

□

# **STORIA DELLA TECNOLOGIA**

## **LEZIONE 15**

**Massimo Guarnieri  
Università di Padova  
a.a. 2021-22**

# 1789 - Francia

Presenza della Bastiglia

Scoppio della rivoluzione francese

- Rovesciamento della monarchia assolutista
- cambiano i paradigmi politici, ma anche culturali, scientifici e tecnologici



# 1790 – Francia rivoluzionaria

Produzione a pezzi intercambiabili

## **Honoré Blanc (1736–1801)**

- Componenti per moschetti standardizzati, prodotti con tolleranza “molto” stretta per essere intercambiabili
- Fornitura di moschetti all’esercito rivoluzionario e poi a Napoleone
  - Porta entro tolleranza i pezzi standard con un aggiustaggio eseguito con lima e maschere e dime
  - Permette l’uso di parti di ricambio

1806: abbandonato per ragioni politiche

- Apre la via al concetto delle produzioni in serie

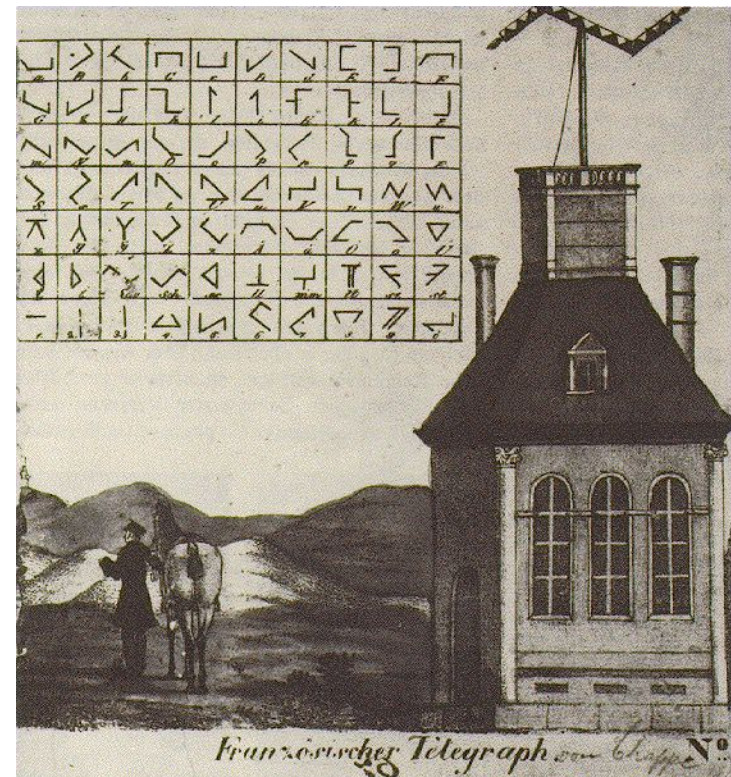
n.b.: la produzione a pezzi intercambiabili era stata considerata dallo svedese C. Polhem all’inizio del settecento per l’orologeria ed era stata realizzata da orologiai francesi verso il 1720 (quindi per produzioni costose e di pregio)

# 1791 – Francia rivoluzionaria

## Telegrafo ottico

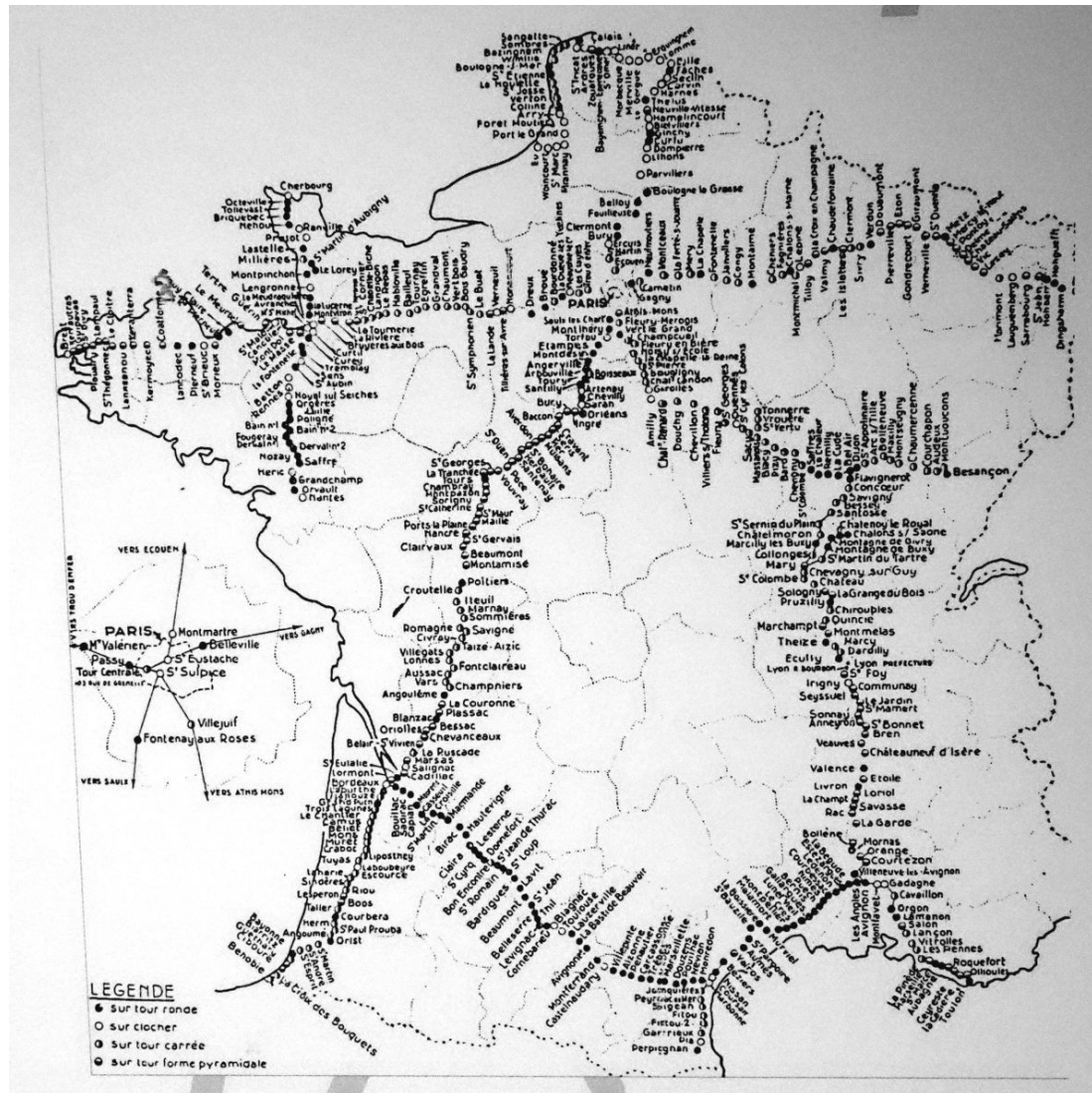
### Claude Chappe (1763-1805)

- usa un codice per garantire la riservatezza
- manuale d'uso: precisa le regole e procedure d'uso
- stazioni ripetitrici distanziate di 12-25 km
  
- 12 minuti x trasmettere a 840 km
- l'informazione viaggia a velocità prima impensabili
- molto costoso nell'esercizio
- rapida diffusione a fini militari
- fattore determinante della supremazia napoleonica
  
- Presto imitato in Gran Bretagna



# 1791 – Francia rivoluzionaria

## Telegrafo ottico di Claude Chappe (1763-1805)



# 1793 – Francia rivoluzionaria

Sistema di misura decimale\*: metro, chilogrammo, secondo

- Commissione pesi e misure - istituita nel 1790
  - Concepita da Luigi XVI nel 1789
  - Influenza illuminista, composta da scienziati: Borda, Monge, Condorcet, Lagrange, Laplace, Legendre, Coulomb, Delambre, Lavoisier
- Unità di misura oggettive non legate ad una specifica nazione
  - Finalità primarie commerciali: per razionalizzare gli scambi e combattere le frodi
  - Successive influenze rivoluzionarie in **scienza e tecnologia**

N.b.: nel 1793 è introdotto anche il calendario repubblicano (12 mesi di 30 giorni), che adotta il conteggio decadico delle ore e dei giorni

- non riesce ad affermarsi ed è abbandonato nel 1802, a causa di resistenze culturali-religiose

\* già concepito da John Wilkins (1668) e da Tito Livio Burattini (1675)

# 1794 – Francia rivoluzionaria

École Polytechnique

**Gaspard Monge (1746-1818)**

- Matematico e geometra, membro della commissione pesi e misure dal 1790
- col sostegno di Napoleone
- primo politecnico, dedicato alla formazione scientifico-ingegneristica
  - università con indirizzo tecnico-applicativo (non più umanistico letterario)
  - erede della École des Ponts et Chaussées
  - popolare, selettiva e meritocratica
- poco dopo è fondata la École Normale dedicata ad amministrazione ed economia



# 1794 - Francia

École Polytechnique

sistematica e rigorosa preparazione  
scientifico-matematica

- nei decenni successivi applica sistematicamente metodi e modelli matematici in ingegneria
- indirizza la formazione degli ingegneri su basi scientifico-matematiche rigorose

vi insegnano:

- Monge, Carnot, Laplace, Lagrange, Poisson, Fourier, Cauchy, Hermite, Ampère ...

alcuni progressi ottenuti:

- Proiezioni ortogonali (geometria descrittiva di Monge)
- Modelli integro-differenziali per: mezzi continui ( Laplace, Poisson), calore (Fourier), elettrodinamica (Poisson, Ampère), fluidodinamica (Navier), elasticità (Cauchy), scienza delle costruzioni moderna, ...





# 1796-1815 - Europa

Guerre rivoluzionarie/napoleoniche – espansione francese

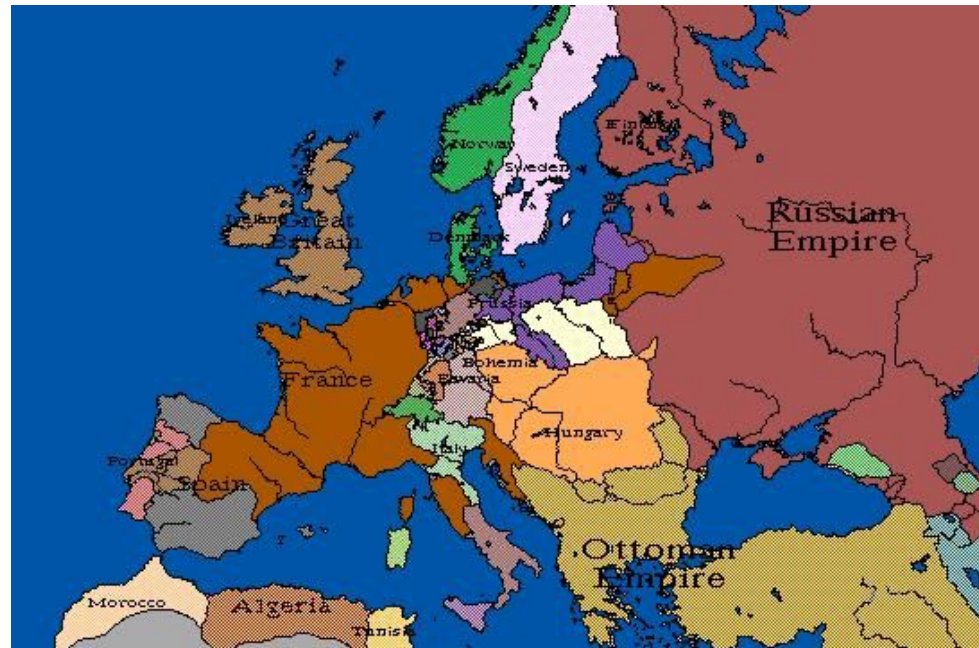
1804: Investitura a imperatore di Napoleone

diffusione delle nuove idee francesi in Europa:

- sistema di misura decimale, creazione di politecnici

1803: Politecnico di Napoli

- Recupero in Francia dei codici vinciani (a fini bellici): inizia lo studio dell'opera tecnica di Leonardo

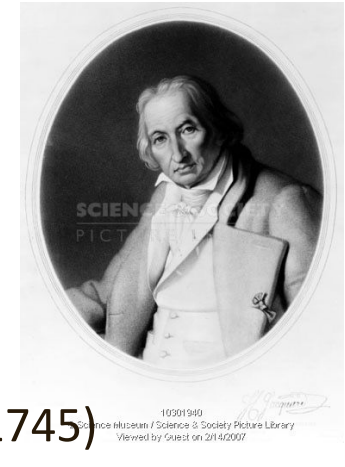


# 1804 – Francia rivoluzionaria

Telaio automatico per stoffe operate con programma

**Joseph-Marie Jacquard (1752-1834)**

- macchina automatica con programma memorizzato:
  - Meccanica automatizzata
  - Nastro di schede perforate contenenti il programma
  - Erede dei telai di Bouchon (1725), Falcon (1728) e di Vaucanson (1745)
- celebrato come prodigio tecnico  
ottiene grande successo,  
tecnica custodita gelosamente
- solite rivolte di operai che  
temono per il loro lavoro
- ma questo telaio si impone,  
i tempi sono cambiati

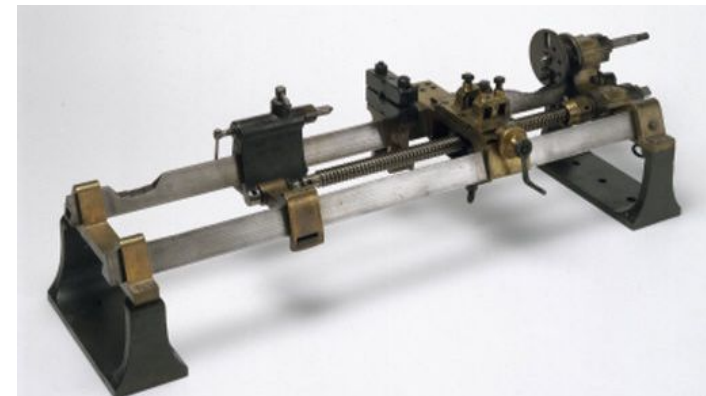


# 1797 - Inghilterra

Tornio per metalli con torretta

**Henry Maudslay (1771-1831)**

- già collaboratore di Joseph Bramah,
- primo modello, con torretta per l'utensile, nettamente superiore ai modelli contemporanei ove l'utensile era tenuto a mano → importante aumento della precisione nelle lavorazioni meccaniche
- Precedente: 1751 Vaucanson



Micrometro di precisione

risoluzione al 1/10.000 di pollice

**... Inventa la meccanica dei metalli ...**

# 1800 - Inghilterra

## Tornio-filettatrice

### Henry Maudslay (1771-1831)

- secondo modello
- garantisce precisione maggiore
- produzione di viti, anche di grandi dimensioni, con elevata precisione e filetto ripetibile
- evoluzione verso la produzione di serie
  - grazie a torni-filettatrici come questo la vite diviene un elemento di fissaggio di uso comune

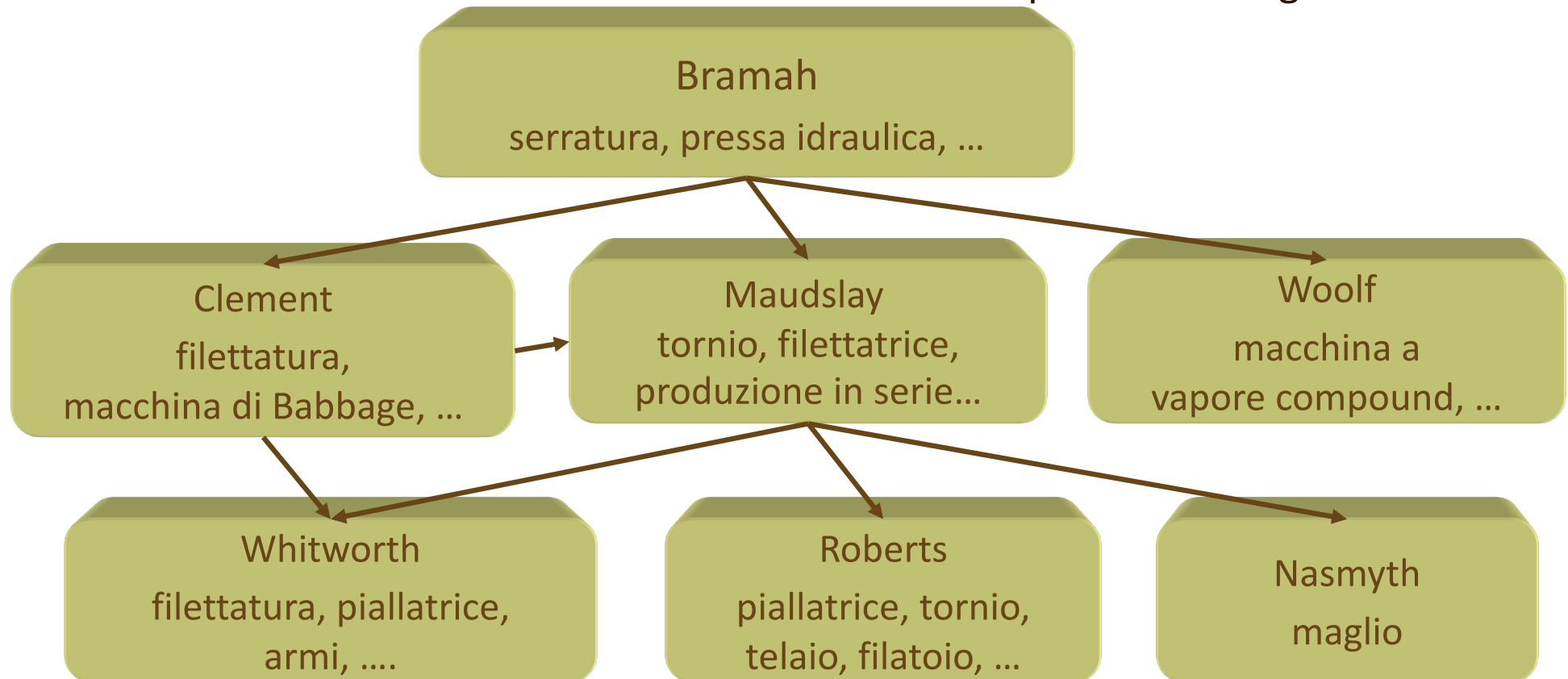


nella sua officina si formarono molti ingegneri e tecnici geniali:  
**Roberts, Napier, Clement, Whitworth, Nasmyth, Muir, ...**

# Scuola di ingegneria britannica

In Gran Bretagna nasce una scuola di ingegneria con carattere applicativo dedica alla meccanica metallica

- di tipo spontaneo, situata nei laboratori e nelle officine
- erede delle scuole sviluppatesi nelle botteghe medioevali
- la cui eccellenza scaturisce dalle interazioni tra pochi uomini geniali



# 1808 - Gran Bretagna

Produzione in serie di carrucole navali (bozzelli)

- Per fronteggiare l'elevata domanda (oltre 60.000 pezzi all'anno durante le guerra napoleoniche)
  - Prima produzione in serie britannica di successo  
Portsmouth Block Mills



**Marc Isambard Brunel (1769-1849)**

- Progettista, di origine francese, profugo della rivoluzione introduce in Inghilterra il modello ingegneristico francese
- Suddivide il processo produttivo in una serie di semplici e rapide operazioni

**Henry Maudslay (1771-1831)**

- Fornisce le 43 macchine per la lavorazione di precisione
- Riduce il tempo di lavorazione di un fattore dieci

# 1789 - Stati Uniti

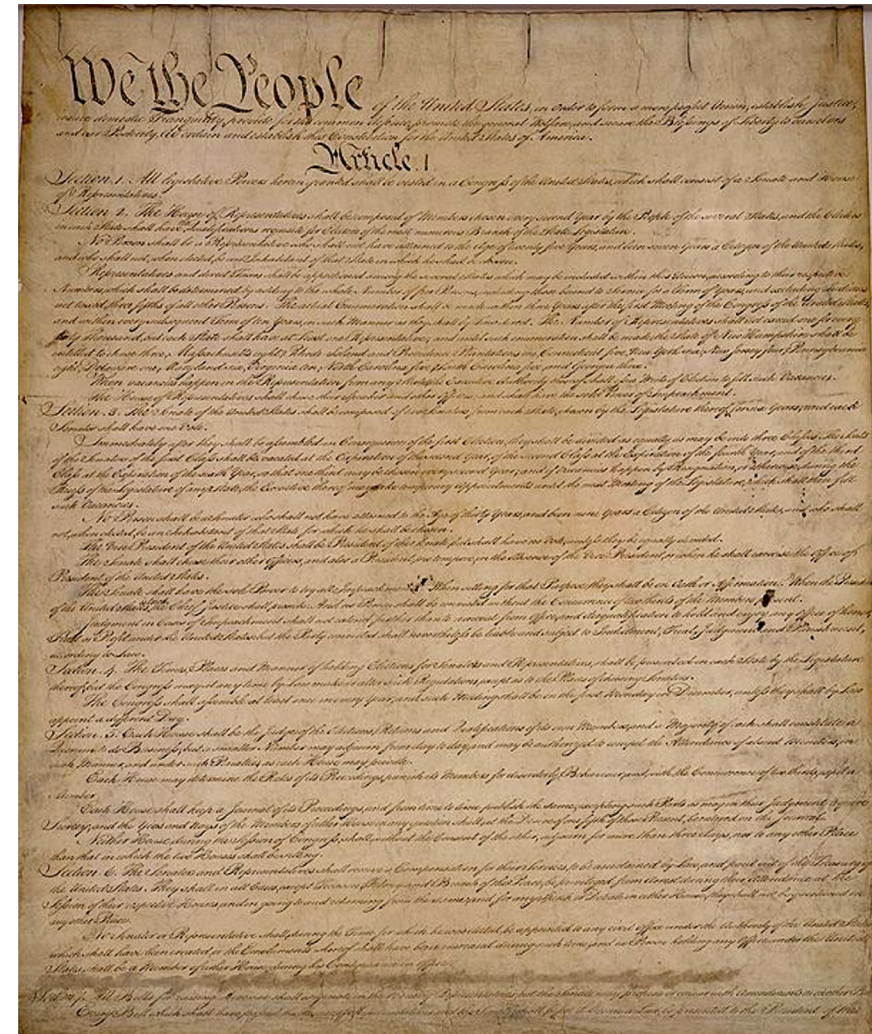
## Ratifica della Costituzione rivoluzionaria per l'epoca

- il potere viene dal popolo
- indipendenza del potere giuridico
- garanzie totali dell'opposizione
- libertà di stampa
- diritto alla ricerca di felicità terrena (e ricchezza) per tutti

riconoscimento costituzionale dell'iniziativa  
privata e fondamento etico dei valori del  
"self-made man"

"Noi riteniamo ... che tutti gli uomini sono stati creati  
uguali, che essi sono dotati dal loro Creatore di alcuni  
Diritti inalienabili, che fra questi vi sono la Vita,  
la Libertà e la ricerca della Felicità"

Thomas Jefferson (1743-1826)

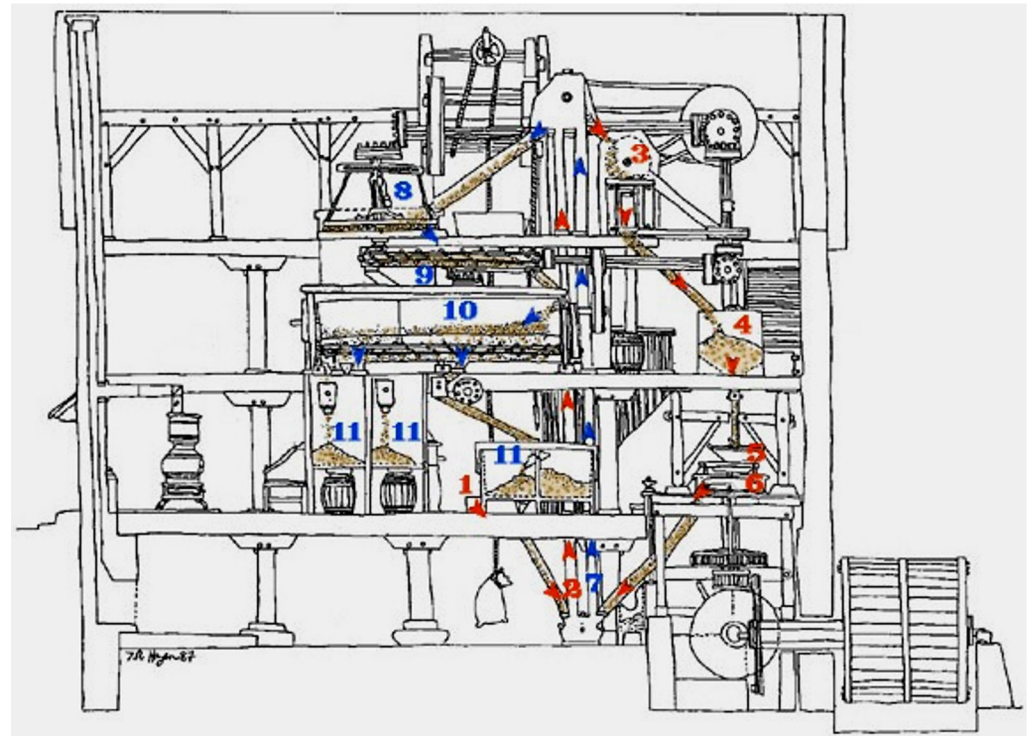


# 1790 - Stati Uniti

Applicazioni tecnologiche immediate dei principi costituzionali e diffusione negli Stati Uniti della cultura industriale britannica

**Oliver Evans (1755 – 1819)**

Impianto per la produzione automatica di farina su vasta scala





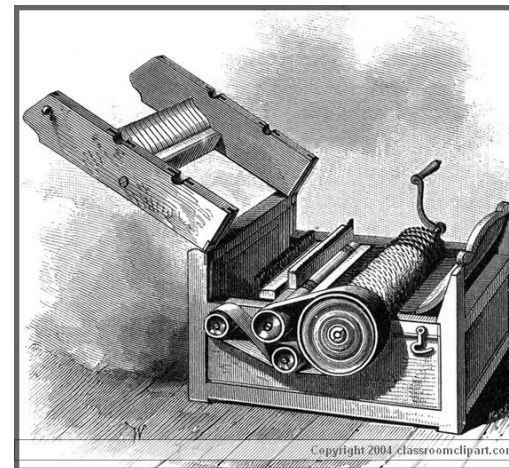
# 1792-3 - Stati Uniti

**Eli Whitney (1765-1825)**

1792: Macchina per la rasatura dei tessuti

1793: Macchina sgranatrice del cotone - *Cotton gin*

- separazione automatica dei semi dalle fibre, nettamente più rapida ed economica di quella manuale
- Permette un forte aumento dell'offerta del cotone americano destinato ai mercati europei, rendendolo competitivo con quello indiano (che, avendo fibre più lunghe, è più facile da sgranare a mano)
- Effetti collaterali: aumento delle piantagioni di cotone e della richiesta di schiavi (provenienti dall'Africa equatoriale)



# ~1809 - Stati Uniti

Produzione di fucili con pezzi standardizzati ed intercambiabili

## Eli Whitney (1765-1825)

1798: “convince” il dipartimento della guerra a commissionare un contratto per la fornitura di 10.000 moschetti

- promosso da Thomas Jefferson, futuro presidente USA, che da ambasciatore a Parigi aveva conosciuto Honoré Blanc

1809: oltre 10 anni sono necessari per implementare la tecnica: macchine di precisione, dime, maschere, stampi (ma senza il pieno successo)

1825: affermazione

- Whitney diventa un grande promotore della produzione in serie



# 1813 - Stati Uniti

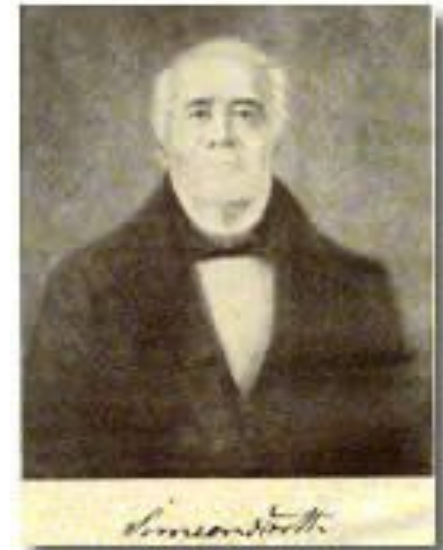
Produzione di pistole in serie a pezzi intercambiabili

## **Simeon North (1765-1852)**

1800: concezione dell'idea

1813: contratto federale per la fornitura di 20.000 pistole a pezzi totalmente intercambiabili

- sono necessari alcuni anni per realizzare la tecnica produttiva
- comporta minor abilità e addestramento degli operai



Gradualmente gli Americani diventano i veri pionieri della produzione in serie ... a metà ottocento i britannici vengono in America ad imparare la tecnologia



Modello 1816

# '800 - Macchina a vapore ed Energia

Nei primi decenni del secolo, la macchina a vapore (statica) produce una rivoluzione culturale in campo scientifico e tecnico:

- realizza l'unificazione di due forme energetiche sfruttate da millenni, ma sempre ritenute tra loro totalmente diverse, per natura ed applicazioni: quella **termica** e quella **meccanica**
- avvia una nuova disciplina scientifica, la **termodinamica**, che avrà un ruolo primario nei grandi sviluppi della fisica del XIX e XX secolo
- gradualmente fornisce **livelli di energia** meccanica impensabili con le macchine precedenti (ruote ad acqua, a vento) ed in modo non solo versatile, ma anche ubiquo e continuo

# Macchina a vapore ed energia

Risorse usate:

- risorsa energetica primaria: **carbone** (ampiamente disponibile in Inghilterra) = combustibili fossili usati per la prima volta su grande scala in occidente
- motore primario (convertitore): **macchina a vapore**
- materiale strutturale: **acciaio** (di discreta qualità)

ma si continuano ad usare ancora per tutto l'Ottocento:

- mulini a vento (sviluppi già visti), con generazione aleatoria
- ruote idrauliche (sviluppi successivi → turbine dopo la metà dell'800) con rendimenti >> delle macchine a vapore, ma potenze limitate (pochi kW) e pesanti limitazioni logistiche

# Ruote idrauliche moderne

## Indagini teoriche

1754: studi teorici di **Leonhard Euler** (1707-1783)

1759: studi teorici di **Smeaton**

XIX secolo: evoluzione verso vari tipi di turbine



mulino americano dell'ottocento

# '800 – Macchina a vapore ed industria

Impiego nel settore manifatturiero:

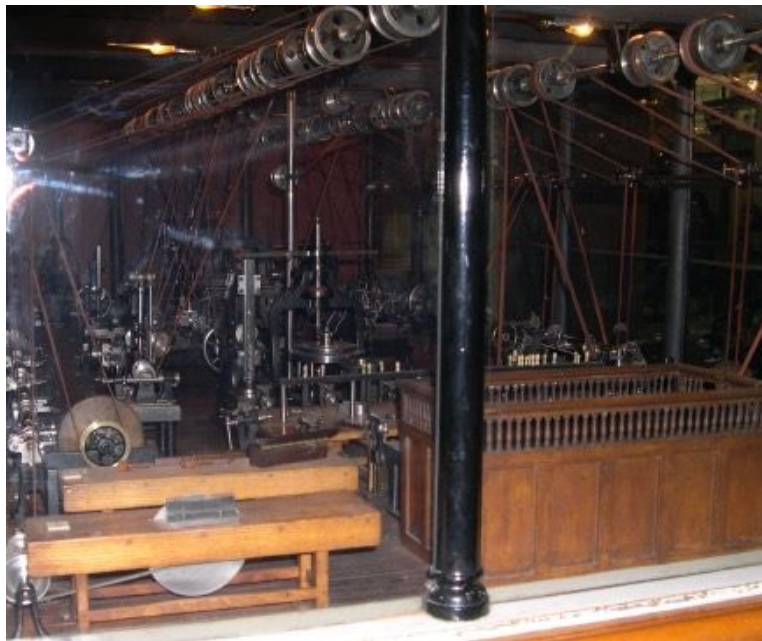
- Una sola macchina a vapore eroga livelli tali di potenza da tali poter azionare parecchie macchine operatrici
- Sulla base di tale disponibilità di potenza vengono organizzati opifici di nuova concezione, motorizzati da una macchina a vapore, che conseguono un forte aumento di produttività
- È grazie anche alla disponibilità energetica offerta dalla macchina a vapore che si afferma il sistema produttivo di fabbrica (*factory system*)

# >1810 - Gran Bretagna

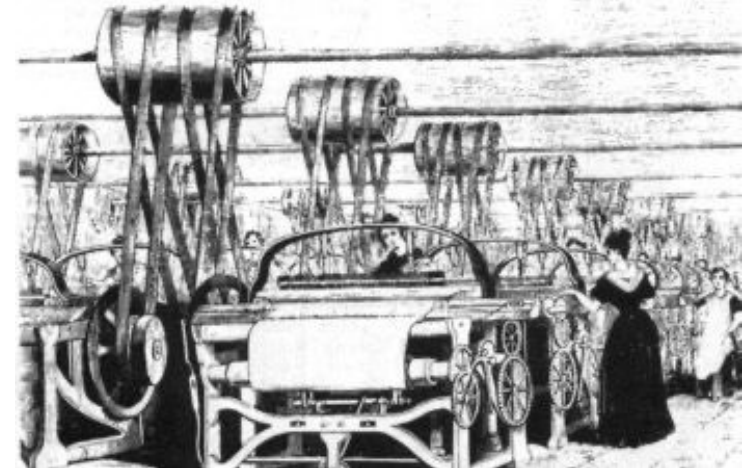
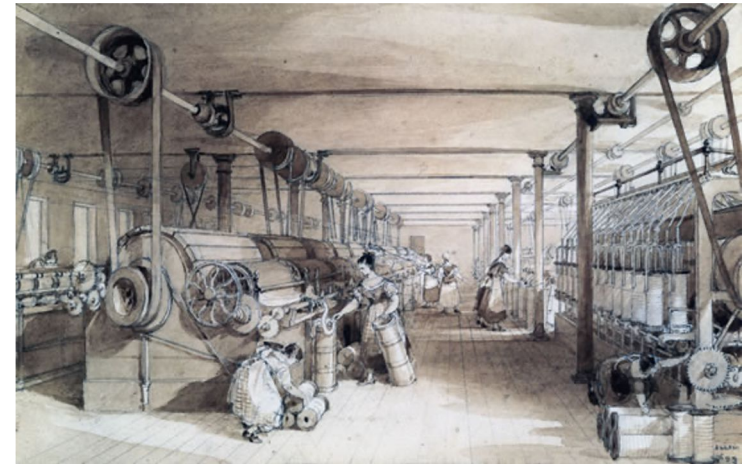
## Meccanizzazione dei processi produttivi

- distribuzione dell'energia meccanica da una sola macchina a vapore a molte macchine operatrici per mezzo di sistemi a soffitto di alberi, pulegge e cinghie

Comparto tessile: cardatrici, filatoi e telai (stampe ~1830)



Modello di fabbrica meccanica del XIX secolo -  
London Science Museum





# >1810 - Gran Bretagna

## Meccanizzazione dei processi produttivi

- Gradualmente estesa a produzioni di ogni tipo



Falegnameria inglese del XIX secolo



Falegnameria del King's Landing Site - New Brunswick (Canada) - seconda metà del XIX secolo

# 1800 - Gran Bretagna

## Industria chimica

Stabilimento a Glasgow per la produzione di sbiancanti in polvere a base di cloro

### **Charles Tennant (1768-1838)**

- Cloruro ed ipoclorito di calcio in polvere, realizzati nel 1799, più facili da trasportare di quelli liquidi (metodo Berthollet) usati in Francia dal 1785 e in Gran Bretagna dal 1787
- Grande successo nell'industria tessile - sbiancamenti rapidi ed economici
- Come già visto, i metodi tradizionali erano lentissimi e costosi

# 1804-13 - Gran Bretagna

## William Radcliffe (1760-1841)

1804: Telaio automatico motorizzato a vapore e munito di una ruota ad uncini per l'avanzamento del tessuto

- Migliora il telaio a vapore di Cartwright del 1787, portandolo al successo
- Esemplifica la progressiva automazione dei processi produttivi



## William Horrocks

1813: Telaio automatico motorizzato a vapore

- Miglioramento dei telai a vapore di Cartwright del 1787 e di Radcliffe del 1804
  - Sviluppi avviati nel 1803
  - Pre-trattamento integrato del filato nell'ordito
  - Migliore avvolgimento del tessuto in uscita dai licci
- migliore qualità dei tessuti

# Evoluzione delle macchine tessili

1725-8 telai a programma per tessuti operati di Bouchon e Falcon

1733 telaio a spola volante di Kay

1738 filatoio a cilindri di Paul

1745 telai automatici di Kay e di Vaucanson

1748 cardatrice di Kay

1748 cardatrice di Paul

1764-8 filatoio a otto fusi *spinning Jenny* di Hargreaves

1769 filatoio per cotone di Arkwright

1774 telaio automatico di Barber

1779 filatoio universale *mule Jenny* di Crompton

1787 telaio motorizzato automatico di Cartwright

1789 cardatrice motorizzata automatica di Cartwright

1789 telaio motorizzato automatico di Austen

1793 sgranatrice del cotone *cotton gin*

1803-5 telaio motorizzato automatico di Johnson

1803 macchina per stampa del cotone di Bell

1804 telaio automatico di Jacquard

1804 telaio motorizzato automatico di Radcliff

1813 telaio motorizzato automatico di Harrocks

## **>1810 - Dinamica della produzione industriale britannica**

Effetto delle innovazioni tecnologiche e dell'introduzione del sistema industriale manifatturiero in Gran Bretagna:

- dal 1700 al 1870 la produzione tessile aumenta di 3000 volte
- gli altri comparti industriali presentano dinamiche simili

# ~1800 - Gran Bretagna

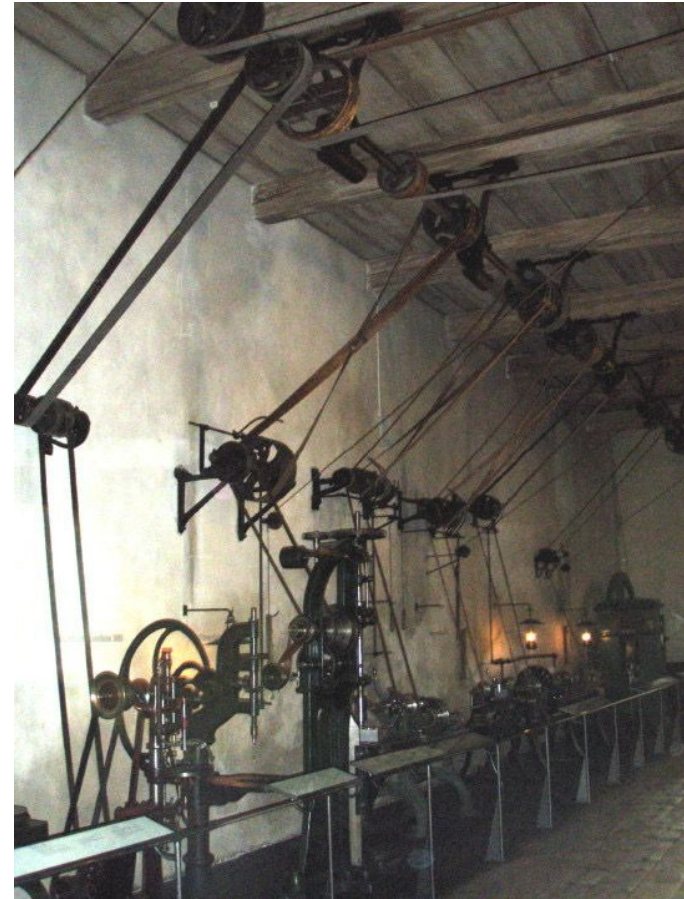
La produzione industriale britannica viene assorbita dai mercati esteri (esportazione prevalente)

- Dominio britannico del commercio internazionale
  - carbone, ferro, prodotti tessili, macchine a vapore, ferrovie, ....
- La Gran Bretagna è in grado di imporre sui mercati internazionali qualsiasi prodotto
- Il dominio dei mercati garantisce alla Gran Bretagna l'afflusso di formidabili risorse finanziarie
- Per buona parte del secolo l'economia britannica rimane la più avanzata del pianeta

# >1810 - Gran Bretagna

Inizia il trasferimento tecnologico internazionale

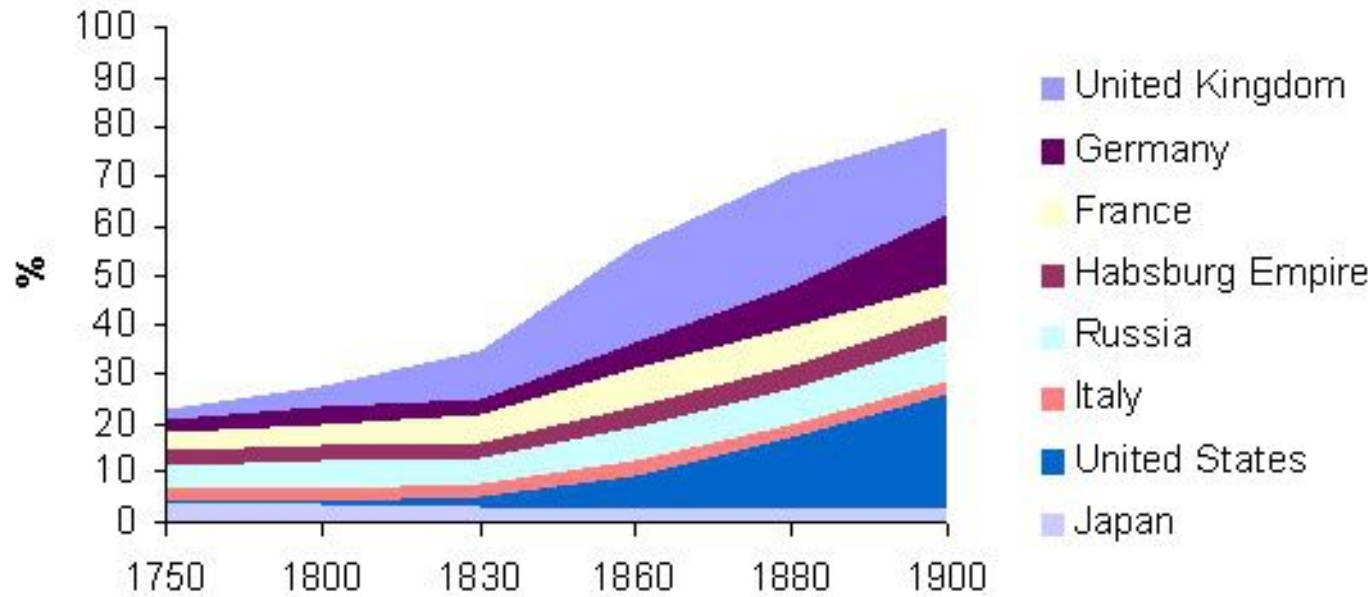
- I tentativi inglesi di mantenere il monopolio tecnologico per mezzo di divieti legislativi alla sua esportazione falliscono clamorosamente
- Le tecnologie britanniche costituiscono il modello dello sviluppo industriale prima per l'Europa Occidentale, poi per gli Stati Uniti e in seguito per paesi di altri continenti che presentano condizioni favorevoli



Deutsches Museum - Monaco

# Ripartizione della produzione industriale mondiale dal 1750 al 1900

**Relative Share of World Manufacturing Output,  
1750-1900**





# Evoluzione delle macchine agricole

Continua l'immissione di nuove macchine, più evolute delle precedenti (ricerca di maggiore rendimento, produttività, automazione)

1701 seminatrice automatica di Jethro Tull

1730 aratro Rotherham a vomere metallico

1732 trebbiatrice di Menzies

1745 timone direzionale nei mulini a vento di Lee

1772 pale a saracinesca nei mulini a vento di Meikle

1775 mulino a vapore

1782 seminatrice automatica di Cooke

1786 trebbiatrice per frumento di Meikle

1787 regolatore centrifugo delle vele nei mulini a vento di Mead

1793 macchina sgranatrice del cotone di Whitney

1802 motrice a vapore statica per macchine agricole

1807 regolatore delle pale nei mulini a vento di Cubbit

1834 mietitrice automatica di McCormick

Sono alla base dello spostamento progressivo della forza lavoro dal settore primario (agricoltura e industria estrattiva) al secondario (manifatturiero)

# ~1800 - Gran Bretagna

Evoluzione dell'occupazione in Gran Bretagna tra 1801 e 1901:

- Occupati in agricoltura: dal 34% al 8,9%
- Occupati nel settore manifatturiero: dal 29,7% al 46,3%
- Occupati in commerci e trasporti: dal 11,2% al 21,4%

# Implicazioni sociali

## Artigiani e contadini ridotti a operai salariati

- Salari minimi, a livelli di sussistenza (= povertà estrema)
- Nasce una nuova classe sociale: il **Proletariato**
- Totale mancanza di garanzie sindacali (no assistenza sanitaria, no sussidi di disoccupazione, no pensioni)
- Disciplina ferrea in fabbrica/miniera
- Orari di lavoro massacranti (14-16-18 ore)
- Lavoro femminile ed infantile (specie in miniera, pagati meno degli uomini)
  - i lavoratori devono pagare l'affitto degli utensili usati nel lavoro (industria estrattifera)
- Condizioni igienico-sanitarie precarie

## Verso la fine del settecento:

- Urbanizzazione in quartieri malsani e squallidi (Lancashire, ...), nasce la città industriale moderna (la prima è Manchester)

# Implicazioni sociali

## Contrattazione per sommossa: 1740, 1765, 1773, 1811-1817

- Luddismo (da Ned Ludd, leggendario operaio di fine settecento distruttore del telaio del padrone) azioni nel 1811-12
- Sommosse e distruzione di impianti a bassa richiesta di manodopera
  - 1753: Kay
  - 1769: Hargreaves
  - 1778-1780: Arkwright
  - 1791: manifattura con telai automatici Cartwright a Manchester
  - 1812: manifattura Cartwright
- Talvolta vincente
  - 1778: *Spitalfields Act*: stabilisce livelli salariali minimi
- Più spesso azioni repressive durissime
  - 1769: legge contro la distruzione di impianti (con pene capitali)
  - 1799-1801: *Combination Acts*: proibizione delle associazioni sindacali
  - 1812: *Frame Breaking Act* e *Malicious Damage Act*
  - 1812: processo e condanne capitali per assalto manifattura Cartwright

# Implicazioni sociali

## Peraltro

- L'aumento di produttività dovuto alla meccanizzazione comporta costi e prezzi più bassi  
es.: nel giro di 50 anni a cavallo dell'1800 il numero di addetti ai filatoi è ridotto di 4/5 e il costo del filato di cotone di 9/10, quello dei tessuti di 1/2

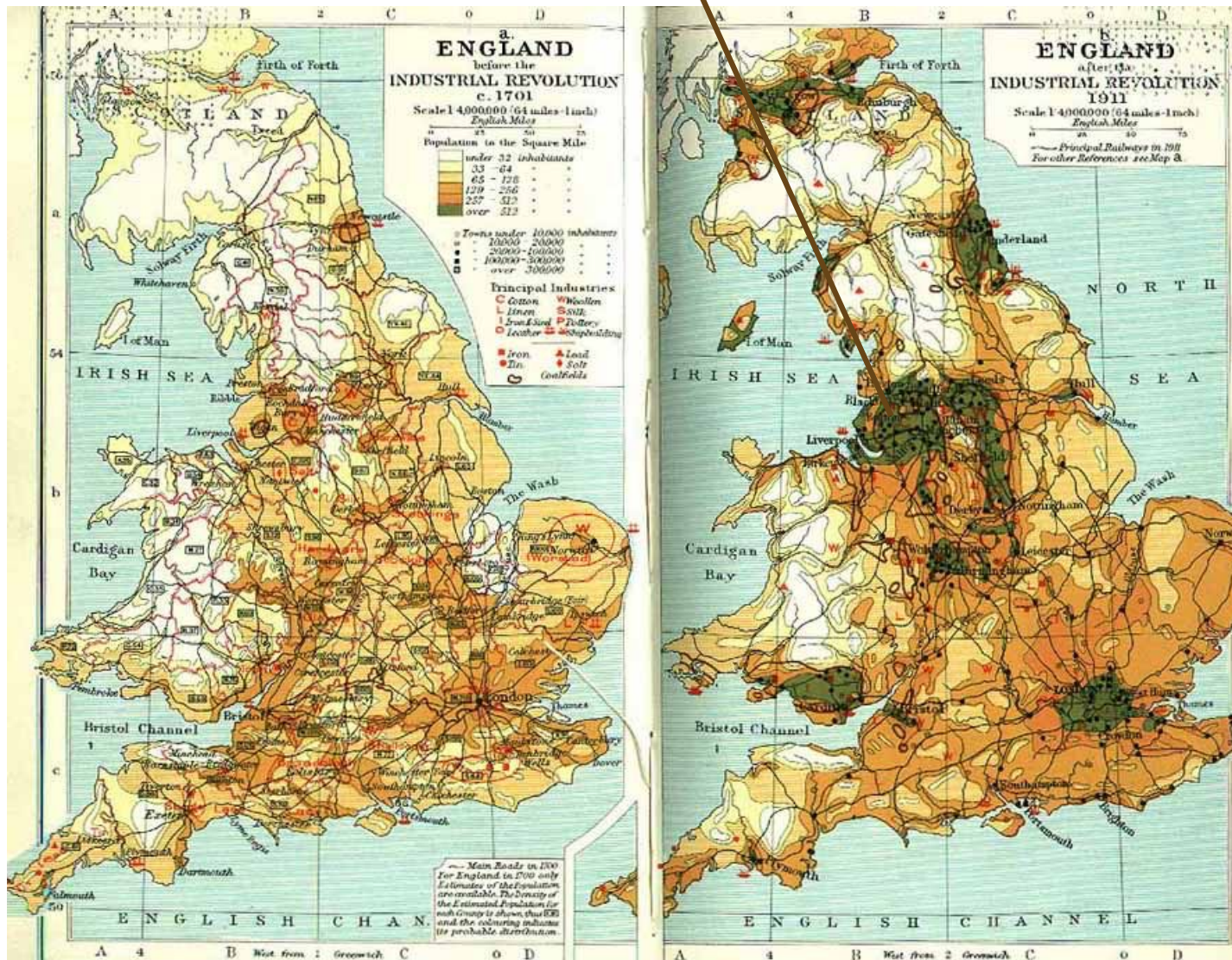
E col tempo la disponibilità di prodotti a costi contenuti induce:

- espansione del mercato, espansione dei commerci, conquista dei mercati esteri non protetti
- aumento della produzione
- riassorbimento della manodopera
  - Emanazione di leggi più democratiche, volte a prevenire evoluzioni rivoluzionarie

# Dinamica demografica

Lancashire (Liverpool, Manchester, Leeds, cuore della rivoluzione industriale tessile)

Raddoppio della popolazione in 60 anni



# 1801 - Stati Uniti

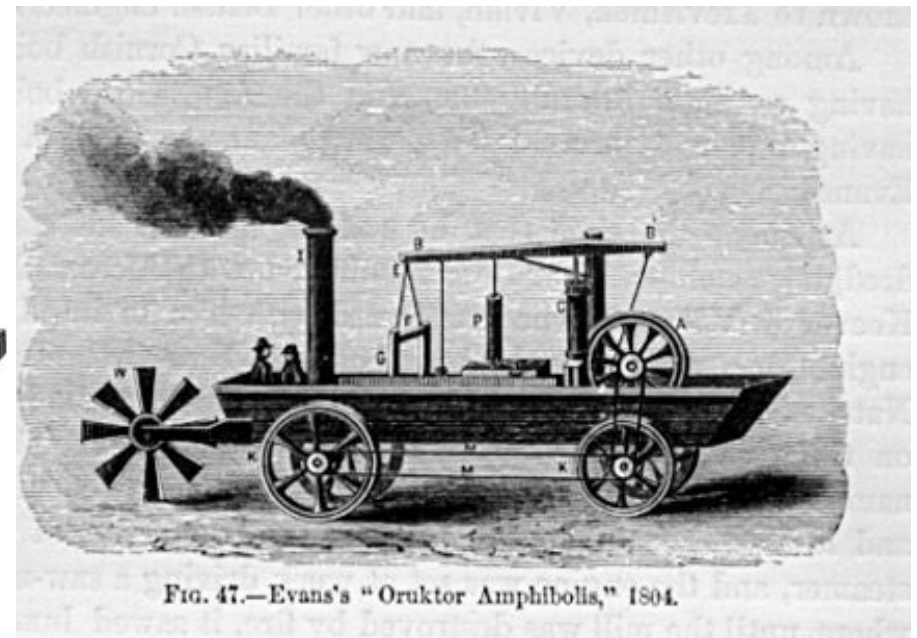
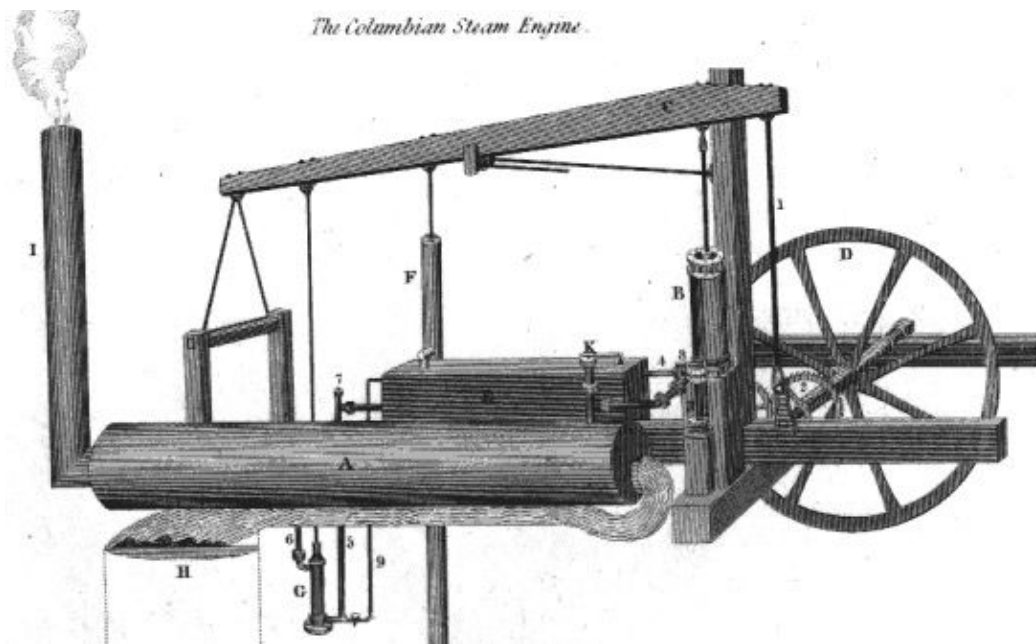
Impiego della macchina a vapore per propulsione

Macchina a vapore in alta pressione

**Oliver Evans (1755-1819)**

Pensata per muovere una draga anfibia, mai realizzata

- Diffusione di autovetture a vapore (non ferroviarie) dopo la metà del secolo



# 1803 - Gran Bretagna

Battello a vapore a ruote (posteriori) per navigazione fluviale -  
*Charlotte Dundas* (17 metri)

**William Symington** (1764-1831)

- Dimostrazione di successo
- Ma senza seguito, per mancanza di un concreto interesse allo sviluppo commerciale, curiosità tecnica di un aristocratico

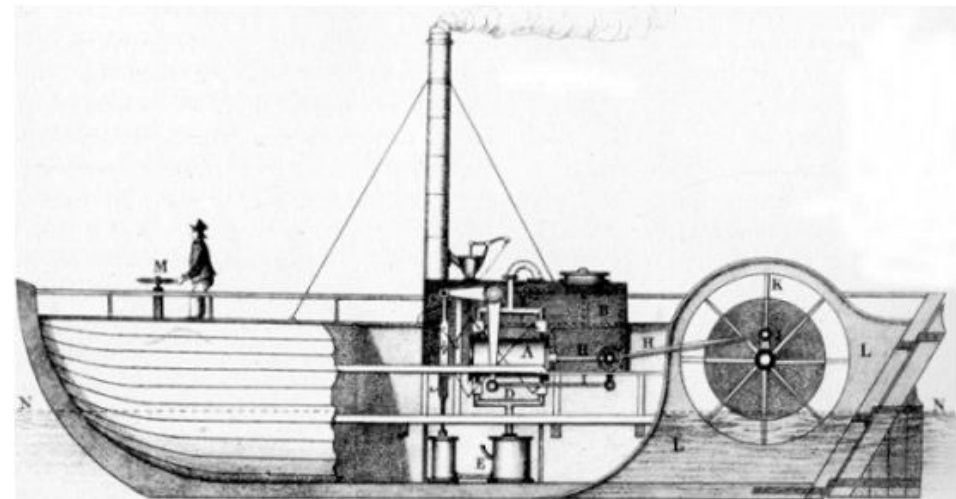


come nei casi precedenti:

**Claude-François-Dorothée**

1776: *Palmipède* e

1783: *Pyroscaphe*





# 1797-1801 - Stati Uniti

Nuove idee innovative per la navigazione

**Robert Fulton (1765-1815)**

1797: torpedine (proto-siluro)

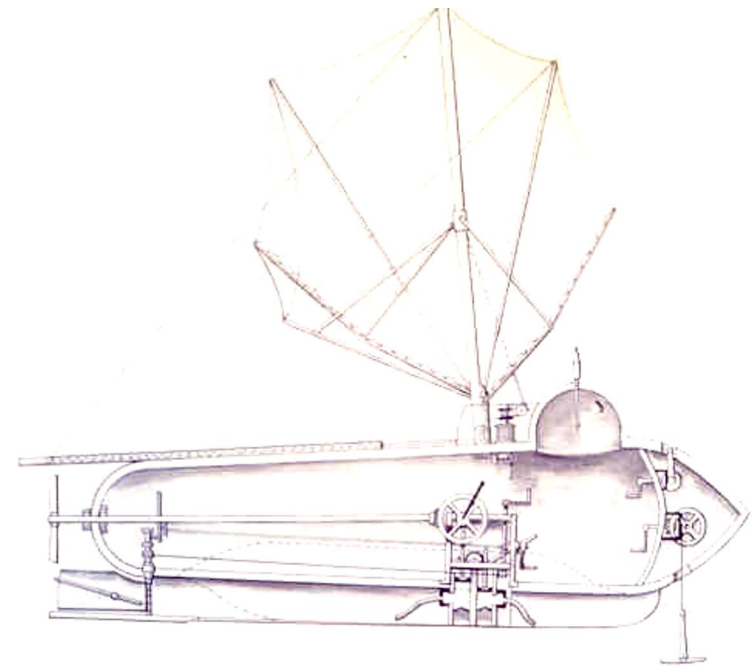
1798: elica a quattro pale

1801: sommergibile *Nautilus*

- operativo, azionato a forza muscolare, proposto a Napoleone con scarso successo

1803: battello a vapore

- naviga sulla Senna



*Fulton's Nautilus 1800*

# 1807 - Stati Uniti

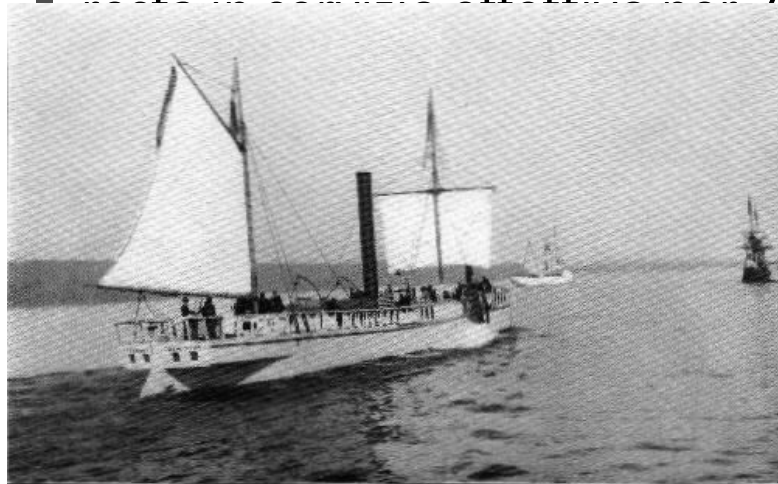
*Clermont* (40 m) – Battello a vapore a ruota (2 ruote laterali)

per navigazione fluviale commerciale

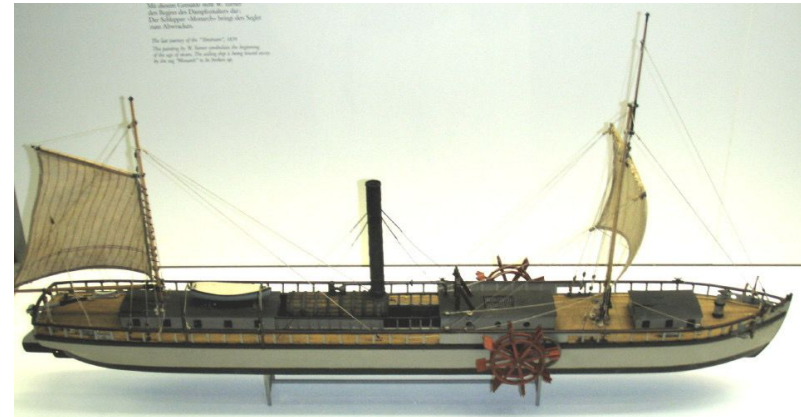
**Robert Fulton** (1765-1815)

- usa una macchina a vapore Bulton & Watt da 15 kW
- dimostrazione sull'Hudson da New York ad Albany (240 km), con grande successo (6 volte più veloce dei battelli a vela)

– resta in servizio effettivo per 7 anni



THE CLERMONT PROCEEDING WITH STEAM AND SAIL: SILVER VIEW

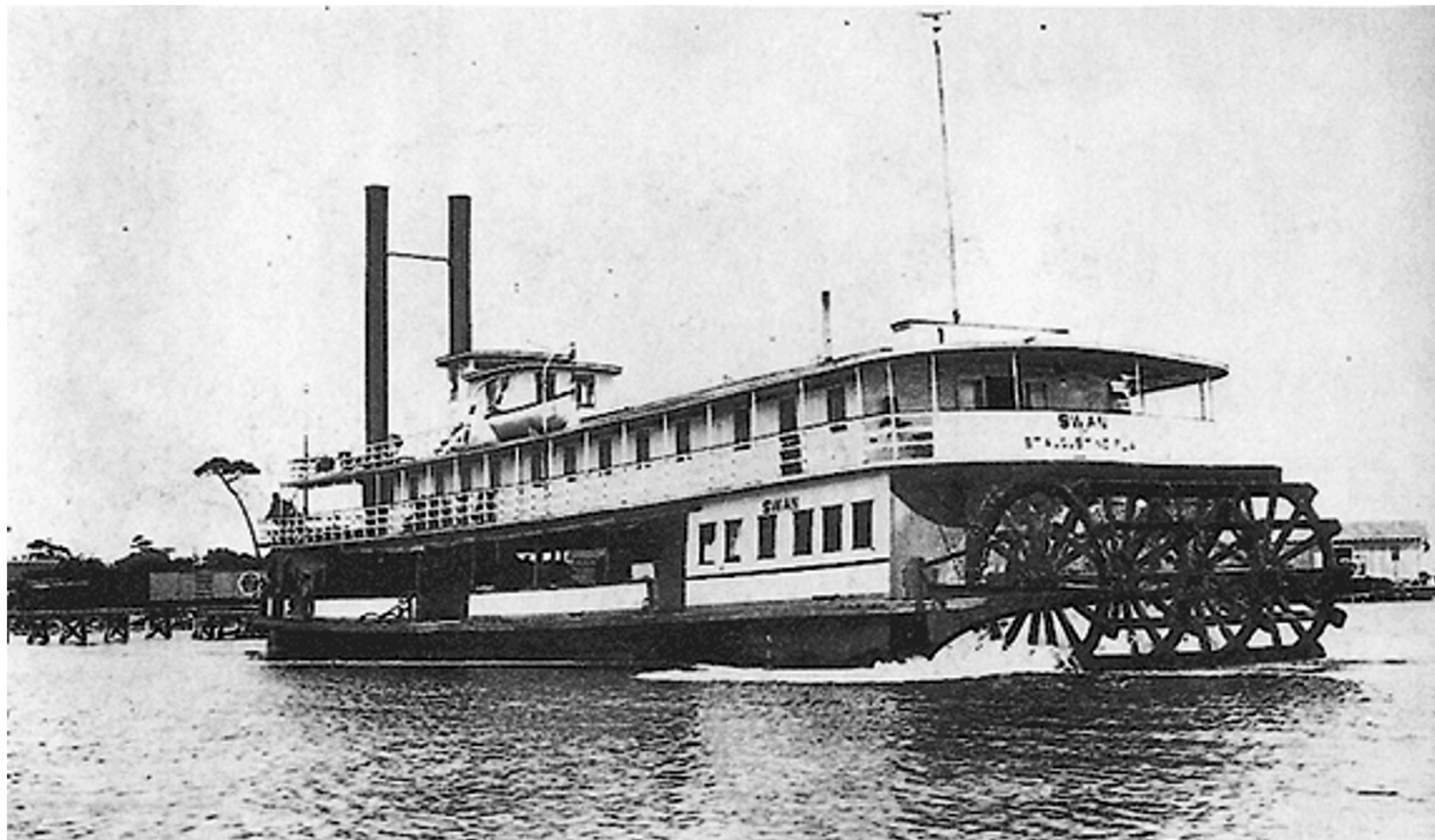


Deutsches Museum - Monaco

# Battelli fluviali a vapore

1809: anche navigazione oceanica sottocosta (cabotaggio)

~1850: evoluzione con ruota posteriore

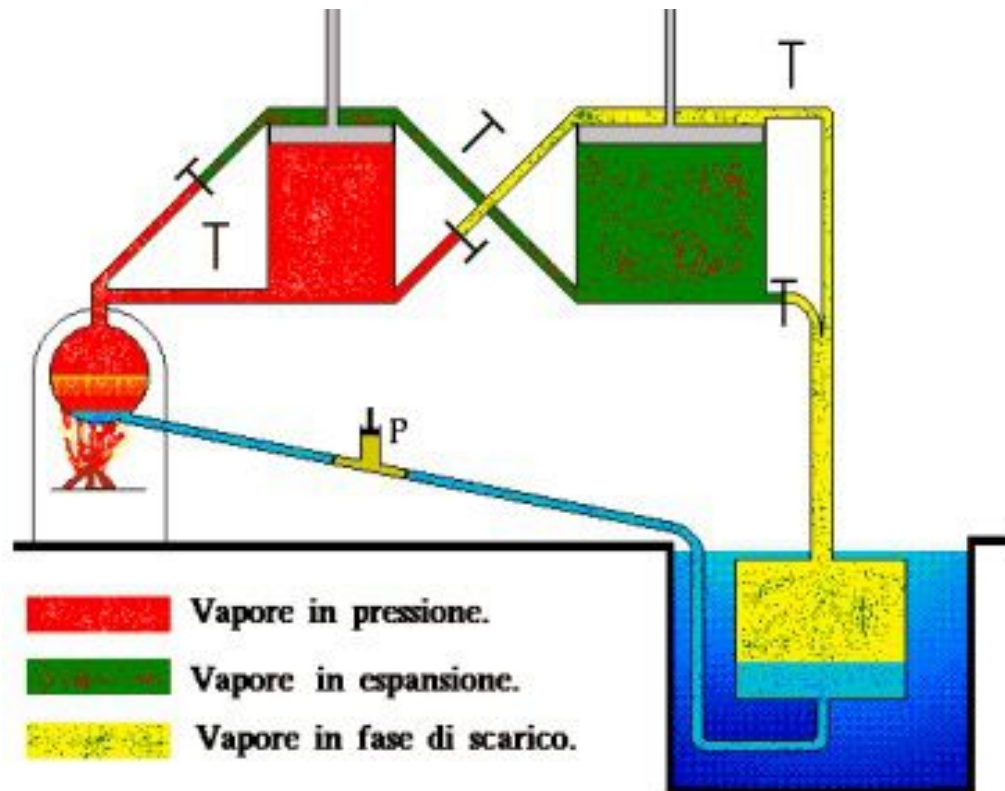


# 1804 - Gran Bretagna

Macchina a vapore a due stadi - *compound*

**Arthur Woolf** (1766-1837)

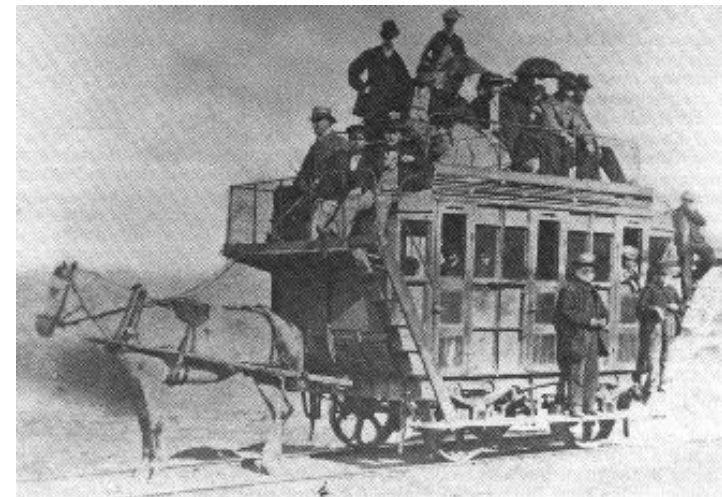
- funziona in alta pressione (3 ÷ 4 atm)
- elevato rapporto potenza/peso e rendimento ( $\eta=7,5\%$ )



# 1801 - Gran Bretagna

## Trasporto a trazione animale su binari in legno

- Linea di 16 km Wandsworth-Croyton (a sud di Londra)
- Sviluppi:
  - Binari rivestiti in lamiera (riducendo l'attrito aumentano il carico trainabile)
  - Binari in ghisa (più resistenti ai grandi carichi) e quindi in buon ferro (quando questo può essere prodotto a costi contenuti)
- Carichi trainabili da cavalli:
  - Carro su strada: 0,8 - 2 tonnellate (in funzione del tipo di strada)
  - Carro su binari di ferro: 8 tonnellate



tram a cavalli gallese del 1870

# 1797 - Inghilterra

Locomotiva a vapore  
(modello di piccole dimensioni)

**Richard Trevithick (1771-1833)**

- grazie ai progressi in siderurgia
- caldaia ad alta pressione  
(nettamente maggiore di quella di Watt)
- Maggiore rapporto potenza/peso
- uso per locomozione (sperimentale)

1801: Modello di dimensioni maggiori usato  
su strada, scarsa autonomia

dopo il modellino di Murdock del 1784



modello del 1801

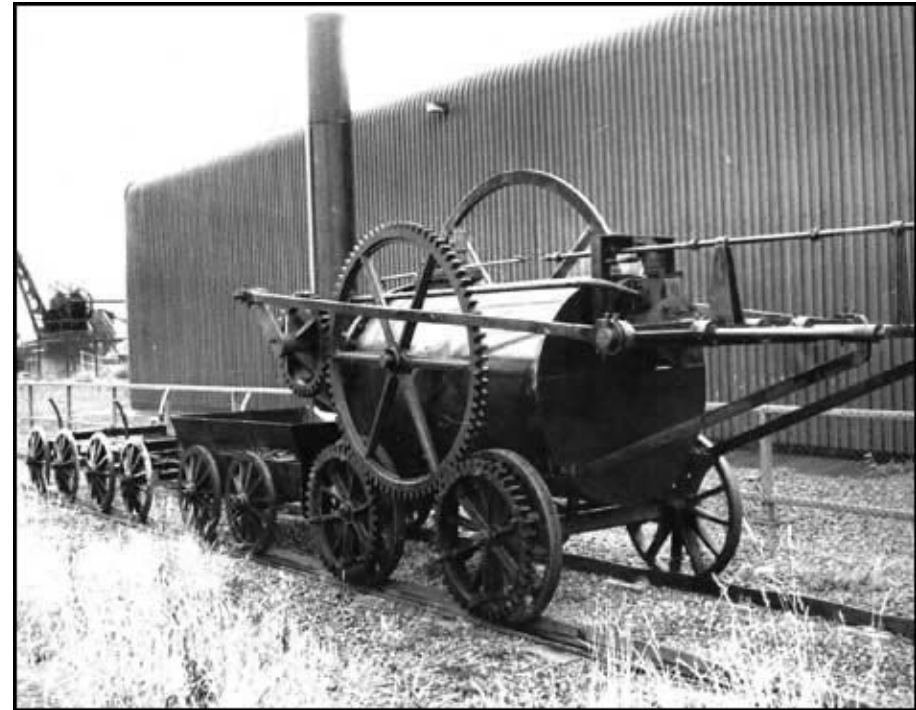
# 1804 - Gran Bretagna

Prima ferrovia a vapore (dimostrativa) in Galles  
motrice a vapore *Pennydarren* su **binari** in ghisa  
**Richard Trevithick** (1771-1833)

- Motrice in “alta” pressione → abbastanza compatta per la locomozione
- Disegno rivoluzionario ad asse orizzontale e alta velocità

Prova dimostrativa:

- Carico trainato = 10 ton di ferro  
+ 70 passeggeri per 9 miglia a 5 mph
- 3 prove: ogni volta rottura dei binari,  
realizzati in ghisa di bassa qualità



# 1804 - Gran Bretagna

Richard Trevithick (1771-1833)

*Pennydarren*



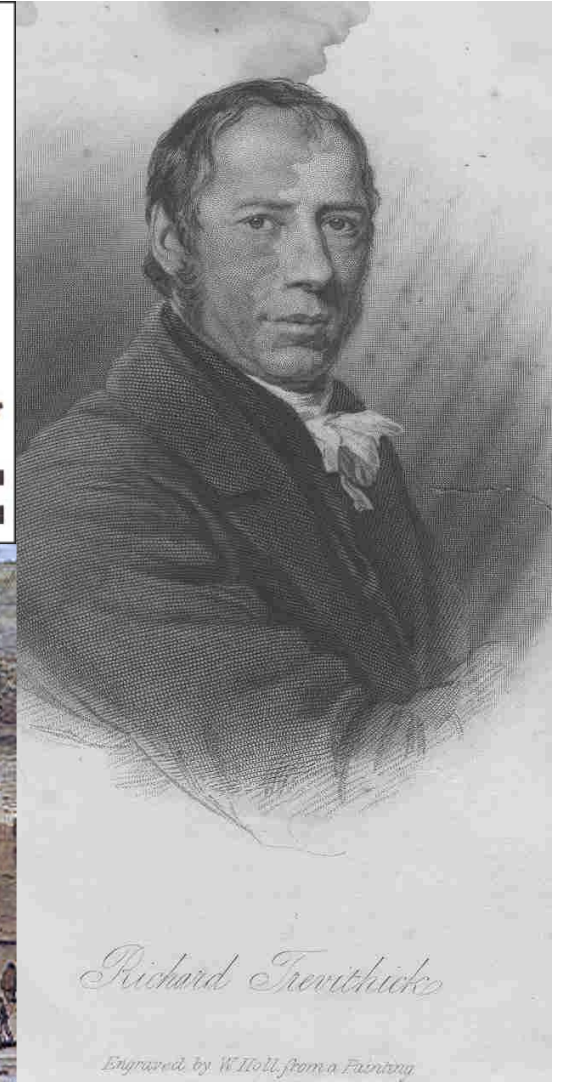
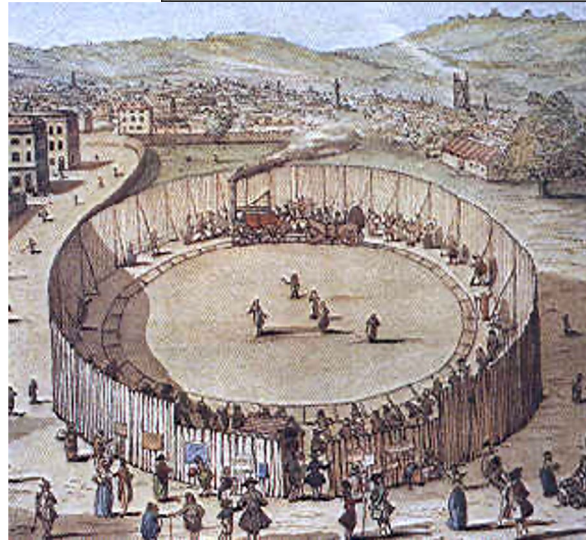
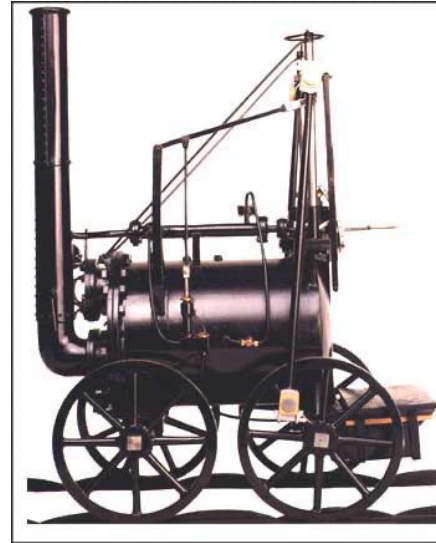


# 1808 - Gran Bretagna

Ferrovia a vapore operativa

**Richard Trevithick (1771-1833)**

- motrice - *Catch me who can*
- uso ludico e promozionale
- rottura dei binari
  
- successivo uso in miniere d'argento in Perù
- anche nelle miniere di Trevithick, andato in Sud America a cercare fortuna

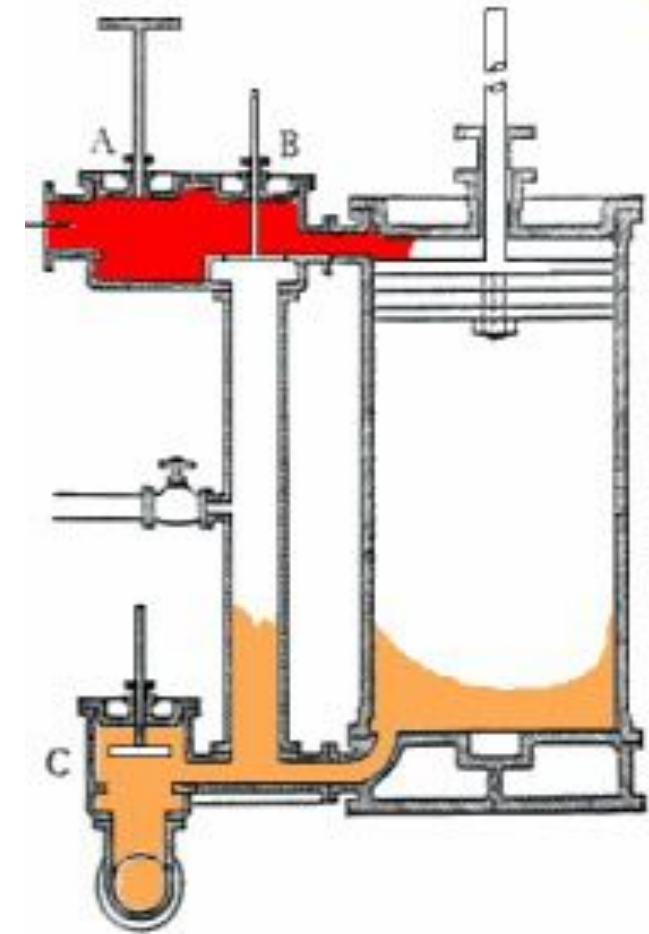


# 1812 - Gran Bretagna

## Macchina a vapore *Cornovaglia*

**Richard Trevithick (1771-1833)**

- alto rendimento, grazie alla pressione elevata (3 atm)
- bassa manutenzione
- grande diffusione fino alla fine del XIX secolo
- usata per pompaggio dell'acqua e attività agricole (trebbiatura, macinatura,...)



# Evoluzione delle macchine a vapore

1698 Pompa *Miner's friend* di Savery

1712 Macchina *Atmospheric engine* di Newcomen ( $\eta=0,5\%$ )

1765 Macchina in bassa pressione con condensatore di Watt ( $\eta=2,7\%$ )

1784 Macchina a doppio effetto e parallelogramma di Watt ( $\eta=4,5\%$ )

1788 Regolatore a retroazione a sfere rotanti di Watt

1797 Locomotiva in alta pressione di Trevithick

1801 Macchina alta pressione di Evans

1804 Macchina a due stadi di Woolf ( $\eta=7,5\%$ )

1812 Macchina in alta pressione *Cornovaglia*

....

1878 Macchina a due stadi di Corliss ( $\eta=17,2\%$ )

1906 Macchina a tre stadi ( $\eta=23\%$ ) – molto grande, per uso marino

# Macchine a vapore statiche

Motorizzazione, aumento della produttività, disponibilità di elevate potenze, riduzione dei costi totali, riduzione degli addetti

Primi impieghi nelle miniere per azionamento di pompe

1717: azionamento di idrovore da miniera (Cornovaglia)

Poi nell'industria manifatturiera pesante al posto della ruota idraulica (inizialmente per ubiquità e continuità di servizio, non per potenza)

1770: mantici per forni alle Ferriere di Carron

1776: mantici per forni alle Ferriere Wilkinson

1784: maglio per metallurgia

1796: laminatoio ad avanzamento continuo (con moto rotatorio)

# Uso delle macchine a vapore statiche

con la conversione del moto alternativo in rotatorio continuo

... nell'industria manifatturiera leggera

1774: fabbrica di oggetti metallici di Boulton a Soho

1780: fabbrica di Arkwright a Cromford (Derbyshire) con filatoi per cotone azionati da macchina a vapore Newcomen

1787: stabilimento Doncaster con telai Cartwright

1789: fabbrica con cardatrici Cartwright

1799: fabbrica con filatoi Arkwright (500 addetti)

....

... e in agricoltura

1785: mulino per grano

1802: azionamento statico di macchine agricole

▪ ....

# Macchine a vapore per locomozione

## Trasporti terrestri

velocità molto maggiori dei mezzi di trasporto precedenti

1770: Triciclo a vapore di Cugnot

1784: Piccola locomotiva sperimentale di Murdock

1797: Locomotiva *Pennydarren* di Trevithick

1804: Ferrovia *Catch me who can* di Trevithick

1814: Locomotiva *Blücher* di Stephenson

1825: Locomotiva *Locomotion n.1* dei Stephenson

1829: Locomotiva *Rocket* dei Stephenson

## Trasporti navali

velocità molto maggiori dei vascelli precedenti

1710: circa Papin ...

1776-1783: *Palmipède e Pyroscaphe* di Claude-François-Dorothee

1801: Battello *Charlotte Dundas* di Symington

1807: Battello *Clermont* di Fulton

1819: Piroscrafo oceanico *Savannah*

1833: Piroscrafo oceanico *Royal William*, ....

# Interdipendenze nello sviluppo tecnologico

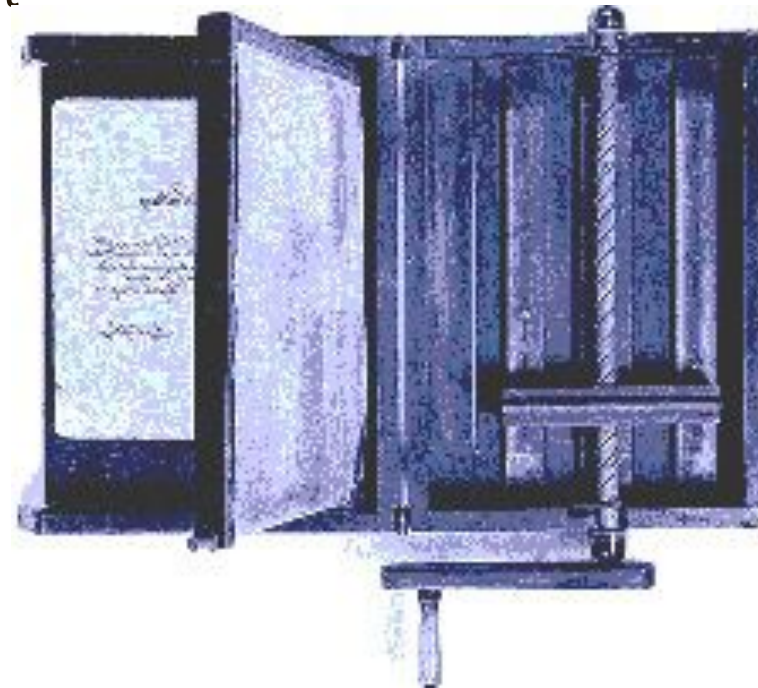
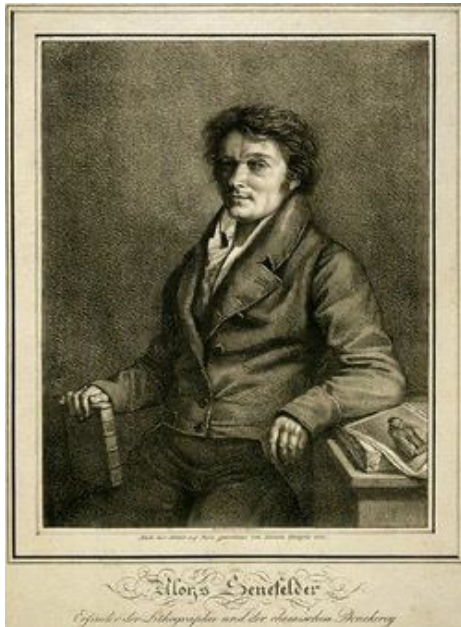
- Gli sviluppi siderurgici e metallurgici, nelle macchine utensili e nelle macchine a vapore sono fortemente correlati ed interdipendenti in tutta la prima rivoluzione industriale
  - lo saranno altri comparti tecnologici nella seconda, nella terza,...
  - come è inizialmente accaduto tra Watt e Wilkinson
- Le singole innovazioni nei diversi settori si rafforzano reciprocamente (sinergie), determinando grandi aumenti di produttività
- In assenza di queste sinergie le invenzioni rischiano l'insuccesso

# 1798 - Germania

## Litografia

### Alois Senefelder (1771-1834)

- tecnica di stampa per riprodurre immagini: figure e disegni
- utilizza una lastra di pietra particolare sulla quale si disegna con una matita grassa, capace di trattenere selettivamente l'inchiostro
  - Alla base dell'odierno off-set





# 1801 - Germania

## Produzione di zucchero dalle barbabietole

### **Franz Carl Achard (1753-1821)**

- Sfrutta la scoperta del saccarosio nelle barbabietole del tedesco A. S. Marggraf del 1747
- Lo zucchero diventa molto economico e idoneo al grande consumo
  - marmellate, conserve, ...

