

**ASP**

**RIVOLUZIONI INDUSTRIALI**

**In quale misura siamo nella  
quarta?**

**Sandrine Labory**

La prima cosa da guardare per capire la quarta rivoluzione industriale è che cosa caratterizzano le rivoluzioni industriali e particolarmente le rivoluzioni precedenti?

Un aspetto importante da analizzare per capire le rivoluzioni industriali (RI) sono I cambiamenti tecnologici: ogni RI è associata a delle innovazioni specifiche e a delle nuove tecnologie.

Tuttavia, altri fattori determinano le RI: cambiamenti politici, culturali e sociali

# INDICE

1. La prima RI
2. La seconda RI
3. La terza RI
4. I fattori che caratterizzano le RI
  - Innovazioni e sistemi tecnologici
  - Cambiamenti politici, culturali e sociali

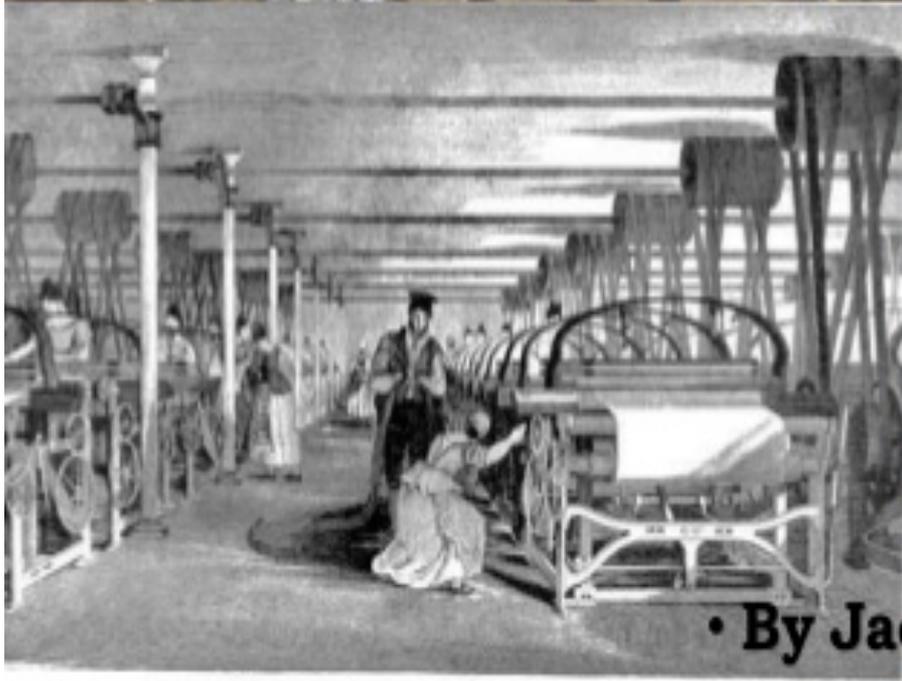
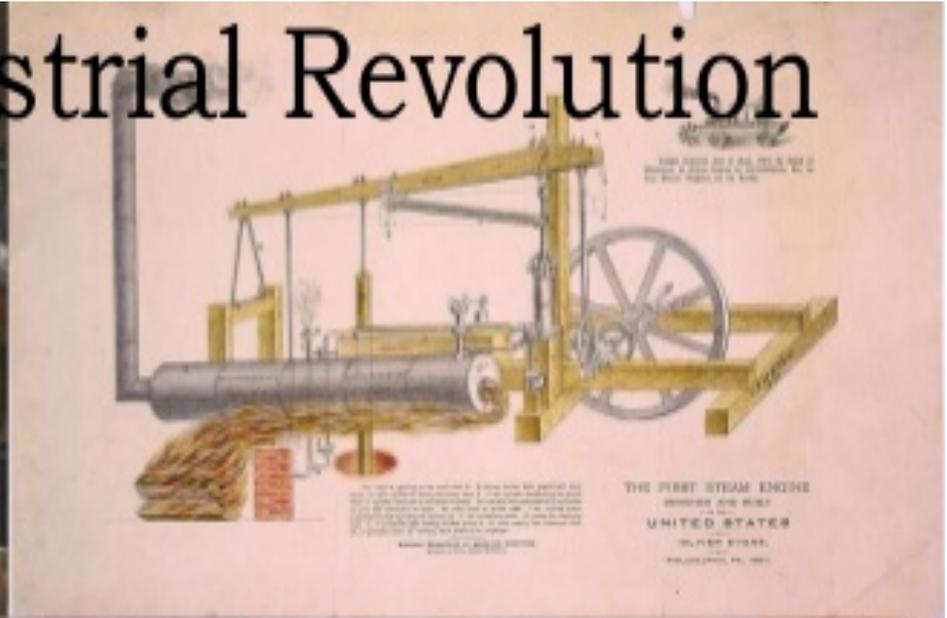
# **1. La prima rivoluzione industriale**

La prima RI si sviluppa durante 70 anni, dal 1760 al 1830 (circa).

Alcune delle industrie che diventano caratteristiche della prima RI si svilupparono già nel 500 e nel 600 (tessile ad esempio).

Durante la prima RI il tasso di crescita economica aumenta, un'onda di invenzioni e innovazioni avviene, e la l'organizzazione della produzione passa dall'artigianato alla fabbrica.

# The First Industrial Revolution



• By Jack Garrity

**Le industrie del cotone e del ferro** sono le industrie chiave del cambiamento.

## **Cotone**

La % della produzione di cotone nel valore aggiunto totale dell'industria passa da 2,6 nel 1770 al 17% nel 1801.

Ci sono molte invenzioni, dalla giannetta alla *waterframe* e la *spinning mule* (macchine filatrici).

Il numero di brevetti era circa 80 nel decennio 1704, passa a oltre 600 nel decennio 1790.

La produttività aumenta molto: il numero di ore per filare 50 kg di cotone si riduce del 85% dal 1780 al 1795, e del 93% dal 1780 al 1830.

## **Ferro**

La fusione del ferro con coke petrolifero invece di carbone vegetale, e la produzione di ferro maleabile (ondulato) rappresentano due invenzioni importanti nel settore metallurgico del 800.

Il costo del ferro si riduce molto grazie a queste invenzioni.

Innovazioni complementari: Smeaton ad esempio inventa un mulino ad acqua realizzato in ferro (al posto del legno), più efficiente dal punto di vista della produzione di energia.

Il prezzo decrescente del ferro permette il suo uso in molte tecniche e processi: ponti, nave ed edifici sono realizzati usando del ferro nella struttura, che li permette di essere meno pesanti e più robusti.

## **Infrastrutture di trasporto**

I trasporti migliorano grazie all'energia dell'acqua, i canali e il miglioramento delle strade.

Il governo inglese realizza grandi investimenti in queste infrastrutture (aiutato dalla creazione della Bank of England nel 1694).

Grandi cambiamenti indotti fuori dai settori industriali:

Anche il settore agricolo si organizza secondo linee capitalistiche.

**L'abolizione della servitù (1574)** nel Regno Unito ha contribuito alla prima RI perché ha liberato i lavoratori delle campagne che potevano andare a lavorare nelle fabbriche.

**Il sistema politico** ha anche favorito la RI perché dava potere alla borghesia e non solo ai nobili, nella **monarchia parlamentare nel 1688.**

# **Adam Smith (La ricchezza delle nazioni)**

Illustra i fondamenti politici e culturali della RI.

Mostra la dinamica positiva generata dalla presenza di **imprenditori** che cercano profitti e assumono lavoratori.

**Critica i monopoli**, soprattutto quelli stabiliti dal governo, attraverso regolamentazione.

Sottolinea anche i benefici che risultano dall'accesso a condizioni di vita migliore per tutta la popolazione, incluso i lavoratori, che permette lo **sviluppo civile** della nazione (**sostenibilità sociale**)

Nella prima RI le imprese erano piuttosto piccole:  
generalmente sotto 100 addetti

Nel corso dell'800 le imprese crescono fino a  
diventare molto grandi alla fine del secolo  
(ferrovie, acciaio,...).

Nei paesi europei le imprese crescono nello stesso  
modo (in dimensione e potere di mercato)

La prima RI non ha una base scientifica forte:

Le innovazioni risultano da processi di sperimentazione diretta, approssimazione, senza legami tra scienza e tecnologia.

Questo cambierà nelle seguenti RI.

## 2. Seconda rivoluzione industriale

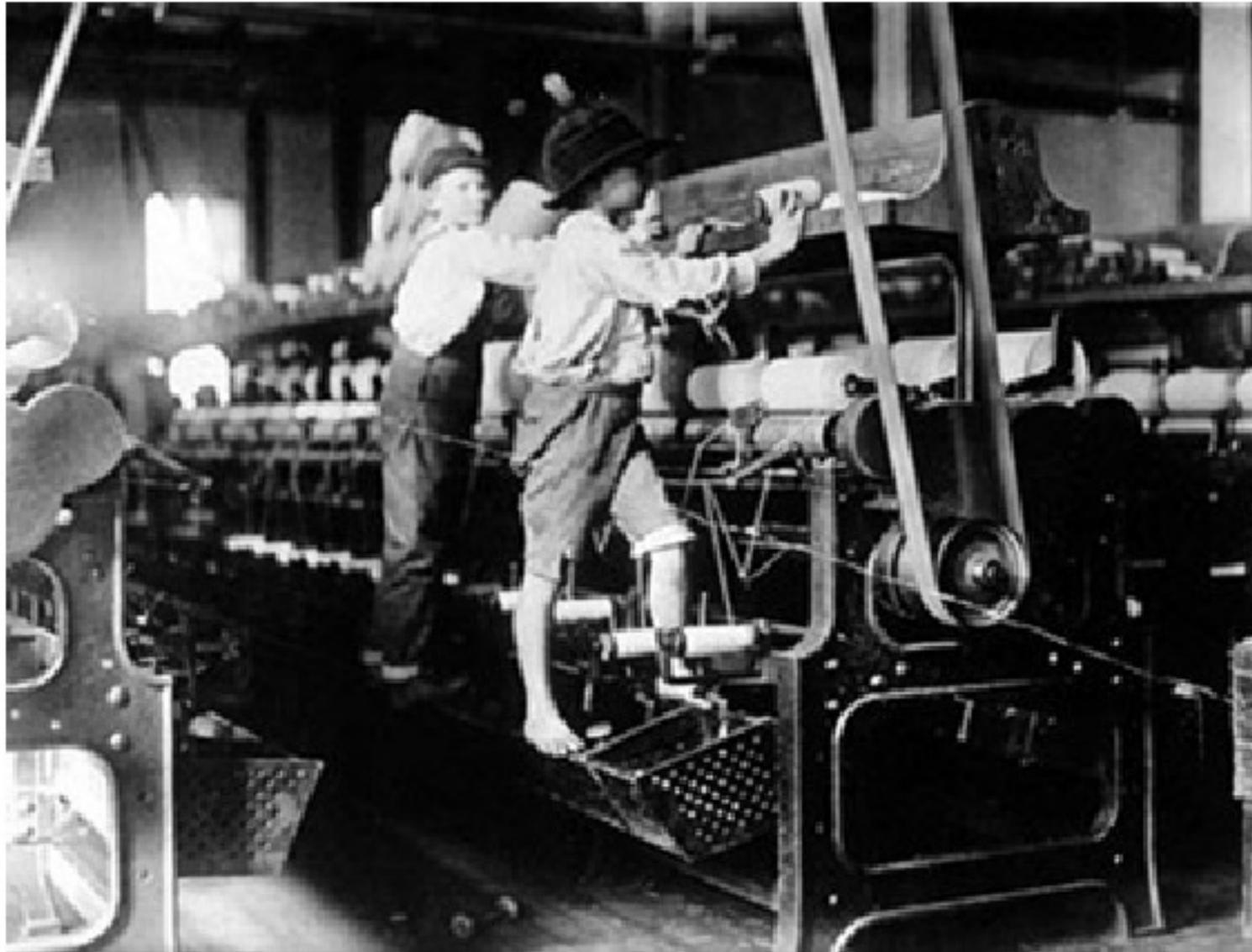
Dura circa 60 anni tra il 1860 e il 1920.

E' caratterizzata da una grande onda di innovazioni (materiali energetici, chimica e medicina)

Altra caratteristica è **la grande interazione tra scienza e tecnologia**: la ricerca scientifica si concentra sulle applicazioni tecnologiche, e lo sviluppo tecnologiche è anche orientato a testare le teorie scientifiche.

# The Second Industrial Revolution

*Inventions and Innovations that changed the world!*



La seconda RI ha così 3 caratteristiche importanti.

**1. Interazione tra scienza e tecnologia.**

Mowery and Rosenberg (1989) sostengono che il periodo 1859-1873 è il più intenso e denso d'innovazione nella storia economica.

**3. Nella RI diverse tecnologie convergono** per fornire nuovi prodotti e processi (macchine, elettricità, chimica, ecc.)

**2. Nuovo sistema di produzione:** si sviluppa la produzione di massa, a partire da Ford che la applica nella sua fabbrica nel 1913.



L'automobile è un prodotto nato dalla convergenza di diverse tecnologie: chimica (raffinerie di petrolio e produzione di carburante; gomma), ingegneria e elettricità, acciaio e metalmeccanica, ecc.

**La produzione scientifica (Taylor) e la produzione di massa** saranno sperimentate in questo settore nel 20imo secolo con Henri Ford che produce la Ford-T (nera) nella sua linea d'assemblaggio.

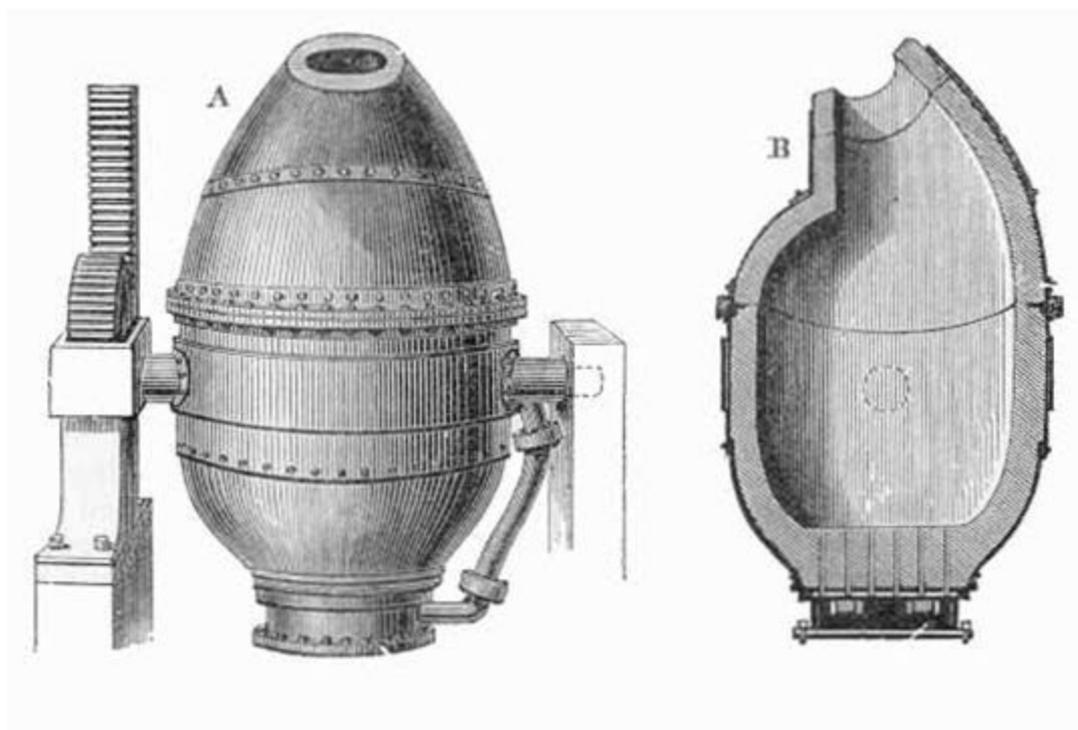
# Industrie importanti della seconda RI

## ACCIAIO

Henry Bessemer inventa un efficiente processo di produzione dell'acciaio (costi ridotti) nel 1856. L'industria dell'acciaio si sviluppa molto successivamente, anche perché l'acciaio aveva molti vantaggi rispetto al ferro (resistenza e forza, leggerezza, non ossidazione, ecc.). E' quindi usato in molte altre industrie: ferrovie, cantieristica navale, meccanica, ecc.

## Bessemer process

- Henry Bessemer
  - patented in 1855
- First inexpensive industrial process for mass-production of steel from molten pig iron
- Key principle – removal of impurities by oxidation
  - air blown through the molten iron



# CHIMICA

William Perkin (UK) fece un'importante scoperta che rivoluzionò la chimica: la scoperta della porpora di anillina, che lancia l'industria chimica dei coloranti.

⇒ Sviluppo anche della produzione di fertilizzanti e di materiali artificiali

⇒ Charles Goodyear inventa nel 1839 il processo di vulcanizzazione che permette la produzione di gomma.

⇒ John Wesley Hyatt inventa nel 1869 la prima plastica sintetica, che chiama la celluloido.

Dal 1815 al 1845, una costellazione di nuove industrie, servizi e tecnologie si sviluppa, ma la società e la politica sono molto movimentati anche loro:

Guerre napoleoniche: effetto negativo sull'economia inglese, visto che le importazioni dal continente diminuiscono.

Dopo queste guerre i paesi continentali cominciano le loro rivoluzioni industriali (Francia, Germania, Italia)

Nuove tecnologie si sviluppano, come le infrastrutture (ferrovie), nuove fonti d'energia (motore a vapore) e nuove macchine di modo che I paesi del continente combinarono da subito gli aspetti della prima e della seconda RI.

Le ferrovie si sviluppano molto nella seconda metà del 800, nel RU ma anche in Germania e in Francia.



I benefici delle ferrovie non furono limitate ai trasporti più rapidi e meno costosi.

Le gestione delle ferrovie richiedeva nuovi principi di management, come la puntualità, la pianificazione dei servizi, la manutenzione regolare, ecc., ma anche la gestione di diversi uffici localizzati in diverse città del paese.

Questi nuovi principi di management furono anche facilitati da un'altra innovazione: il telegrafo elettrico, inventato da Wheatstone nel 1837.

Le innovazioni organizzative delle ferrovie ebbero un impatto sugli altri settori, che le copiarono, ad esempio dell'industria dell'acciaio ma anche meccanica.

La meccanica, cioè la produzione di macchine per fare delle macchine, si sviluppò molto durante la seconda RI.

Anche navi a vapore si sviluppano e molto e permettono trasporto più rapido su lunghe distanze



# TITANIC

Il RU era il leader nella prima RI;

Gli USA diventano i leader nella seconda.

Le ragioni sono molteplici (grande mercato, investimenti in infrastruttura, in particolare le ferrovie, sistema educativo che forma amministratori e manager di grandi imprese, anche d'ingegneri)

# ELETTRICITA'

L'industria elettrica era molto legata alle scienze.

Benjamin Franklin e altri scienziati fecero diversi esperimenti con i fulmini negli anni 1740.

Nel 1800 Volta inventa la prima pila.

Poi le innovazioni continuano in tutto l'800  
(Edison, Tesla, ecc.)

Chandler (1977) mostra quanto l'adozione dell'elettricità è rapida negli USA: entro il 1890 il 15% dei tramway utilizzavano l'elettricità, e nel 1904 il 94% era a elettricità.

⇒ Cambiamento importante per l'economia e la società:

Gli uffici e le imprese potevano essere organizzati diversamente, perché la luce elettrica permetteva di lavorare a qualsiasi ora del giorno e della notte.

Il telefono facilitò l'amministrazione delle imprese, ma anche degli uffici pubblici.

La crescita dell'infrastruttura elettrica richiedeva inoltre un nuovo quadro regolamentare, nuova legislazione, nuovi standard e investimento pubblico.

### **3.Terza RI**

Le TCI sono la tecnologia dominante della terza RI.

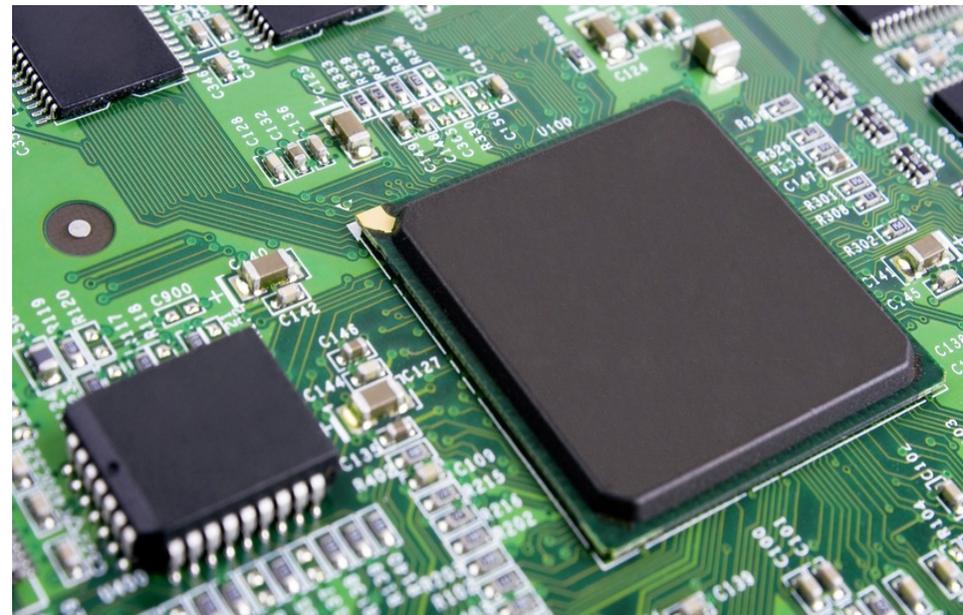
Lo sviluppo cominciò negli anni '50, in termini di scienza e invenzioni, ma gli effetti macroeconomici delle TCI si sentirono soprattutto nell'ultimo quarto del 20imo secolo.

Le TCI comprendono diverse tecnologie, vale a dire elettronica, computer e telecomunicazioni, che sono converse nell'ultimo quarto del secolo.

Un'importante innovazione è quella della chip (circuito integrato).

Infatti, I circuiti integrati sono stati costantemente migliorati: la legge di Moore è stata verificata.

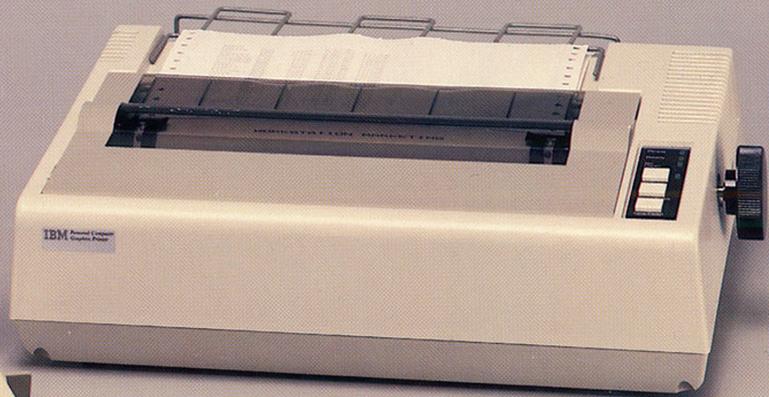
Moore predisse nel 1965 che la capacità dei chip di computer sarebbe raddoppiata ogni anno.



Il microprocessore è sviluppato dalla Intel nel 1971-2.

Forte impatto sull'industria dei computer e semiconduttori perché significava che “un computer su un chip” poteva essere manifatturato a costo basso.

Gli USA dominano l'industria dei semiconduttori negli anni 1970, 1980 e 1990, anche se le imprese giapponesi diventano importanti competitori. La R&S delle imprese americane riceveva il supporto del governo con il progetto Sematech.





# Telecomunicazioni

Questo settore si è sviluppato sulla base di innovazioni successive su un lungo periodo di tempo, dall'invenzione del telefono da parte di Alexander Graham Bell nel 1875.

1990s = innovazioni più drastiche, perché il settore smette di essere un monopolio naturale grazie alla duplicazione dell'infrastruttura essenziale; anche perché inizia la convergenza verso le TCI

L'internet è introdotto negli anni 1960 dalla Advanced research project agency (ARPA), promosso dal Pentagono degli Stati Uniti per assicurare la presenza di comunicazioni decentralizzate anche in caso di guerra nucleare.



Oggi I settori delle telecomunicazioni e TCI sono ancora leader in termini di crescita, innovazione e impatto sugli altri settori.

I dispositivi mobili e la connettività a banda larga sono sempre più diffusi nell'economia e nella società.

Probabilmente l'impatto maggiore oggi è la fabbrica internet e l'Internet delle cose (smart manufacturing e Internet of Things).

## 4. I fattori che caratterizzano le RI

Le RI sono generalmente determinate da progresso tecnologico importante, che implica nuovi prodotti e nuovi processi, quindi nuove industrie.

Queste nuove industrie crescono veloce → crescita economica aumenta + sviluppo di altre industrie

Ad esempio, le TCI hanno un effetto pervasivo sulle altre industrie.

Le RI possono anche essere caratterizzate dai loro input essenziali: ferro per la prima RI, acciaio e elettricità per la seconda.

Le RI sono caratterizzate dalla creazione di nuovi sistemi tecnici (Gille, 1978) o “costellazioni tecnologiche” (Freeman and Louça, 2001).

Molti economisti hanno sottolineato la natura sistemica della tecnologia (Gille, 1978; Hughes, 1982). L’innovazione e la diffusione di nuovi prodotti e processi non sono eventi isolati ma sono legati alla disponibilità di materiale, fonti di energia, componenti, qualifiche, infrastrutture, ecc.

Come osservato da Schumpeter, le innovazioni appaiono in cluster e non sono distribuite ugualmente nel tempo e nello spazio.

Questo ha senso perché una nuova tecnologia spesso trova applicazioni in diversi settori, che la usano per innovare a loro volta.

Nelson and Winter (1977) hanno descritto questo fenomeno come delle “traiettorie naturali generalizzate”.

L'impatto dell'innovazione tecnologica varia da paese a paese, secondo la base industriale, la disponibilità di risorse e di qualifiche, e le capacità di adattamento.

Il sistema politico ha anche un impatto, perché favorisce certi tipi di tecnologie (esempio: il governo americano che favorisce la ricerca nelle telecomunicazioni per prepararsi ad una guerra nucleare, e nasce internet).

=> Importanza sia della politica che della cultura nelle RI: ad.es. Prima RI -> importanza della fine della servitù e la monarchia parlamentare nel Regno Unito e culturalmente, le Lumières

|                       | <b>Prima RI</b>                                       | <b>Seconda RI</b>                             | <b>Terza RI</b>                                 |
|-----------------------|---|---|---|
| Tecnologie principali | Meccanizzazione dell'industria con energia dell'acqua | Vapore<br>Elettricità<br>Motore a combustione | TCI<br>Nucleare                                 |
| Industrie leader      | Cottone, ferro  | Ferrovie, meccanica, chimica                  | Computer e software<br>Automobile, Aerospaziale |
| Input principali      | Ferro, cotone, carbone                                | Acciaio, rame, petrolio                       | Petrolio, gas, materiali sintetici,             |

|                       | <b>Prima RI</b>  | <b>Seconda RI</b>   | <b>Terza RI</b>   |
|-----------------------|--|---|---|
| Esempi di innovazioni | Arkwright's Cromford Mill (1771)<br>Henry Cort's puddling process (processi meccanici di filatura) | Ferrovie Liverpool-Manchester (1831)<br>Nave a vapore di Brunel<br>Processo di Bessemer<br>Sistema di generazione elettrica di Edison (1882)<br>Linea d'assemblaggio di Ford (1913) | Serie 1401 e 360 della IBM (decennio 1960)<br>Microprocessore di Intel (1972) |

## Quarta RI

Tecnologie principali

TCI, genomica, biotecnologie, big data, computer quantistici, intelligenza

Esempi d' innovazioni

Primo computer quantistico, Orion della D-Wave Systems (2007)

Industrie leader

TCI, piattaforme

Input principali

Dati, sensori

Si potrebbe continuare a caratterizzare le RI:

Energia:

- Prima IR: acqua
- Seconda IR: vapore, elettricità
- Terza: petrolio e gas, nucleare
- Quarta: rinnovabili

Nota: non esiste una teoria delle RI

# **Le RI implicano cambiamenti strutturali**

Cioè cambiamenti nella struttura dell'economia, a cominciare dall'organizzazione della produzione:

- Prima RI: dalla produzione artigianale alla fabbrica (divisione del lavoro)
- Seconda RI: sistema di produzione di massa
- Terza RI: sistema di produzione flessibile
- Quarta RI: mass customisation

# Divisione del lavoro e sistemi di produzione

## Fabbrica degli spilli di Smith

Nel sistema artigianale, ogni lavoratore realizza tutte le fasi di produzione:

**Pin production process of a single craftsman**

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| RM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | FP |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|

# Sistema di produzione Fordista (produzione di massa)

Ogni lavoratore A, B, ..., realizza un compito specifico.

## Fordist production system

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Phases  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | FP |
| Workers | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  |    |

# Produzione di massa

Il processo di produzione è diviso in compiti elementari, e ognuno è realizzato da un lavoratore diverso lungo la linea d'assemblaggio.

Il prodotto è omogeneo: black Ford-T

Il processo di produzione è molto rigido: nuovi modelli possono essere prodotti solo con nuove fabbriche.

Tuttavia, le economie di scala sono alte, di modo che il prezzo possa essere molto più basso.

# Sistema di produzione flessibile

Introdotta dai produttori giapponesi negli anni '80.  
Il sistema combina le economie di scala e le economie di scopo, con differenziazione dei prodotti sulla stessa linea di assemblaggio.

## Flexible production system

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Model 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | FP |
| Model 2 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Workers | A |   |   |   | B | C | D | E |   | F  | G  | H  |    |

# Sistema di produzione flessibile

Alcune fasi di produzione sono comuni a diversi modelli.

Le fasi di produzione sono spesso raggruppate in moduli e I lavoratori possono fare più compiti (multi-tasking) (e.g. lavoratori A e E sopra).

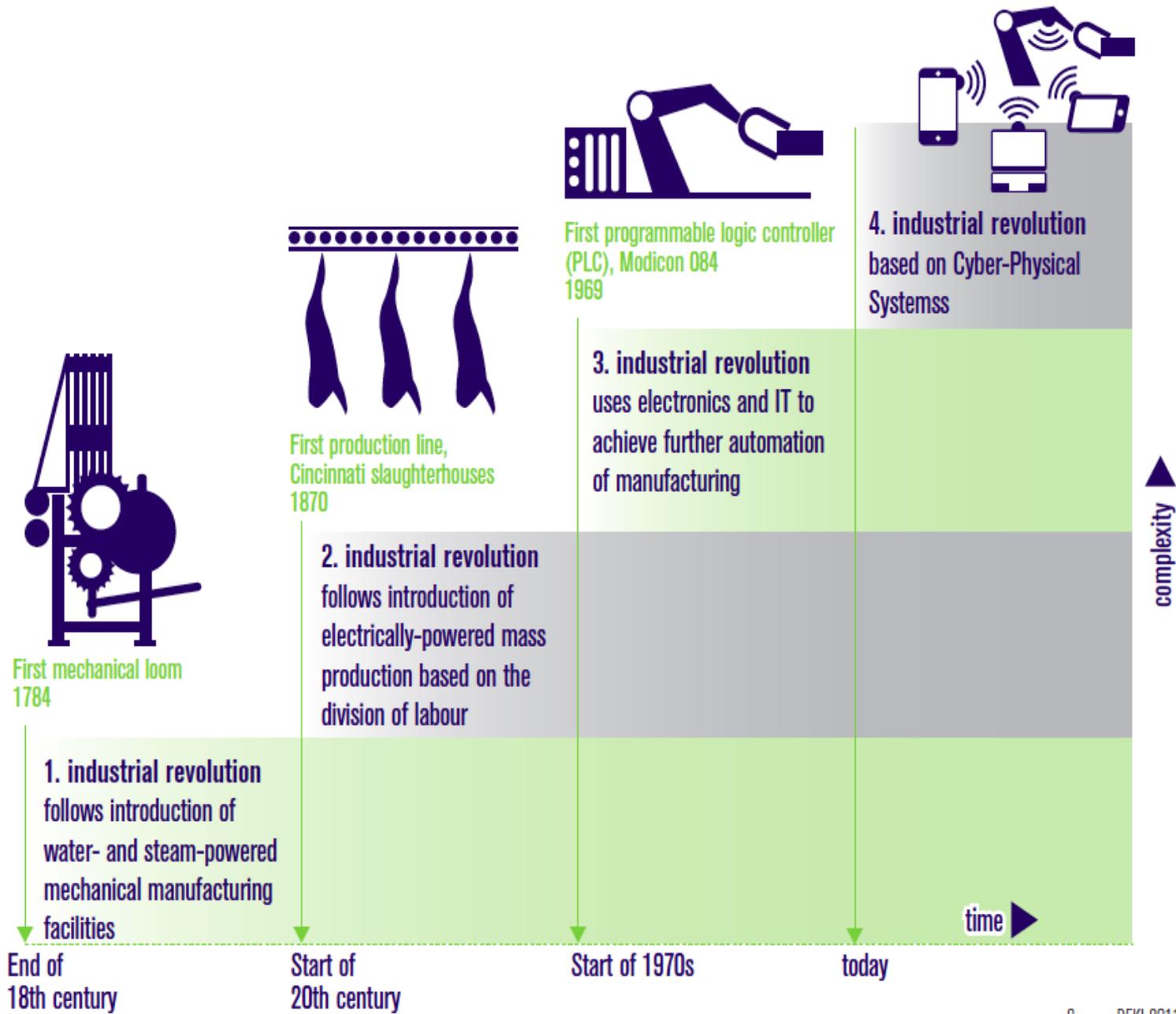
# Mass customisation

Oggi l'uso di robot e sistemi cyber-fisici permette di aumentare la differenziazione al punto di personalizzare i prodotti, senza aumentare i costi. (basta cambiare la programmazione delle macchine)

La produzione è sempre divisa in diverse fasi che i robot e gli umani realizzano, insieme o separatamente.

Economie di scala: costo iniziale della fabbrica (macchine e robot); dopo i prodotti possono cambiare senza costi fissi aggiuntivi

Figure 1:  
The four stages of  
the Industrial Revolution



# CONCLUSIONI

**Le rivoluzioni industriali inducono dei cambiamenti complessi della struttura economica, nella società, ad esempio la nascita del capitalismo (prima RI) e il suo sviluppo (seconda e terza).**

**Capitalismo  $\Leftrightarrow$  economia di mercato (scambio tra soggetti con diritti uguali)**

# CONCLUSIONI

**Le RI sono generate da innovazioni tecnologiche importanti, ma sono anche determinate da cambiamenti politici, sociali e culturali: ad esempio, la fine della servitù nel Regno Unito, I nuovi regimi politici nel Regno Unito (monarchia parlamentare), in francia (Repubblica), ma anche l'unificazione (Germania e Italia)**

# CONCLUSIONI

**La quarta RI è molto simile alla terza rivoluzione industriale: le TCI sono le tecnologie dominanti, l'input principale è rappresentato dai dati, ...**

**Tuttavia, la grande novità di questa RI è la diffusione delle tecnoscienze, vale a dire la vera integrazione tra la scienza e la tecnologia**