Il ferro e la rivoluzione industriale (**)

Summary - The Industrial Revolution is the most important event in human history, if one considers the changes in society it induced. While one can detect the common and fundamental characters of the origin of present-day world from agricultural societies, the changes can be described as a real mutation. One detects four causes which made England and especially Lancashire, the area originating the industrial revolution: a) political conditions; b) market area; c) invention of new textile machines; d) steel, as the new material.

La storia dell'uomo è la storia della tecnologia. Nel suo aspetto essenziale quest'ultima si identifica nello studio di come il «potere di fare» possa essere incrementato. Sotto questo punto di vista si distinguono due periodi storici, caratterizzati da una grande differenza sia nella velocità con cui la tecnologia si sviluppa, che nell'entità del patrimonio inventivo realizzato. Il primo periodo va dalle imprecisabili origini dell'uomo alla metà del XVIII secolo, quando inizia la Rivoluzione Industriale. In questo lunghissimo arco di tempo, vengono gettate le basi che provocheranno nel secondo periodo, tuttora in corso, una brusca impennata nell'andamento dello sviluppo tecnologico, un enorme incremento del ritmo delle scoperte e delle invenzioni. Uno sviluppo di tale portata è però dovuto soprattutto ad un drastico cambiamento nella mentalità dell'europeo occidentale. A partire dal 1000 d.C., nel sistema di valori della società (valori religiosi, filosofici, politici, militari), si impone progressivamente il principio che massimizza l'efficacia economica [1]. Il cambiamento ha inizio quando l'uomo medievale esce dalle mura che lo proteggono per il rinascere degli scambi e scopre che la natura segue nelle sue trasformazioni il principio del massimo rendimento conseguibile. Un esempio per chiarire quanto sopra, Posidonio e Seneca

^(*) Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali, Università dell'Aquila.
(**) Relazione presentata al VII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (L'Aquila, 8-11 ottobre 1997).

sono esponenti di una cultura particolarmente legata all'etica. Essi, pur asserendo la necessità delle macchine e della tecnologia, apportatrici di «civiltà», precisano che le invenzioni sono del saggio ma in quanto uomo. Ciò pone due limiti allo sviluppo della tecnologia, dovuti:

- al disprezzo delle attività manuali, dato che la pratica delle invenzioni deve essere lasciata ad umili servitori. «La sapienza siede più in alto e insegna agli uomini e non alle mani»;
- al timore della degenerazione morale. Le invenzioni sono desiderabili se strettamente utili ai bisogni primari dell'uomo. Andare oltre è «luxuria».

Si comprende così che, in una società permeata da tali principi, l'efficacia economica sarà inferiore rispetto a quella che si potrebbe conseguire in loro assenza. Su questa base sorge il mondo della scienza e della tecnologia nell'Europa occidentale, nel momento in cui l'uomo «nuovo» trova nelle leggi e nelle risorse della natura il mezzo per accrescere, senza condizionamenti, il suo potere di fare. La chiave di lettura in grado di rendere interpretabile la nuova epoca è data dalla storia della metallurgia del ferro. Infatti i materiali hanno sempre rappresentato il fattore base della tecnologia. Se però il legno, la pietra, la muratura, la ceramica, il rame, il bronzo, l'ottone, il ferro, la ghisa sono i materiali che hanno contribuito allo sviluppo tecnologico del primo periodo, è l'avvento del nuovo materiale, l'acciaio Bessemer del 1855, prodotto in grande quantità e a costi bassi, da materie prime abbondanti e diffuse, che ha determinato l'enorme espansione della meccanizzazione.

LA FORMAZIONE DELL'IMPERO BRITANNICO

Nella «Storia delle idee del secolo XIX» di B. Russell [2] è riportato un immaginario e divertente colloquio fra un viaggiatore inglese, probabilmente un giovane milord che stava compiendo il suo rituale Gran Tour, ed un Pascià turco. Il brano è datato 1844. Eccone alcune significative frasi:

Pascià: « ... tutti sulle ruote, tutti sul vapore! Gli inglesi parlano con le ruote ed il vapore, cavalcano sui vapori di caldaie bollenti e i loro cavalli sono carboni infuocati. Le navi degli inglesi brulicano come le mosche; le loro tele stampate coprono tutta la terra e, in confronto delle loro spade, le lame di Damasco sono steli d'erba ... Quando irlandesi o francesi o indiani si ribellano contro l'Inghilterra, interi eserciti di soldati e divisioni di artiglieria sono gettati in una immensa caverna chiamata Euston Square e, in un batter d'occhio, essi si rialzano o a Dublino o a Parigi o a Delhi e cancellano dalla faccia della terra tutti i nemici d'Inghilterra ...».

Non si può descrivere più efficacemente, in uno stile permeato di humour britannico, la situazione che si era venuta a stabilire in conseguenza della prima fase della rivoluzione industriale: il costituirsi del più grande impero industriale, commerciale e coloniale della storia.

Impero che aveva preso avvio nel XVI secolo con una regina, Elisabetta I, si era affermato a seguito delle guerre vittoriose con la Spagna, con la Francia di Luigi XIV e con la Francia napoleonica, arrivando al suo massimo splendore con un'altra regina, la regina Vittoria. In queste guerre, come in tutta la storia moderna dell'Inghilterra, la potenza navale ebbe un ruolo decisivo. Un dato in proposito è significativo: dalla metà dell'800 fino alla prima guerra mondiale, il tonnellaggio della sua marina, fra navi militari e da carico, rappresentò più della metà di quello mondiale.

Sostanzialmente il brano è un'esaltazione della potenza inglese fatta da un inglese, ma l'ammirazione del Pascià appare più che giustificata. Le civiltà extraeuropee, soprattutto, non potevano non rimanere stupite di un superiore apparato militare in grado di venir rapidamente trasferito con le ferrovie e le navi in ogni parte del mondo a dettare la sua legge.

A prima vista tutto ciò può apparire come una rilettura, in chiave moderna, della storia degli imperi che si sono susseguiti sulla terra.

Il Pascià, però, nota qualcosa che non sembra avere a che fare con una potenza militare e cioè le «tele stampate che coprono tutta la terra». Se, ad esempio, il brano fosse stato scritto nel XVI secolo, la nazione egemone sarebbe stata la Spagna, ma non ci sarebbe stato alcun accenno a tele stampate o ad altre merci. La Spagna era allora in grado di coprire la terra di conquistadores, di preti, di coloni, non di merci spagnole.

Ben diverso si presentava il quadro di una Inghilterra che aveva dovuto rinunciare, per sua fortuna, alle ambizioni di conquista in terra di Francia, per dedicarsi, con la scoperta dell'America, alle esplorazioni e alla conquista delle nuove terre. Da quel momento ebbe inizio la storia moderna inglese, una storia di realizzazioni, conquiste, invenzioni in tutti i campi, contrassegnata anche da una forte dose di fortuna.

Lo storico Robert Hakluyt scrisse nel 1596: «La nostra più viva aspirazione consiste nel trovare un vasto mercato nel mondo per la vendita dei manufatti di lana, prodotto naturale del nostro Regno» [3].

In questa frase c'è la chiave di lettura della storia di un popolo che, proprio attraverso lotte e contrasti interni, riuscì a darsi un assetto politico, caratterizzato da un equilibrio dinamico fra Corona, Parlamento, Squires e Lords, cioè da un pluralismo di potere. Un tale assetto permise all'Inghilterra — e alla Gran Bretagna in seguito — di conseguire, rispetto alle altre nazioni europee, un più alto grado di efficacia economica. Infatti, le risorse del paese vennero convogliate, prevalentemente, proprio alla conquista del «vasto mercato nel mondo per la vendita dei manufatti di lana» [3], senza farsi distrarre da obiettivi quali il prestigio di un monarca e della sua casata, o dalla conquista di terre in Europa.

I monarchi britannici impararono a proprie spese che il potere assoluto era possibile solo nei loro sogni, che i sudditi e le terre non erano di loro proprietà, che non potevano disporre di fondi per armare eserciti di mare e di terra se non d'accordo con le altre forze politiche e che, una volta approvata una spesa militare, il denaro occorrente andava considerato un prestito che il monarca doveva onorare in tempi brevi.

Voler vendere i tessuti di lana comportò quindi per gli imprenditori inglesi il finanziamento di una consistente flotta mercantile. Era necessario infatti andare nei porti oltremare di tutto il mondo, dove le compagnie commerciali furono in grado di offrire ai consumatori ben cinquanta varietà di panni-lana, una gamma cioè che andava dalle qualità più pregiate (le più vendute) a quelle di basso costo e che permetteva di affrontare con successo la concorrenza delle manifatture locali.

Alla base ci fu, naturalmente, una più razionale organizzazione della produzione, prevalentemente effettuata a domicilio nelle campagne, con filatoi e telai per tessere, che, con una certa imprecisione, vengono definiti «a mano». Si trattò del «putting-aut system» che fece seguito al sistema di produzione artigiano e precedette quello di fabbrica.

«Il contadino del Lancashire produceva lana di ottima qualità per i telai dello Yorkshire, mentre i mercanti e marinai di Londra e di Hull erano alla ricerca di nuovi mercati per esportarla nel Levante, nel Baltico, nelle Indie orientali e occidentali» [3]. Questo agli inizi del '600. L'instaurazione di un regime di scambio, incentrato sulla naturale propensione britannica alla sovrapproduzione di panni-lana, apparve quindi, fin dal regno dei Plantageneti, come l'unico sistema per conseguire la ricchezza.

Impossessarsi di oro, argento, spezie, materie prime, sfruttando ad esempio gli indios americani, per quanto costituisse una prospettiva allettante, avrebbe richiesto l'utilizzazione di un potente esercito e quindi la distrazione dei capitali necessari dal finanziamento della proficua attività di scambio. D'altro canto, fino alla fine del '600, l'isolamento della grande isola e la protezione della Royal Navy — a parte il disastro di Medway del 1667 — non richiesero il potenziamento di un esercito all'altezza delle armate spagnole e francesi, quelle armate che si scontrarono nelle sanguinose, logoranti e costose guerre per il dominio dell'Europa.

Un hidalgo spagnolo del '600 affermò con orgoglio: «Tutti portano merci a Madrid e Madrid non porta niente a nessuno».

Senza dubbio la politica inglese fu rivolta anche allo sfruttamento coloniale. Ma nella seconda metà del '500 e nel '600 ciò avvenne in modo indiretto. Pirati e corsari, come Hawkins e Drake, prima di diventare ammiragli inglesi, trasferendo di conseguenza alla Royal Navy la nuova tattica corsara che portò all'annientamento dell'Invincibile Armata, non scambiarono merci quando abbordarono i carghi spagnoli ma si appropriarono, in definitiva, dei beni dei legittimi proprietari, gli indios americani.

Merito quindi degli inglesi — e degli olandesi — fu quello di aver capito che la produzione della ricchezza richiede minori costi, è più duratura, consegue cioè una superiore efficacia economica, quando viene basata sullo scambio merci e non sulla sola appropriazione delle risorse altrui. Il commercio a lunga distanza richiese una particolare organizzazione che venne attuata con la creazione delle «compagnie commerciali privilegiate». Anche la Francia e la Spagna si organizzarono in modo analogo, ma nel commercio estero il ruolo dello stato rimase primario ed autonomo e le compagnie commerciali vennero a far parte di quel complesso sistema di attività protette e sovvenzionate, insieme alle manifatture, sistema caratteristico della concezione mercantilistica. Le compagnie inglesi ed olandesi, invece, pur godendo necessariamente di diritti di sovranità, di privilegi e di esenzioni doganali, non vennero condizionate dall'intervento propulsivo e dall'ingerenza dei governi; esse furono una più libera espressione dei nuovi ceti imprenditoriali e finanziari, cioè dell'iniziativa privata.

Sembra paradossale, ma nel '600 e nel '700, nel periodo in cui furono attive la Compagnia delle Indie Orientali e quella dei Merchant Adventurers che si occupò della esportazione dei panni-lana nel continente europeo, l'Inghilterra fu più liberista di quando, successivamente, Adam Smith dimostrò la superiore efficacia del libero scambio.

La naturale tendenza alla sovrapproduzione dei panni-lana si tradusse quindi progressivamente nel possesso della più grande area di mercato della storia, area di dimensioni mondiali. Si accorsero così i mercanti e la classe politica inglesi che la ricchezza comportava la supremazia politica.

La formazione dell'impero britannico può venir suddivisa in due fasi: la prima portò al conseguimento di un'area di mercato prevalentemente marittima con le compagnie commerciali privilegiate, la seconda vide la sostituzione di queste ultime con la gestione diretta dei governi e la formazione dell'impero coloniale britannico, in cui la componente sfruttamento giocò un ruolo non secondario.

Nella prima fase si trattò di conquistare, a seguito delle guerre vittoriose con la Spagna di Filippo II, la Francia di Luigi XIV e l'Olanda, un'area di mercato in gran parte costituita da ... acqua di mare, dove gli scambi venivano effettuati nei porti oltremare, direttamente o indirettamente sotto controllo inglese. Un po' come i Fenici e i Greci. La penetrazione nell'interno e cioè la conquista di territori con un esercito terrestre non assunse mai proporzioni di grande rilievo. Gli Inglesi finanziarono la flotta da guerra, la Royal Navy, solo in quanto necessaria ad assicurare le rotte alle navi mercantili e lo svolgersi degli scambi nei mercati.

Nel corso del '600 iniziarono gli stanziamenti sulle coste delle Bahama, del Bangladesh, delle Barbado, del Canada, del Malabar e di Madras in India. Ad essi si aggiunsero, nel '700, quelli sulle coste orientali dell'Australia e su quelle della Malesia, dello Sri Lanka, di Trinidad.

Non viene sempre messo nel giusto risalto il ruolo essenziale delle risorse

finanziarie nella conduzione delle guerre e delle conquiste. Anche nel lungo e tormentato periodo degli Stuart, gli allevatori di pecore, i tessitori, i mercanti, i marinai britannici continuarono imperterriti a confezionare ed esportare pannilana; continuarono cioè a produrre ricchezza.

L'alto spirito civico che ne derivò, li trovò pronti a conferire i capitali risparmiati in una nuova struttura in grado di finanziare con più efficacia le spese militari strettamente necessarie ad assicurare loro l'ampliamento dell'area di mercato, la produzione di ricchezza e, guarda caso, un più elevato prestigio politico nazionale. Essi furono felici di diventare azionisti della Banca di Inghilterra — The Bank — istituita nel 1694, ricevendo in cambio, per tutta la vita, un congruo interesse in titoli di stato. A quei tempi, the Bank rappresentò la più alta espressione del processo di accumulo del capitale. I risparmiatori non di un villaggio, o di una città, o di una signoria, ma di una nazione di sette milioni di abitanti, misero a disposizione del loro governo il più ingente capitale finanziario di quei tempi, il cui impiego fu controllato dal parlamento, in cui numerosi furono i loro rappresentanti.

Le monarchie assolute europee non furono in grado di fare altrettanto e la Gran Bretagna, grazie alle sue istituzioni, che liberarono le energie imprenditoriali dei suoi abitanti, si accinse al compito di diventare un impero.

Nel 1707, l'Union Act, stipulato tra Inghilterra e Scozia, pose fine alle rovinose e dispendiose guerre tra le due nazioni, iniziate alla fine del '200 con la rivolta scozzese di William Wallace. Ne risultò un nuovo stato, la Gran Bretagna, formato da due nazioni unite da un unico sovrano e da un solo parlamento. L'Inghilterra si avvantaggiò tra l'altro degli indomiti reggimenti scozzesi e la Scozia dei mercati inglesi in espansione, in cui far confluire i propri manufatti [3].

Il periodo che va dalla rivoluzione del 1688 al trattato di Utrecht del 1713 fu denso di avvenimenti di grande importanza.

L'Europa, nel suo complesso, risultò perdente rispetto alla Gran Bretagna, in quanto quest'ultima ottenne il dominio assoluto dei mari. Tutto ciò si legge nella cronaca storica; e si legge anche che, nella competizione fra nazioni appartenenti ad una medesima area culturale, la vittoria andò alla nazione che si era dotata di un assetto politico diverso dalle altre.

Il mondo dell'epoca ne rimase sorpreso. Infatti la teoria politica dominante a quei tempi considerava il potere assoluto del re come il solo adatto a rendere sicura e prospera la nuova dimensione societaria che l'Europa aveva instaurato sulle rovine dell'assetto feudale, quella nazionale. Il potere assoluto voleva dire ordine e l'ordine era preferibile al caos.

Il senso civico e lo spirito imprenditoriale degli inglesi, attraverso il pluralismo del potere, portarono la società inglese ad usufruire di un regime di libertà politica e religiosa temuto e rifiutato anche dai pensatori più acuti dell'epoca. L'Inghilterra dimostrò invece che la libertà (o la tolleranza) non era un vago ideale, ma un fatto concreto, che produceva più ricchezza e prestigio politico di quanto potesse venir conseguito con un diverso assetto della società. La ricchezza apparve la conseguenza e la misura del grado di libertà di un popolo.

Nella seconda metà del '700 ebbe inizio la seconda fase della formazione dell'impero britannico. Un potente esercito formato dai reggimenti inglesi e scozzesi fu in grado di conquistare il Canada e di fondare l'impero indiano. L'impero britannico arriverà in seguito al suo massimo splendore, nel corso dell'800, con la conquista del Sud Africa, di Cipro, delle isole Figi, della Guyana, del Kenia, della Nigeria, della Nuova Zelanda, della Nuova Guinea, di Singapore, di Trinidad, dell'Uganda.

LA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE: IL COTONE, IL CARBONE E LE NUOVE MACCHINE TESSILI

La conquista di vasti territori oltremare comportò un notevole incremento dell'area di mercato sotto il dominio britannico e nuove e forse insperate possibilità di scambio per i tessuti di lana.

Il mercato lanciò una sfida agli imprenditori britannici: o aumentare la loro produzione tessile e di conseguenza la loro ricchezza, o rinunciare ad una così allettante prospettiva.

La risposta a questa sfida fu la Rivoluzione Industriale.

Perché rivoluzione? Buona parte della storiografia in proposito sostiene che essa avvenne in un breve lasso di tempo e che «il cambiamento tecnologico e la crescita economica si erano prodotti sporadicamente in Europa e in Asia, ma avevano finito invariabilmente per essere bloccati da forze più potenti. Dopo il 1750 quei vincoli al cambiamento economico furono infranti» [4].

Indipendentemente dai problemi che derivano dalla prima domanda, qual è il significato della rivoluzione industriale?

Vi sono diversi aspetti e definizioni, tra i quali:

 la trasformazione di una società prevalentemente rurale, agricola e artigianale in una prevalentemente urbana, industriale e meccanizzata, il tutto accompagnato da un enorme incremento della popolazione mondiale;

— l'inizio della sostituzione dell'energia biologica con quella meccanica in tutti

i settori produttivi;

- il passaggio dell'uomo da produttore di beni scambiabili in produttore di macchine a loro volta produttrici di beni scambiabili;
- la fusione fra scienza e tecnica, che fece rapidamente aumentare il controllo dell'uomo sulla natura;

— una fase della storia del capitalismo;

- la più grande discontinuità della storia, in termini di trasformazioni nelle istituzioni e nell'organizzazione e in termini di output;
- il passaggio dell'uomo-produttore all'uomo-consumatore;

- la concentrazione delle lavorazioni nelle fabbriche e la nascita della classe operaia; una nuova e complessa organizzazione della produzione e della distribuzione;
- la nascita della grande produzione e i mutamenti macroeconomici.

Alla prima domanda si può rispondere constatando che il termine rivoluzione è giustificabile se lo si considera per gli effetti che l'evento ha avuto, ma non lo è più se si considerano le cause che lo hanno determinato. In altre parole, se da tempi lontani e imprecisabili fino agli inizi dell'800 l'uomo ha viaggiato a cavallo, dopo pochi lustri è salito sul treno ed ha guidato l'automobile.

Quanto al significato della rivoluzione industriale, quelli su riportati, nel metterne in luce diversi aspetti, fanno capire che è impossibile fornirne un'unica, concisa definizione.

C'è però un'altra domanda da porsi: perché essa avvenne in Gran Bretagna? L'ipotesi che qui si intende proporre è che fu proprio l'area di mercato sotto controllo britannico, un'area di dimensioni e consistenza mai verificatesi nella storia, basata essenzialmente sul trasporto marittimo, a fornire agli imprenditori tessili britannici l'occasione di aumentare considerevolmente la loro produzione.

Questo punto di vista merita una precisazione.

Un indice della rivoluzione industriale lo si trova nel cospicuo numero di brevetti che furono concessi, in Gran Bretagna soprattutto, ma anche in altre nazioni europee, a partire dal secolo XVII. Individuando nel mercato in espansione il fattore trainante dello sviluppo, si ammette che l'abbondanza di un fattore di produzione determina in generale, e in particolare nel nostro caso, il proliferare delle invenzioni.

Ma è anche vero il contrario. La scarsità del legname nella Gran Bretagna del '700, con il conseguente aumento di prezzo, provocò, nel settore energetico, la sua sostituzione con i carboni fossili; sostituzione che richiese un consistente numero di invenzioni. Ma ciò avvenne perché un simile impegno inventivo servì a sostituire una risorsa scarsa con una abbondante. La Gran Bretagna era (ed è) ricca di giacimenti di carboni fossili. Questi infatti diventarono la merce più esportata dopo i tessuti di cotone, nonché il combustibile più utilizzato nei focolari domestici sotto forma di coke e semicoke.

Proprio l'aspetto energetico giunge opportuno per mettere in luce una caratteristica della rivoluzione industriale, quella che la definisce come la sostituzione, nella sua fase iniziale, dell'energia biologica con l'energia inanimata dei carboni.

Il ruolo della nuova risorsa fu determinante. Il carbon fossile rese possibile l'espansione del motore a vapore di Watt. Come motore fisso esso fu impiegato nelle nuove fabbriche per azionare le macchine produttrici di beni scambiabili, soprattutto nel campo tessile. Come motore mobile provocò l'avvento della ferrovia e di conseguenza la rimozione del maggior vincolo esistente nel campo del trasporto di merci e persone, quello terrestre.

La base del suo funzionamento, il cilindro con pistone, fu trasferita nei motori a combustione interna che aprirono, tra l'altro, l'attuale era dell'automobilismo.

Ma i carboni fossili inaugurarono anche la moderna metallurgia, il cui aspetto più importante fu l'invenzione dell'acciaio.

Tutto ciò è storia tecnologica ed economica ben nota. Quello che forse è meno noto è che la fase di avvio della rivoluzione industriale non fu dovuta al carbone, alla macchina a vapore di Watt, alla ferrovia, all'acciaio. Il filatoio di Arkwright del 1769, l'invenzione che secondo alcuni Autori diede inizio alla rivoluzione industriale, fu costruito in legno e venne azionato dalla ruota idraulica [5]. Il che vuol dire che la più grande discontinuità della storia fu causata da materie prime e da fattori tecnologici conosciuti ed utilizzati fin da tempi antichissimi. Nell'energia dell'acqua e del vento, nei semi di cotone, nella lana greggia, nel legno come input e nei tessuti di cotone e di lana come prodotti non si individua cioè un qualche elemento di novità.

Forse fu necessario che i tessuti di cotone e di lana non costituissero merci nuove. Noi viviamo in un mondo in cui ogni giorno, svegliandoci, ci aspettiamo ed esigiamo che ci compaiano davanti un nuovo calcolatore, un nuovo telefono cellurare, una nuova automobile. L'innovazione è la molla dello sviluppo economico. Ma il mondo del XVIII secolo non era pronto né a produrre, né ad accettare rapidamente ed estesamente nuovi prodotti. Solo su merci di prima necessità, dovunque acquistate e di basso costo, potè fare assegnamento una lavorazione perché trionfasse la nuova tecnologia.

Ma, ci si può chiedere, un elemento di novità dovette pur esserci in un evento definito rivoluzionario. L'innovazione fu rappresentata dal filatoio di Arkwright, che, pur costruito in legno come quelli allora in uso, rappresentò un cambiamento di tecnologia, poiché da uno stesso materiale venne costruita una macchina in grado di conseguire una maggiore efficacia economica. L'elemento innovativo fu quindi la macchina, mentre gli altri fattori produttivi rimasero gli stessi. Per rendercene conto, confrontiamo un filatoio utilizzato nella lavorazione a domicilio, il castelletto irlandese ad aletta e pedale, con il filatoio di Arkwright [5]. Due aspetti fondamentali emergono dal confronto:

- la sostituzione del pedale con la ruota motrice esterna alla macchina vera e propria, ruota non azionata dall'uomo;
- la presenza di quattro fusi in luogo dell'unico fuso del filatoio a pedale, il che comportò, rispetto a quest'ultimo, una velocità di produzione più di quattro volte maggiore. Con la filatura meccanica, infatti, venne superato il valore medio di produzione di filato per fuso e per ora, che per quella a pedale era di 100 m di filato per ora.

Venne così inventata la macchina «automatica», che costituì l'aspetto innovativo del processo produttivo, non legato all'utilizzo di una nuova forma di energia, ma alla trasformazione del lavoratore a mano in manovratore di macchine.

Infatti, qualsiasi fonte di energia diversa dall'uomo, purché adatta allo scopo, sarebbe stata ben accetta. Arkwright non si pose il problema di individuare la fonte energetica. In un primo momento pensò a un cavallo, ma fu ben lieto che la sua macchina venisse azionata dall'energia dell'acqua. Il filatoio infatti venne denominato «water frame» e la ruota idraulica di Vitruvio conobbe un nuovo, anche se breve periodo di splendore [5].

L'affermarsi della nuova tecnologia per produrre quei tessuti di cotone e di lana, che già Calipso tesseva nella sua «spazïosa grotta», sembra dovuto all'aumento della loro domanda da parte sia del mercato interno britannico che di quello esterno.

Nelle economie preindustriali un aumento di produzione di un bene richiese in genere un aumento del numero dei lavoratori. Non fu questa la risposta degli imprenditori britannici alla sfida lanciata loro dal mercato. Ciò perché, evidentemente, la manodopera disponibile all'epoca non sarebbe stata sufficiente. Questo limite alla crescita economica fu tanto più sentito in quanto, nel frattempo, una nuova merce, dalle superiori prospettive di vendita rispetto ai pannilana, venne a sconvolgere positivamente le prospettive del settore tessile britannico, i panni di cotone. Se ne parlerà in seguito.

La sfida del mercato poteva essere vinta, quindi, solo aumentando la produzione senza aumentare il numero di addetti. Condizione, però, non sufficiente, in quanto trasportare e vendere panni di cotone, ad esempio in India, rendeva necessario che fossero offerti ad un prezzo concorrenziale.

A tal scopo, confrontiamo di nuovo il filatoio a pedale con quello di Arkwright. Per quanto detto sopra relativamente all'aumento di produttività, il cambiamento di tecnologia si tradusse in una minore incidenza del numero degli addetti, cioè del costo della manodopera, e del costo di impianto (ammortamento) sull'unità di prodotto. A ciò si aggiunge che i quattro filatoi si trovavano in quattro case contadine, mentre le nuove macchine, a causa dell'impiego della ruota idraulica, vennero accentrate in fabbriche situate in prossimità dei fiumi. Si stabilirono così delle economie interne, che contribuirono a far diminuire ancor più il costo unitario dei tessuti, che di conseguenza furono immessi nei mercati interni ed esterni a prezzi concorrenziali. I profitti che ne derivarono vennero reinvestiti e il processo di sviluppo si autofinanziò.

La rivoluzione industriale, nei suoi aspetti tecnologici ed economici, non fu altro che il prodursi di quel fenomeno che va sotto il nome di «economia di scala». Tutto ciò in un contesto economico in cui un bene già saldamente affermatosi venne prodotto con una nuova tecnologia.

La diminuzione del prezzo di vendita stimolò ulteriormente la domanda. Si mise in moto un meccanismo di crescita che, nella manifattura britannica, non fu solo caratterizzato da un aumento del numero delle fabbriche, del numero degli addetti e del numero delle nuove macchine, ma anche e soprattutto dal fatto che, sempre prendendo ad esempio il filatoio di Arkwright, ogni macchina fu in grado di azionare più di quattro fusi contemporaneamente, fino ad arrivare a diverse centinaia.

È bene anticipare che la nuova dimensione dell'apparato tecnologico, che inaugurò l'era della grande produzione, non potè più essere realizzata costruendo macchine di legno azionate dalle ruote idrauliche. Fu necessario ricorrere sia ad un motore in grado di erogare potenze molto più elevate che a macchine costruite con un nuovo materiale in grado di rispondere alle nuove drastiche esigenze di una lavorazione meccanica.

In sintesi si è constatato che gli output produttivi che hanno determinato il cambiamento non hanno avuto carattere di novità, non furono rappresentati cioè da nuovi prodotti, come ci si dovrebbe aspettare. Abbiamo messo in risalto il ruolo dei tessuti di lana nella formazione iniziale dell'area di mercato inglese. è necessario esaminare quello dei tessuti di cotone [6]. Gli inglesi furono in grado di apprezzarne le grandi qualità, quando la Compagnia delle Indie Orientali, alla fine del secolo XVII, importò i famosi calicot dall'India. Il successo fra i consumatori fu tale da indurre il governo britannico a vietarne, nei primi anni del '700, la vendita, nel timore di veder danneggiata la produzione laniera. Il che indusse gli imprenditori britannici ad importare il cotone per produrre in loco le cotonine, potendo fare assegnamento su una consistente domanda interna.

La Rivoluzione Industriale consisté nello sviluppo della lavorazione del cotone, favorito anche dal fatto che la fibra si dimostrò più adatta, rispetto alle altre fibre, ad essere lavorata meccanicamente. Il filatoio di Arkwright fu inventato per filare il cotone.

L'economia di scala consentì l'affermazione delle cotonine sui mercati oltremare, anche su quelli dell'India. L'azione politica di Gandhi va intesa, tra l'altro, come un invito ai suoi compatrioti a rifiutare i tessuti provenienti da Manchester, e a riprendere in mano il tradizionale arcolaio.

È bene precisare che quanto detto riguarda un evento sul quale tutt'ora dibattono economisti, storici, filosofi, sociologi. In sostanza, si è messo in risalto, in questa nota, il ruolo del commercio estero come fattore più importante per lo sviluppo della tecnologia nel campo tessile. Questo punto di vista è criticato da alcuni Autori, i quali attribuiscono al mercato interno il ruolo principale.

L'economia britannica, se non si potè definire aperta a quell'epoca nel significato completo del termine, lo fu però in grado elevato. La Gran Bretagna importò beni che non poteva produrre o il cui costo di produzione era antieconomico. Era necessario esportare e lo fece inizialmente con i tessuti di lana ed in seguito con quelli di cotone, per cui un commercio estero fu necessario almeno nella misura in cui vennero richieste le merci da importare.

D'altronde gli studiosi concordano quando affermano: «i dati statistici fanno ritenere che l'importanza delle esportazioni per la manifattura nella Rivoluzione Industriale, fosse particolarmente cruciale nella sua fase adolescenziale» [4].

Un problema oggetto di dibattiti riguarda la critica che viene formulata relativamente alla tesi che la Rivoluzione Industriale necessitò di una precedente «rivoluzione agricola». Se la produzione industriale aumentò e la popolazione britannica passò da sette a quattordici milioni durante i sessanta anni del regno di Giorgio III (1760-1820), i generi alimentari si sarebbero potuti scambiare e non produrre in loco. Il che significa che: «in una economia aperta la rivoluzione industriale non si verifica a causa, bensì nonostante la crescita della produttività agricola» [4].

Non potendo entrare nel merito di tali dibattiti, ci si deve limitare a segnalarli, constatando solamente che economia aperta, aumento della popolazione, sviluppo agricolo e sviluppo industriale caratterizzarono la storia del Regno Unito, almeno a partire dal secolo XVIII.

Strettamente legato a quanto detto sopra è un altro aspetto della rivoluzione industriale. Esso riguarda l'apparente contraddizione che si evince da quanto si è detto sulle nuove macchine, e cioè la diminuzione dell'incidenza della manodopera sull'unità di prodotto (il panno di cotone). Si potrebbe così concludere che ciò comportò una diminuzione del numero di addetti nel settore tessile rispetto alla lavorazione domiciliare precedente. Ma non fu così perché, proprio a causa della diminuzione dei costi unitari, la produzione tessile, come già detto, aumentò in maniera tale da richiedere invece un aumento del numero degli addetti, addetti peraltro in possesso di un maggior livello di specializzazione. Non solo, ma lo sviluppo della produzione delle macchine diede un forte impulso all'industria metallurgica e, a partire dalla metà dell'800, con l'invenzione dell'acciaio, al processo di industrializzazione che si estese, quasi con un meccanismo esplosivo, a tutti i rami della produzione. L'uomo da produttore di beni divenne anche produttore di macchine produttrici di beni.

La macchina è una spietata forza economica. A seconda della domanda del mercato può produrre occupazione o disoccupazione. Nella Gran Bretagna dell'800 la favorevole combinazione fra mercato e macchine, sia pur fra alti e bassi, provocò aumento di occupazione e di ricchezza.

A questo punto c'è da chiedersi quando il carbon fossile, il motore a vapore, la ferrovia, l'acciaio intervennero nel processo di industrializzazione.

L'argomento è complesso, ma se ne può avere una chiave di lettura, ripercorrendo le fasi di sviluppo della macchina a vapore, a partire dalla seconda metà del '700, quando, da semplice pompa a condensazione di vapore, utilizzata per sollevare l'acqua dalle miniere, divenne il terzo motore primario dopo l'uomo e la ruota. La caldaia funzionò sotto pressione e il vapore venne immesso in un cilindro con pistone, dove, espandendosi, fu in grado di erogare potenza a un qualsiasi meccanismo predisposto ad utilizzarla.

Il nuovo motore fu perciò disponibile sessant'anni prima dell'invenzione dell'acciaio. Per la sua costruzione venne impiegata una lega ferro-carbonio prodotta per la prima volta da Henry Cort nel 1784, a partire dalla ghisa fusa, il ferro puddellato. Si trattava di una lega costituita da ferrite, che includeva impurezze e scorie, fucinabile e con caratteristiche di resistenza meccanica superiori alla ghisa.

Con il ferro puddellato, James Watt costruì il suo motore e per questo ed altri motivi, la pressione di esercizio in caldaia non superò le tre atmosfere. Risultato notevole per quei tempi, tant'è vero che le caldaie a 3 atm vennero definite ad alta pressione [7].

Il motore di Watt si caratterizzò, tra l'altro, per il modo con cui venne utilizzato, cioè come motore fisso e mobile.

Come motore fisso si presentò subito quale pericoloso rivale della ruota idraulica e del mulino a vento. Ma la potenza erogata era di poco superiore a quella fornita dall'energia dell'acqua e del vento.

Il motore a vapore consentì di svincolare le fabbriche dalla localizzazione nelle zone dove l'acqua e il vento potevano venir vantaggiosamente sfruttati.

Quando alla fine esso ebbe partita vinta, le fabbriche si accentrarono nelle città e nacque così il proletariato urbano.

La sua efficienza inizialmente, però, non fu tale da rendere economicamente giustificabile la sua estesa utilizzazione. La ruota idraulica iniziò il suo declino a partire dalla seconda metà dell'800.

Appare perciò del tutto giustificata la constatazione di R.J. Forbes: «Nel '700 l'acqua, in Inghilterra, era la principale fonte di energia; essa azionava follatrici, macine, seghe, mantici e frantoi di minerali. Le nuove invenzioni nel campo tessile si svilupparono in zone di colline, di valli e corsi d'acqua e i primi stabilimenti furono costruiti sulle rive dei fiumi. Era difficile per i pionieri della rivoluzione industriale pensare in termini di macchine a vapore. Finché la nuova forza motrice non divenne più economica, più sicura e largamente disponibile, il suo impiego fu limitato» [8].

Diversa sorte ebbe il motore a vapore mobile. Le basse pressioni di esercizio non impedirono l'invenzione della locomotiva e della ferrovia, grazie al basso valore dell'attrito volvente fra ruota e binario. Ma il successo fu dovuto al fatto che il motore mobile non aveva rivali validi come nel caso del motore fisso. Era abissale il divario, sotto tutti i punti di vista, con il carro trainato dai cavalli che percorreva strade dissestate, a volte simili a strade di montagna. La ferrovia iniziò quindi il suo sviluppo senza l'acciaio, ma, quando quest'ultimo fu inventato, si diffuse ovunque e rapidamente.

L'economista I. Wallerstein, citato da J. Mokyr [4], nel trattare la grande espansione dell'economia-mondo capitalistica (1995), afferma che vi sono state rivoluzioni tecnologiche nel periodo 1550-1750 e dopo il 1850, «ma decisamente non nel periodo 1750-1850» [4]. L'affermazione appare drastica fino a rasentare il paradossale, ma contiene un elemento di verità. Peraltro, anche la critica attuale, con consenso crescente, riconosce che la crescita economica nel periodo 1750-1850 «è stata più lenta di quanto si sia supposto finora» [4].

In primo luogo è necessario distinguere tra sviluppo tecnologico e crescita economica, perché, se pur strettamente legati, sono sfalsati per quanto riguarda il rispettivo andamento in funzione del tempo. Attualmente tra il momento dell'invenzione e quello in cui la stessa diventa soggetto economico e produce ricchezza, l'intervallo è molto breve. Assume così più ampio significato il termine «innovazione» che da novità tout court diventa novità i cui effetti sono quasi immediati.

Così non fu a quei tempi. Il filatoio di Arkwright, brevettato nel 1769, non produsse immediatamente effetti economici consistenti. Per cui la constatazione di una crescita economica definita lenta risponde alla realtà. Ma Wallerstein parla di rivoluzione tecnologica e non economica e ci sembra dimostrato, da quanto su esposto se pur in termini semplicistici, che il filatoio automatico, ma anche la macchina di Watt, la locomotiva a vapore, il ferro puddellato furono eventi tecnologici rivoluzionari. Altrettanto non si possono definire i loro effetti in quanto mancò, fino alla metà dell'800, il nuovo materiale indispensabile perché si verificasse anche una crescita economica rivoluzionaria, cioè l'acciaio.

L'ACCIAIO

«Prima della Rivoluzione Industriale il ferro era largamente impiegato per la fabbricazione di armi, utensili e attrezzi agricoli. Non aveva alcuna importanza come materiale da costruzione per l'edilizia, per l'architettura, per le costruzioni navali, per la costruzione di mobili e anche della maggior parte degli attrezzi e delle macchine conosciute. Per tutte queste applicazioni, il materiale di gran lunga più usato era il legno» [9].

Nel 1854 un americano dalla mente fervida, William Kelly, si isolò in una foresta del Kentucky per condurre in segreto una serie di esperimenti nel campo della metallurgia del ferro. Il suo obiettivo era preciso: produrre, per la prima volta, l'acciaio a partire dalla ghisa liquida.

Quella di Kelly sembrò un'impresa impossibile.

L'acciaio era un mito. Infatti, nessun fabbro, uomo o dio, era riuscito a produrlo come materiale con cui fabbricare arnesi, strumenti, armi, analogamente a quanto era possibile fare con il rame, il bronzo, l'ottone e il ferro fucinabile.

Ma non per questo non era conosciuto e non era stato prodotto.

L'acciaio, dai vividi e temibili lampi di luce, rivestiva come sottile strato ottenuto con un lungo processo di cementazione seguita da tempra e rinvenimento, le mitiche Durlindana, Excalibur, Notung, le spade che soltanto ad eroi come Orlando, Artù, Sigfrido era dato di impugnare. Pezzi unici, risultato di una severa selezione; solo alcune, fra le tante spade prodotte, erano in grado di spezzare tutte le altre. Non è da meravigliarsi dunque se ciò che rendeva invincibili spade di ferro dolce, altrimenti facilmente piegabili, venisse considerato un mito, inteso come qualcosa di irragiungibile.

Kelly invece aveva i suoi buoni motivi per ritenere possibile produrre acciaio non soltanto come strato superficiale di armi e di attrezzi, o nei crogioli di B. Huntsmann della metà del '700, ma con un procedimento innovativo tale da renderlo disponibile in quantità elevate e a basso costo.

La metallurgia del ferro è molto complessa. Se osservata tenendo presenti le temperature raggiunte nel corso dei secoli nei forni di riduzione degli ossidi di ferro, si nota che all'inizio fu prodotta, allo stato solido, una lega a basso tenore di carbonio, facilmente lavorabile. Nel XIV secolo, quando la temperatura del forno raggiunse 1150 °C, si ebbe anche la ghisa liquida. Furono così prodotte due leghe di ferro, l'una con un contenuto in carbonio che non superava lo 0,1%, l'altra con il contenuto in carbonio intorno al 4%. Ma tutto ciò si cominciò a capire molto più tardi.

Nel '700 divenne chiaro che l'acciaio era una lega intermedia come contenuto in carbonio tra il ferro dolce e la ghisa, che non era possibile ottenerlo direttamente nel forno di riduzione e che, per produrlo, erano possibili due procedimenti: o diminuire il tenore di carbonio della ghisa liquida, o aggiungere carbonio al ferro dolce allo stato solido.

Kelly scelse il primo procedimento. L'idea non era certo originale perché era stata applicata da Cort per ottenere il ferro puddellato, utilizzando ossidi di ferro allo scopo di ossidare il carbonio ad ossido di carbonio, sottraendolo alla ghisa fusa. Nel corso del processo la massa metallica, però, andava progressivamente solidificandosi. Per questo motivo il ferro puddellato necessitava di una lunga e laboriosa lavorazione manuale di battitura e laminazione.

L'acciaio è liquido a temperature di circa 1500-1600 °C, difficilmente raggiungibili a quei tempi. Sembrava ovvio che in ogni caso Kelly avrebbe dovuto far uso di un combustibile. Ma l'obiezione più consistente all'idea di Kelly era che, comunque avesse operato, avrebbe ottenuto alla fine ferro dolce e non acciaio.

Dal 1851 al 1856 Kelly effettuò, come detto, i suoi esperimenti nel segreto della foresta del Kentucky. Alla fine tornò nel mondo civile e dichiarò con grande entusiasmo che aveva prodotto l'acciaio senza ricorrere ad alcun combustibile, semplicemente insufflando aria nella ghisa liquida. Aggiunse che l'idea non doveva meravigliare perché era sufficiente osservare il fenomeno da un'altra angolazione; considerare cioè la ghisa allo stato liquido non una lega metallica, ma un combustibile — rappresentato dal carbonio in essa contenuto — che con l'ossigeno dell'aria insufflata «bolliva» e si trasformava in acciaio.

I metallurgisti dell'epoca lo considerarono un visionario e la stessa moglie pensò ad uno suo squilibrio mentale. Ma Kelly aveva ragione.

«La genialità del processo di ebollizione consisteva nel fatto che la temperatura veniva elevata per effetto della rapida combustione del carbonio» [10].

William Kelly fu riconosciuto come l'inventore dell'acciaio quando ottenne il brevetto nel 1857. Nel frattempo, in Inghilterra, Henry Bessemer, un ingegnere dotato oltre che di capacità inventiva anche di un ottimo senso degli affari, stava

indipendentemente seguendo la stessa via. Egli aveva notato che nel «convertitore», l'apparecchiatura utilizzata dall'americano, il prodotto ottenuto non giungeva a fusione completa. In queste condizioni il tenore finale in carbonio non poteva venir controllato, mentre con la fusione completa sarebbe stato possibile stabilire il tempo di insufflazione dell'aria ed effettuare opportune operazioni per ottenere le composizioni desiderate e migliorare la qualità del prodotto (per es. una migliore desolforazione). L'aggiunta, inoltre, al bagno metallico di altri particolari elementi diede inizio alla fabbricazione degli acciai speciali.

Con Bessemer ebbe fine il mito dell'acciaio. Finalmente fu possibile, dopo circa tremila anni dall'inizio dell'età del ferro, versarlo in forme e stampi per ottenere i più diversi oggetti, tutti uguali per forma e caratteristiche.

È interessante risalire al motivo che spinse Bessemer ad interessarsi dell'acciaio. La lega metallica dalla più elevata resistenza meccanica agli inizi dell'800 era, come visto, il ferro puddellato. Aveva il grave difetto di non poter venir lavorato allo stato fluido.

Per la più grande potenza mondiale il problema degli armamenti era di vitale importanza. In particolare i cannoni non potevano venir prodotti che per colata e per questo motivo venivano fabbricati in ghisa, risultando così fragili e di conseguenza pericolosi perché esplodevano con relativa facilità [9]. Specialmente nelle bordate delle navi da guerra, quando si rendeva necessario effettuare il tiro rapido, il rischio di esplosioni aumentava. Si diceva allora che era più pericoloso sparare che ricevere i proiettili.

Per ironia della sorte l'acciaio inventato da un ingegnere inglese, che avrebbe dovuto rendere ancor più grande la potenza britannica, fu anche una delle cause che portarono gli Stati Uniti al rango di prima potenza mondiale.

L'evento è bene interpretabile. Il territorio britannico era poco esteso rispetto alla vastità dell'impero e inoltre la produzione agricola non era stata mai così consistente da consentire l'esportazione di derrate alimentari. Il grano ad esempio fu spesso importato e il fatto ebbe ripercussioni importanti sull'assetto politico-economico della Gran Bretagna.

Gli Stati Uniti si presentarono sulla scena mondiale con un territorio circa quaranta volte maggiore di quello del Regno Unito, con immense pianure fertili, un'abbondanza ben superiore di risorse di tutti i generi, fra le quali il petrolio, e con una popolazione che stava crescendo, su un territorio così vasto, ad un ritmo superiore rispetto a quella britannica.

In una prima fase dello sviluppo economico americano, l'agricoltura e l'allevamento ebbero un ruolo primario. Il grano e la carne vennero prodotti in misura notevolmente superiore al fabbisogno interno e furono esportati. Ma c'era un vincolo alla loro esportazione, rappresentato dall'insufficienza del trasporto terrestre realizzato con carri e con il trasferimento delle mandrie dalle zone interne alla costa orientale, che dovevano percorrere distanze anche di migliaia di chilometri.

In un frangente così cruciale, Andrew Carnegie invitò nel 1857 Bessemer nei suoi uffici di New York. Carnegie si occupava di ferrovie, ma si stava interessando anche alla produzione siderurgica [2].

Il personaggio era singolare. Apparteneva ad una famiglia di imprenditori tessili scozzesi, tradizionalmente legati alla lavorazione a mano, costretti ad emigrare, a causa della concorrenza delle nuove macchine. Malgrado le sue origini, egli non fu schiavo del denaro. Quando nel 1900 divenne l'uomo più ricco del mondo, l'unica sua preoccupazione fu di liberarsi delle sue ricchezze, impiegandole in iniziative filantropiche, nella costruzione della Carnegie Hall a New York e nel godere della conversazione dei filosofi nel suo magnifico castello in Scozia. Certamente Carnegie non badò a spese per ottenere il diritto di uso del brevetto sul convertitore Bessemer. Sorse così la più grande compagnia siderurgica del mondo, la Carnegie Steel Corporation.

Con l'acciaio Bessemer la rete ferroviaria americana ebbe un vertiginoso sviluppo e il vincolo al trasporto terrestre delle merci fu tolto. Da quel momento gli Stati Uniti divennero un unico mercato di dimensioni continentali, il più grande del mondo. La produzione di beni e il consumo interno aumentarono vertiginosamente. Le ferrovie trasportarono le derrate alimentari dall'ovest alla costa est, dove vennero imbarcate per i mercati esteri. Le navi e le ferrovie, nel percorso inverso, oltre le merci portarono la manodopera necessaria a sostenere un così elevato ritmo di sviluppo economico.

Al contrario della Gran Bretagna, gli Stati Uniti instaurarono prima un ricco e vasto mercato interno e successivamente svilupparono quello esterno.

Le considerazioni precedenti sono incentrate su quegli aspetti della storia inglese che più si prestano a fornire una sufficiente chiave di lettura della Rivoluzione Industriale.

Naturalmente, non solo tutta la storia inglese, ma anche la storia dell'Europa dovrebbero venir considerate. Si è ritenuto che fosse sufficiente allo scopo l'individuazione di quattro aspetti caratteristici della Rivoluzione Industriale: l'assetto politico e l'area di mercato britannico, le invenzioni di nuove macchine nel settore tessile e l'avvento di un nuovo materiale, l'acciaio.

Il tutto considerato come espressione originale ed esclusiva della civiltà occidentale, una civiltà che è passata, come centro propulsivo di idee e realizzazioni, dal Mediterraneo alla Gran Bretagna, agli Stati Uniti, ma come area culturale non ha fatto altro che espandersi irresistibilmente.

Proprio le nuove macchine pongono un interrogativo a cui non troviamo risposta e che viene rivolto agli economisti e agli storici.

La Rivoluzione Industriale, si è visto, è definibile anche come il passaggio dell'uomo da diretto produttore di beni a manovratore di macchine produttrici di beni.

Oggi, l'automatismo dilagante tende a fare dell'uomo un sorvegliante di apparati elettronici che muovono macchine produttrici di beni. Per cui il ruolo

dell'uomo va configurandosi come quello di ideatore e progettista di un apparato produttivo sempre più complesso, che richiede livelli crescenti di conoscenze scientifiche e di competenze tecnologiche.

L'uomo va estendendo sempre più il suo dominio sulla natura. Ma la soluzione dei problemi che la dinamica di un simile processo presenta, non fa altro che imporre altri e più numerosi problemi, la cui soluzione rende necessaria una visione più completa, che coinvolge la cultura umanistica. Il che si traduce in un invito agli scienziati e agli ingegneri a rivisitare il passato per progettare il futuro, ma soprattutto agli umanisti a dialogare con i primi.

In tempi preistorici l'uomo fabbricava i pochi beni esistenti, al limite con le sue mani; rappresentava così il soggetto economico e la macchina biologica produttiva. Quando si instaurò il mercato, i beni furono scambiati fra gli uomini in quanto macchine produttive.

Con la Rivoluzione Industriale la produzione è diventata sempre più compito delle macchine e non dell'uomo. Portando al limite una tale tendenza, l'uomo verrebbe così a rivestire solo il ruolo di causa efficiente del cosmo tecnologico.

Appaiono attuali e rivelano il loro profondo significato le parole di Seneca, riportate, non a caso, all'inizio di questo articolo: «la sapienza siede più in alto e insegna agli uomini e non alle mani. ... Le invenzioni sono del saggio, ma in quanto uomo ... la loro pratica deve essere lasciata ad umili servitori».

Ed ecco la domanda: è lecito da quanto detto sopra dedurre che lo scambio di beni debba essere considerato come se avvenisse non più fra gli uomini, ma fra le macchine?

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. BAECHLER, Le origini del capitalismo, Feltrinelli (1977).
- [2] B. Russell, Storia delle idee del secolo XIX, Mondadori (1968).
- [3] G.M. TREVELYAN, Storia d'Inghilterra, Garzanti (1965).
- [4] J. Mokyr, Leggere la Rivoluzione Industriale, Il Mulino (1977).
- [5] Storia della Tecnologia, vol. 4, cap. X, Boringhieri (1964).
- [6] P. MANTOUX, La Revolution industrielle, Genin (1959).
- [7] Storia della Tecnologia, vol. 4, cap. VI, Boringhieri (1964).
- [8] Storia della Tecnologia, vol. 4, cap. V, Boringhieri (1964).
- [9] E. SALOMONI, Dal ferro all'acciaio, Ed. Riuniti (1983).
- [10] Storia della Tecnologia, vol. 5, cap. III, Boringhieri (1964).