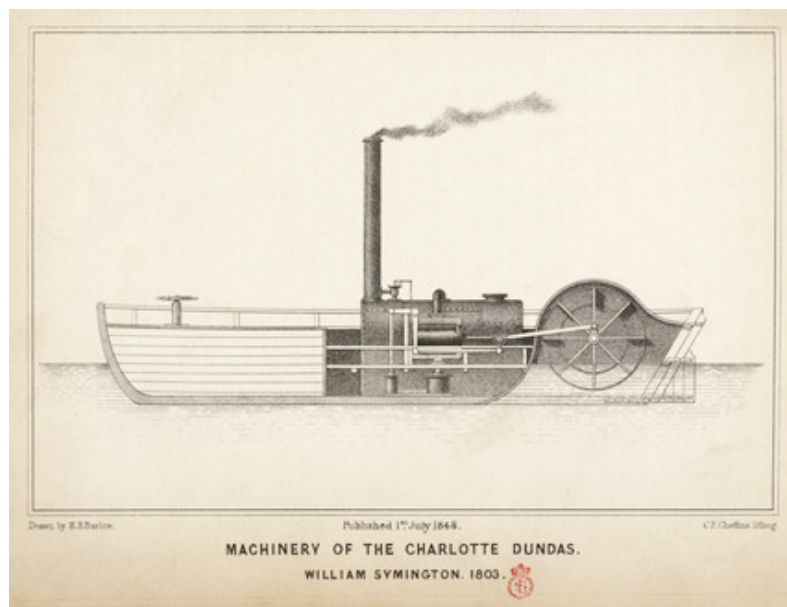
Si noti che le ruote a pale sono all'interno del battello e non all'esterno come nelle classiche navi americane. Dalla figura non si può apprezzare ma questo battello aveva un triplo scafo.



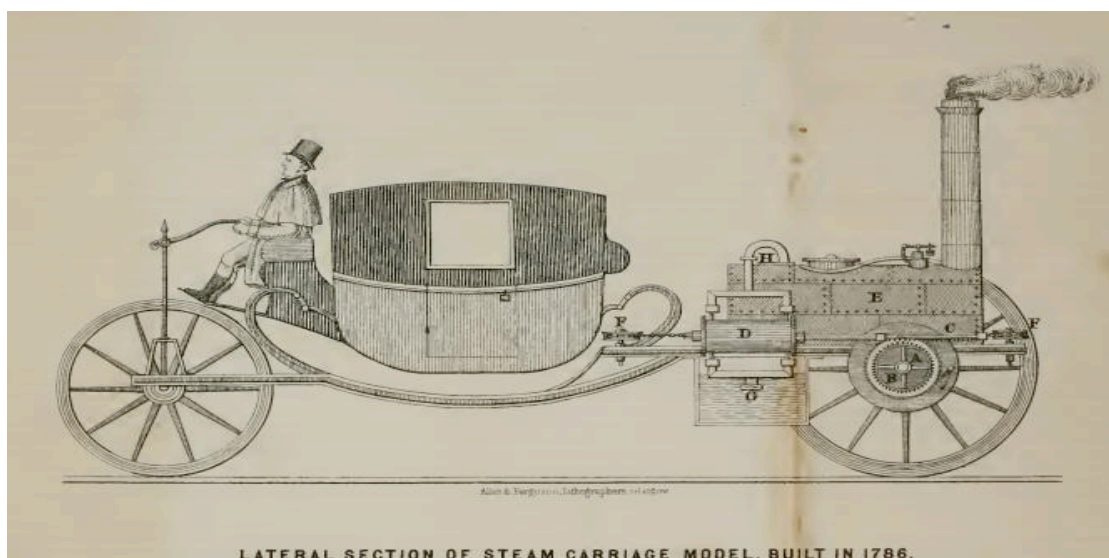
Come la macchina a vapore metteva in moto le
due ruote a pale.

Symington, un anno dopo realizzò un battello a vapore più perfezionato ma la sua realizzazione più importante si ebbe dodici anni dopo quando Lord Dundas, Governatore del Forth and Clyde Canal Company gli chiese di costruire un battello a vapore per uso commerciale. Fu così che Symington realizzò la *Charlotte Dundas* che per le ottime prestazioni di velocità in relazione al carico fu la capostipite di una flotta di 9 battelli.

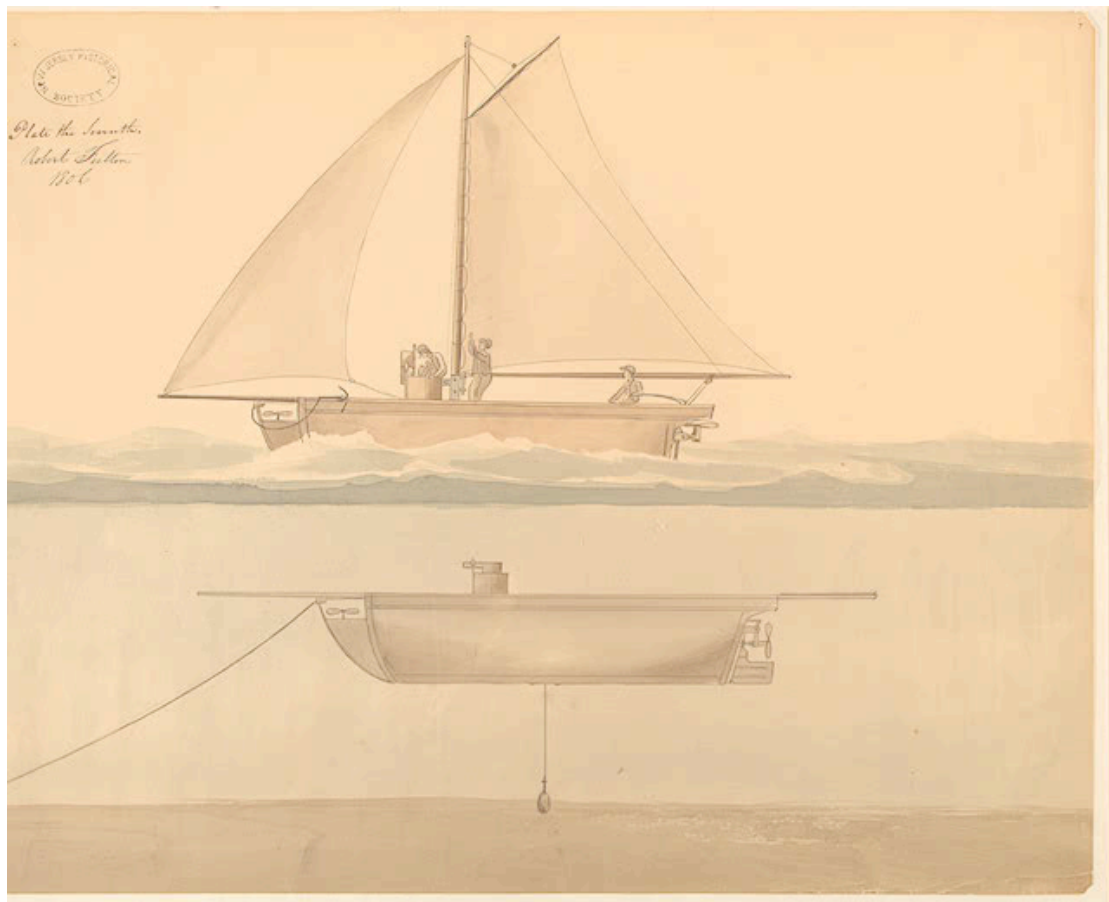




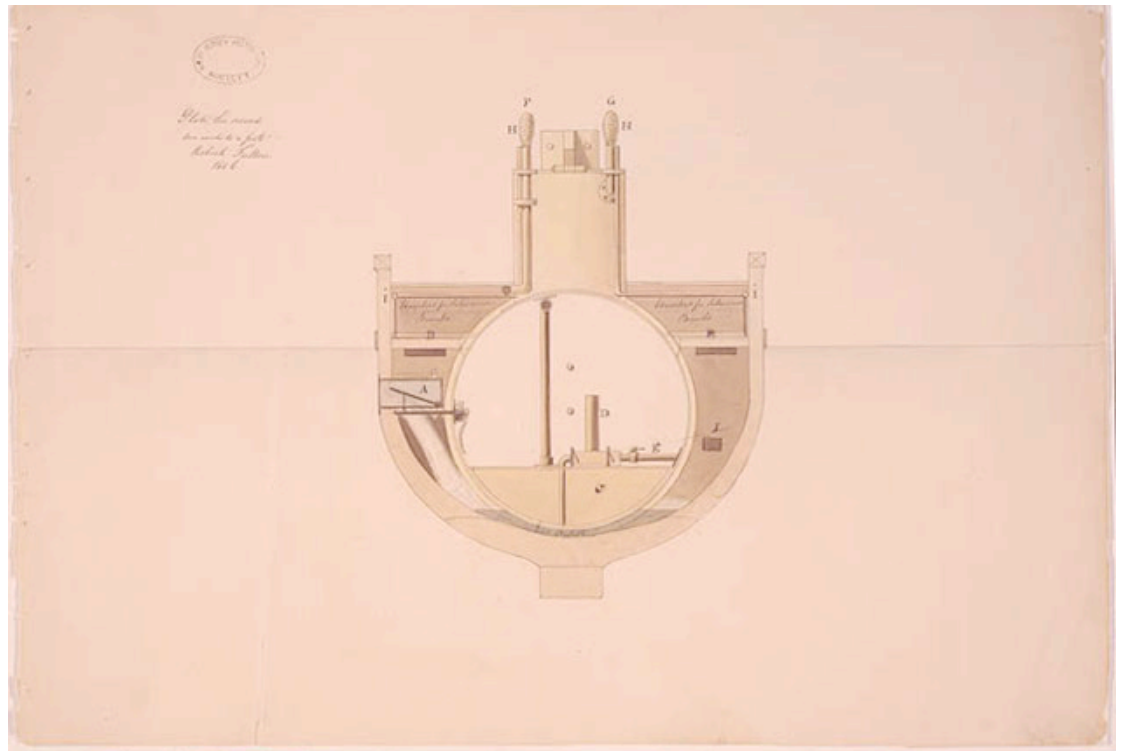
E' interessante notare che Symington, prima di lavorare alla progettazione di battelli a vapore, aveva realizzato un sistema a vapore per muovere le carrozze:



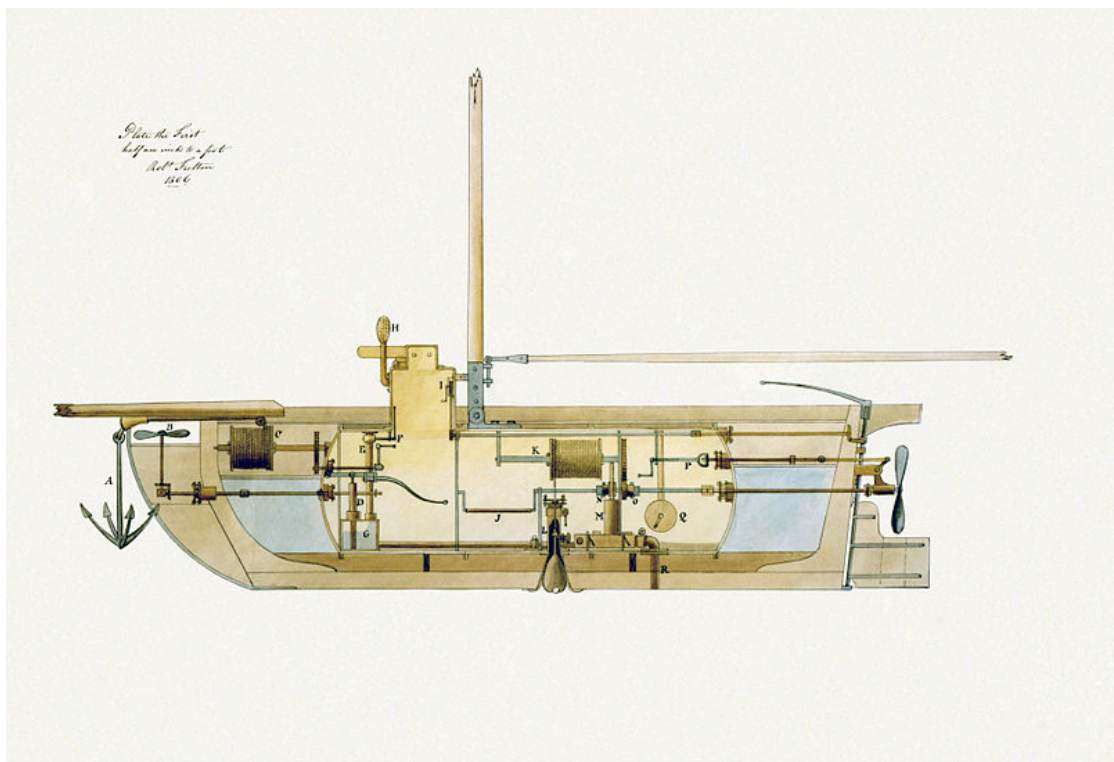
(4) I progetti del Nautilus sono nei disegni seguenti:



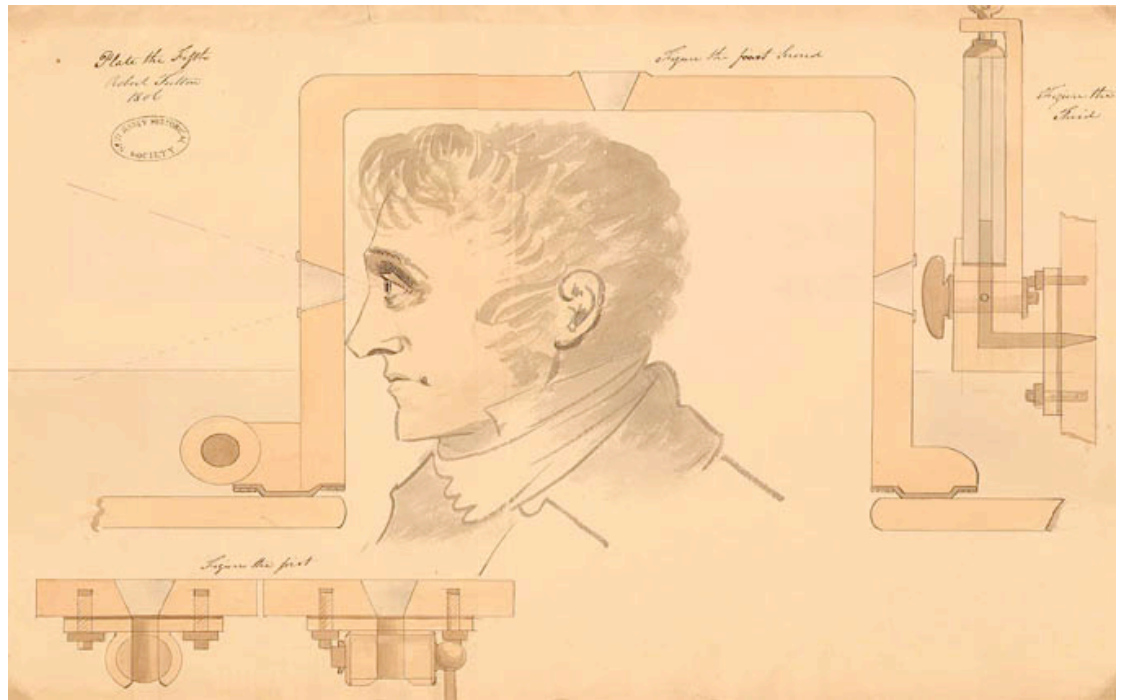
Il *Nautilus* è il sottomarino progettato da Fulton. Nella figura è rappresentato in navigazione sopra e sotto l'acqua. Esso scese ad una profondità di circa 8 metri.



Il Nautilus in sezione

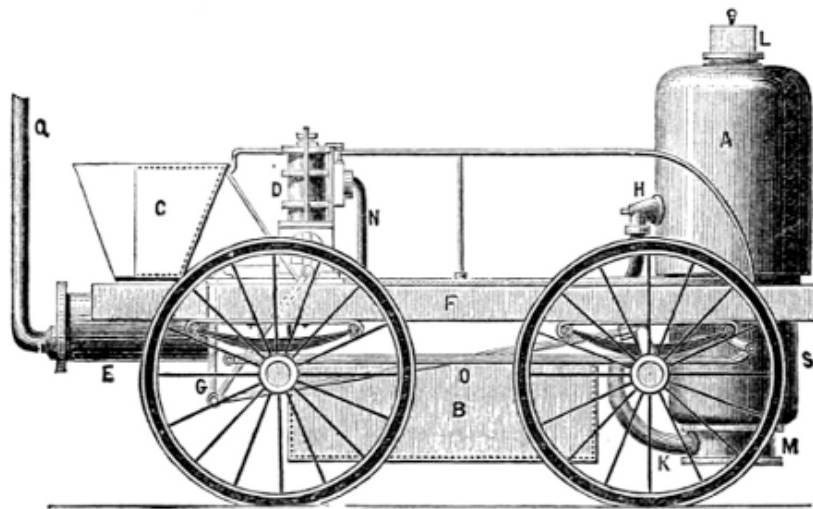


Altro disegno del Nautilus in sezione

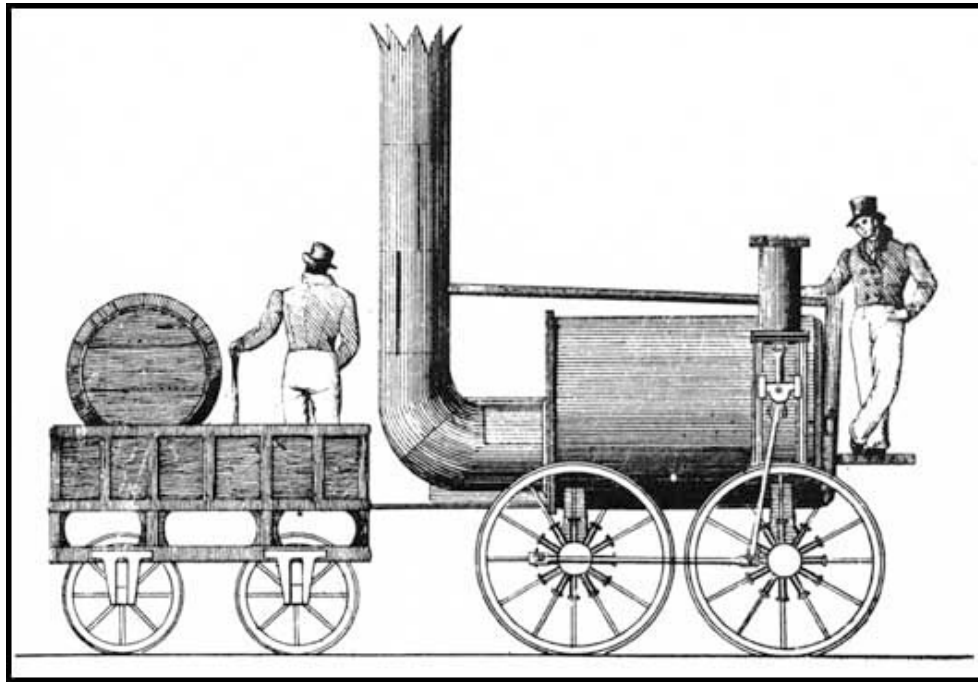


Alcune attrezzature di bordo del *Nautilus*

(5) Tra le locomotive concorrenti della *Rocket*, oltre la *Perseverance* costruita da Thimolty Burstall, la *Cyclopède* da Brandreth, vi era la *Novelty* costruita da John Braithwaite e John Ericsson e la *Sans Pareil* costruita da Timothy Hackworth:



La *Novelty*



La Sans Pareil

(6) Intorno al 1860 il carbone per alimentare le locomotive venne gradualmente sostituito dal coke perché, pur costando di più, emetteva meno fumi. Ma l'abbattimento delle emissioni di fumo era richiesto dalla legge inglese che richiedeva che le macchine ferroviarie consumassero il proprio fumo. Allo scopo venivano progettati appositi focolai, molto complessi, che avevano lo scopo di provocare la completa combustione del carbone. In altri Paesi si sperimentò la combustione di altri materiali. In Russia si provò l'uso di olio combustibile.

La ricerca di combustibili più efficienti restava uno dei problemi sempre presenti nei progettisti di locomotive. Il motivo è facilmente intuibile perché da un lato si erano introdotte le macchine a vapore a doppio effetto con consumi tendenzialmente in aumento e dall'altro si puntava a percorrenze senza scalo che richiedevano l'immagazzinamento di combustibile e di acqua. Poiché sull'acqua non si poteva far nulla, si doveva puntare a ridurre al minimo il combustibile al fine di ridurre il rapporto tra peso e potenza.

Tanto era sentito il problema del consumo di carbone delle macchine a vapore montate su navi che, nel 1865, lo stesso Governo Britannico organizzò una gara tra tre navi che differivano solo per il tipo di macchina che le alimentava. L'*Arethusa* era equipaggiata con una macchina tradizionale a doppio effetto, l'*Ottavia* aveva una macchina a tre cilindri accoppiati a tre manovelle disposte a 120° l'un l'altra, la *Costanza* era dotata di una macchina composta da due sistemi di tre cilindri ciascuno dei quali utilizzava il vapore del boiler che passava dal primo al secondo cilindro con una continua espansione finché non condensava nel terzo cilindro. Queste navi avevano navigato a vapore per una settimana ed avevano consumato rispettivamente 3,64, 3,17, 2,51 sterline per ora e per cavallo vapore. Fu quindi la *Costanza* a mostrare la grande superiorità nell'efficienza della sua macchina rispetto al consumo.

(7) Il freno Westinghouse era ad aria compressa e si mostrò in grado di arrestare un treno di 200 tonnellate che marciava ad 80 Km/h in meno di 300 metri.

(8) Isambard Kingdom Brunel era noto alle cronache per aver costruito nel 1838 l'allora più grande nave transoceanica (72 metri di lunghezza e 2300 tonnellate di peso), la *Great Western*. Questa nave aveva partecipato ad una gara transatlantica (dall'Inghilterra agli Stati Uniti) con l'altra, la *Sirius*, ed ambedue avevano doppia propulsione: vela e vapore con due ruote a pale. La gara fu vinta dalla *Sirius* che arrivò 12 ore prima della *Great Western*, ma per raggiungere questo scopo fu necessario bruciare ogni suppellettile in legno compresi i mobili perché era finito il carbone.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Charles Singer (a cura di) - *Storia della tecnologia* - Boringhieri 1964 (in questa opera monumentale in 5 volumi compaiono vari saggi dei massimi esperti dell'epoca su questioni tecnologiche. Tra essi quello di R.J. Forbes, *L'energia fino al 1850*).
- (2) Sam Lilley - *Storia della tecnica* - Einaudi 1951
- (3) T.K. Derry, T.I. Williams - *Storia della tecnologia* - Boringhieri 1977
- (4) F. Klemm - *Storia della tecnica* - Feltrinelli 1966
- (5) D.S.L. Cardwell - *Tecnologia, scienza e storia* - il Mulino 1976
- (6) Phyllis Deane - *La prima rivoluzione industriale* - il Mulino 1971
- (7) Valerio Castronovo (a cura di) - *L'età della rivoluzione industriale* - Laterza 1998
- (8) Thomas S. Ashton - *La rivoluzione industriale* - Laterza 1998
- (9) Christofer Hill - *La formazione della potenza inglese* - Einaudi 1977
- (10) Paul Bairoch - *Rivoluzione industriale e sottosviluppo* - Einaudi 1967
- (11) Robert H. Thurston - [*A History of the Growth of the Steam-Engine*](#) - D. Appleton & Company, New York 1878
[molte delle figure riportate sono tratte da questo testo]
- (12) Michèle Merger - *Una nuova rete di comunicazioni* - In: AA. VV. - *L'età della rivoluzione industriale* - Mondadori 2011.

[Torna alla pagina principale](#)



