

QUALE MODELLO PER IL VIVENTE NEL '700?

Paolo Agnoli, Settembre '02

Sommario

Premessa.....	1
1. Introduzione.....	2
2. La materia sensibile.....	3
3. Epigenesi e critica del preformismo.....	5
4. L'organizzazione.....	8
5. Il tempo.....	11
6. Conclusioni.....	12
BIBLIOGRAFIA.....	12

Premessa

Questo breve scritto è stato discusso come tesina integrativa all'esame del corso di *Storia della Filosofia* (dott. Quintili) dell'a.a. 2000/'01 all'Università di Roma 2 di Tor Vergata. Lo studio vuole riassumere alcuni temi del dibattito del XVIII secolo sulla genesi del vivente con l'ausilio, in maniera particolare, di due letture. La prima è *Il sogno di d'Alembert* di Denis Diderot (1713-1784), che si sofferma più di una volta sul problema delle possibili forme di vita ed esprime compiutamente l'adesione del filosofo illuminista alla teoria dell'epigenesi, in contrapposizione alla tesi del preformismo. Ho ritenuto questa scelta interessante perché, anche se, come afferma il biologo e storico del pensiero scientifico Ernst Mayr, dal punto di vista squisitamente scientifico *di originale nel pensiero di Diderot c'è ben poco*,

il modo brillante in cui egli seppe costruire un edificio esplicativo a partire dalle speculazioni correnti esercitò una grande influenza sugli intellettuali francesi suoi contemporanei. (Mayr,pag.282)

E ciò è tanto vero fino al punto che il *Sogno* arriverà a simboleggiare, con l'estensione

a tutto l'universo materiale di un'interpretazione di tipo biologico, l'apice di una linea di tendenza della cultura scientifica europea. (Bernardi,pag.588)

L'utilità di questa lettura, almeno per quanto riguarda il tema in esame, è inoltre a mio avviso giustificata dal ruolo particolare, anche "operativo", che i filosofi illuministi riuscirono ad acquisire in un passaggio davvero storico per la scienza moderna. Come scrive ancora lo storico appena citato:

Le scienze della vita diventano nel corso del Settecento uno dei terreni di ricerca preferito dai filosofi . La biologia sembra passare di mano dagli scienziati professionisti a intellettuali e uomini di cultura che, nella maggior parte dei casi , non dispongono di una preparazione istituzionale precisa , ma che affrontano i problemi dell'origine della vita [...] con un'ottica nuova , sovvertitrice rispetto agli schemi tradizionali. Si tratta di "uomini nuovi"[...](ivi,pag.582)

La seconda opera cui farò primariamente riferimento, *La logica del vivente* del biologo (premio Nobel con Jacques Monod nel 1965) e storico della scienza François Jacob (1920-), è davvero un classico della *storia dell'ereditarietà* che dedica numerose pagine al passaggio tra il XVII e il XVIII secolo e che, forse non a caso, si apre proprio con una citazione di Diderot: *Voyez-vous cet oeuf? C'est avec cela qu'on renverse toutes les écoles de théologie et tous les temples de la terre.*

La breve **introduzione**, che cerca di delineare il contesto generale del dibattito, precede quattro paragrafi (**La materia sensibile**, **Epigenesi e critica del preformismo**, **L'organizzazione**, **Il tempo**) in cui vengono riportati i passi del *Sogno* e de *La logica del vivente* più pertinenti al tema prescelto insieme a specifici commenti. L'ultimo paragrafo (**Conclusioni**) vuole riassumere gli

aspetti più significativi emersi nello svolgimento del tema e precede la breve Bibliografia relativa agli autori citati.

1. Introduzione

Il quesito sull'origine della vita è uno dei problemi cruciali della scienza nel passaggio dal XVII al XVIII secolo, dove si confrontano temi filosofici e fedi religiose oltre che teorie scientifiche.

Nella cultura occidentale è stata a lungo dominante una visione creazionistica, fissistica e finalistica degli esseri viventi. La rivoluzione scientifica moderna impose una visione *meccanicistica* della natura e, quindi, della *vita*: le cause finali furono bandite come principi esplicativi a favore di quelle meccaniche.

Intorno alla metà del diciassettesimo secolo così scriveva Leibniz :

Quanto al movimento dei corpi celesti, e più ancora, quanto alla formazione delle piante e degli animali, niente c'è di miracoloso, salvo il cominciamento di queste cose. L'organismo degli animali è un meccanismo che suppone una preformazione divina; ciò che ne segue è puramente naturale e completamente meccanico. (cit. in Mathieu, pag.36)

In tal modo il filosofo tedesco esprimeva un punto di vista che nei primi decenni del Settecento sembrava ancora del tutto accettabile, proprio perché presentava una convergenza di fatto tra il *meccanicismo e il creazionismo*.

Il meccanicismo, infatti,

poteva apparire come una riformulazione, scientificamente più aggiornata, dei vecchi dogmi creazionistici e fissistici. L'universo stesso è un grande meccanismo: Dio ha creato la materia, l'ha strutturata e regolata con leggi eterne, lasciandola poi al suo corso. (Cioffi et al., pag.381)

Nel diciottesimo secolo questa visione del mondo venne messa in discussione da un nuovo modo di guardare ai fenomeni naturali che contemplava in sé una visione continuista della natura, una nuova considerazione del tempo e una concezione dinamica della materia.

Due modelli sembravano così rispondere al problema della natura e dell'origine della vita :

Da un lato, il modello meccanicistico: la natura è costituita da materia in moto; la materia è dotata esclusivamente di proprietà geometrico-meccaniche; il moto è soggetto alla legge d'inerzia ed è modificabile solo in seguito all'urto delle parti di materia tra loro. Le cause sono solo di ordine efficiente e meccanico e non finale: ogni forza non riducibile alla meccanica - come la forza vitale - è bandita dalla spiegazione scientifica. Gli organismi viventi sono macchine, automi molto complessi. (Ivi, pag.387)

Questa concezione era del tutto conciliabile con il creazionismo: Dio aveva creato la materia, stabilito le leggi del moto e impresso il primo movimento, avendo già presente il progetto del mondo.

Il meccanismo poteva

tradursi in una forma di materialismo, qualora si fosse ammesso che le parti di materia si fossero aggregate in un organismo "casualmente", per processi non preordinati da alcuna mente superiore, ma puramente meccanici. Ammesso questo, il materialismo meccanicista arriva a ridurre tutte le funzioni, anche quelle sensitive e intellettive umane, a moti materiali: anche l'uomo - diversamente da quello che Cartesio aveva insegnato - non era che un *automa*, sia pure estremamente complesso. Il pensiero non era l'attributo di alcuna *res cogitans* distinta dal corpo, ma una funzione del cervello. (*Ibidem*)

Nel Settecento, però, il meccanicismo non si identificava più con la sola versione cartesiana: le teorie di Newton mostravano la possibilità di un diverso approccio agli esseri viventi. L'ammissione della *forza di gravità*, forza che non appariva riducibile a quelle *per contatto* dei cartesiani, sembrava fornire una giustificazione a quanti si appellavano a *forze vitali*.

Questo vitalismo poteva assumere due forme, l'una più debole, l'altra più forte.

Newton si era rifiutato di spiegare in termini meccanici la gravità. Il compito della scienza non consiste nel *fingere hypotheses* (elaborare ipotesi esplicative), ma nello scrivere l'equazione del fenomeno. Così, senza pretendere di individuare le proprietà essenziali della materia o della vita, del tutto sconosciute, lo scienziato può fare appello a forze vitali, se ciò è necessario per la descrizione dei fenomeni, pur ignorandone (per sempre) la natura. Era questo un vitalismo debole. I newtoniani, però, avevano finito con l'attribuire alla materia, accanto alle proprietà geometrico-meccaniche, anche quelle attrattive e repulsive a distanza. A questo punto, non si vedeva perché non assegnare alla materia anche tutte quelle proprietà che fossero documentate dall'esperienza, come, appunto, la forza vitale. Era questo un vitalismo forte.

Si faceva così strada una visione dinamico-vitalistica. Anche in questa visione si potevano dare due versioni, l'una creazionistica, l'altra materialistica. Per la prima, Dio, creando la materia, avrebbe creato anche la vita che si era via via sviluppata; secondo tale visione, detta preformismo, già tutti gli esseri viventi sarebbero stati creati in germe all'origine dei tempi. Per la seconda, la materia avrebbe in sé proprietà dinamiche di autorganizzazione, grazie alle quali essa avrebbe dato origine spontaneamente e naturalmente a tutti gli organismi. (*Ibidem*)

Ed è proprio questa seconda visione dinamica della Natura che trovò una compiuta adesione nell'opera di Diderot. Come si trovò a commentare J. O. La Mettrie *essi hanno piuttosto spiritualizzato la materia che materializzato l'anima* (La Mettrie, cit. in Gagliasso, pag. 98)

2. La materia sensibile

Nella conversazione iniziale del *Sogno* tra Diderot e D'Alembert è subito evidente a quale visione materialistica l'autore si ispira :

D'ALEMBERT: Confesso che un Essere che esiste da qualche parte e non corrisponde ad alcun punto dello spazio; un Essere che è inesteso ma occupa dell'estensione [...] un Essere di natura così contraddittoria è difficile da ammettere. Ma altre oscurità attendono colui che lo rifiuta; poiché infine, se quella sensibilità che gli sostituisce è una qualità generale ed essenziale della materia, bisogna che la materia senta.

DIDEROT: E perché no? (Diderot, pag. 23)

Possiamo notare che, dopo un chiaro attacco alla scolastica cartesiana, Diderot ipotizza l'esistenza di una sensibilità universale della materia: le particelle che costituiscono i corpi possiedono, oltre alle qualità fisiche dell'estensione e dell'impenetrabilità, una sensibilità propria. Come vedremo subito, questa sensibilità è latente nei minerali e si risveglia gradualmente man mano che - attraverso il ciclo dell'alimentazione - le particelle, assimilate dalle piante, salgono lungo la scala degli esseri fino all'uomo: è chiaro che per Diderot *dal morto non può nascere il vivente* .

Si ritiene che Diderot avesse ricevuta dai propri studi di chimica l'idea che la materia avesse un impulso che le permettesse di passare da uno stato all'altro e che, se l'energia e la forza intrinseca erano caratteristiche della molecola vivente, ciò non significava che la sensibilità (seppur latente) non fosse una proprietà anche della materia inorganica:

D'ALEMBERT: Vorrei che mi diceste che differenza fate tra la statua e l'uomo, tra il marmo e la carne.

DIDEROT: Poca differenza. Con della carne si può fare il marmo, e con del marmo la carne. (*Ibidem*)

E ancora:

D'ALEMBERT: [...] una sensibilità attiva che si caratterizza mediante certe azioni riscontrabili nell'animale e forse nella pianta; una sensibilità inerte di cui ci si assicurerebbe mediante il suo passaggio allo stato di sensibilità attiva. [...]

D'ALEMBERT: Così che la statua ha solo una sensibilità inerte; mentre l'uomo, l'animale, forse la pianta stessa, sono dotati di una sensibilità attiva. (*Ivi*, pag. 25)

Se non si ammettesse questa sensibilità latente, si violerebbe il principio di continuità, in quanto si supporrebbe che determinate qualità possano apparire dal nulla. Come fa notare Quintili,

sottolineando il *monismo ontologico* di una tale posizione- dove il Deus cartesiano delle *Méditations métaphysiques* diventa Natura- è questo il

lato che meglio caratterizza la posizione della filosofia biologica di Diderot nel quadro delle filosofie settecentesche della natura. [...] La materia, secondo Diderot [...] è energetica, unitaria e sensibile, è dotata cioè di una forza interna [...] che la rende eterogenea pur conservandone l'unità sostanziale; la materia quindi è capace, per sua virtù e a determinate condizioni, di trasformarsi da inorganica in organica, da inerte in vivente, da "estesa" in "pensante". (Quintili,pag.5)

Per ulteriormente inquadrare il contesto culturale in cui si trova ad operare Diderot , va anche ricordato che nel diciottesimo secolo era ancora diffusa la convinzione che, in condizioni appropriate, molti tipi di creature viventi potessero essere generati *ex novo*; si diceva, per esempio, che *da un mucchietto di biancheria sudata e di grano potessero nascere topi adulti* (Feinberg,pag.106). Altre ricette in voga erano *i vecchi e i calzini e la carne marcia, da cui potevano puntualmente emergere pidocchi , mosche e vermi* .(Ibidem).

Come dice il fisico e storico della scienza Paul Davies

c'è voluto l'intervento di uno scienziato del calibro di Louis Pasteur per dirimere definitivamente la questione. Nel 1862, con l'incentivo di un premio pubblico, Pasteur realizzò un'accurata serie di esperimenti volti a dimostrare che gli organismi viventi provengono solo da altri organismi viventi. Un mezzo di coltura veramente sterile, proclamava, rimane per sempre sterile. Pasteur dichiarò trionfante: "La dottrina della generazione spontanea non si risolleverà mai più dal colpo mortale inflittole da questo semplice esperimento!"(Davies,pag.85)

Nel diciottesimo secolo, come afferma Bernardi , l'immagine della natura era davvero soggetta a repentine novità:

[...]in un'epoca in cui –a causa della semplicità delle tecniche d'indagine [...] –la curiosità del naturalista poteva essere premiata ad ogni passo da nuove insospettite scoperte,ogni minuscolo essere vivente, [...] poteva apparire un concentrato di meraviglie capaci di mettere improvvisamente in crisi l'immagine tradizionale della natura e di aprire inedite, scorcentanti visioni della vita.(Bernardi,pag.567)

Credo sia qui evidente, tra gli altri, un richiamo agli esperimenti sulle "anguille" del grano di Needham. Needham giungerà alla conclusione che, come tutti gli altri esseri microscopici , anche le "anguille" erano prodotte direttamente dalla *forza espansiva della materia* . E questi esperimenti , come altri del genere, ebbero in qualche maniera influenza sulla posizione di Diderot.

Sempre secondo Bernardi

[...]la distinzione rigida tra materia inerte e materia organica non appariva suscettibile di una chiara risoluzione monistica , tanto più necessaria, agli occhi di Diderot , perché essa appariva convalidata dalle esperienze sulla generazione spontanea dei microrganismi fatte da Needham.(Ivi,pag.588)

Diderot offre un suo esempio di come si possa passare dallo stato di sensibilità dei corpi inorganici a quello dei corpi organici:

D'ALEMBERT: [...] non vedo come si possa far passare un corpo dallo stato di sensibilità inerte a quello di sensibilità attiva.

DIDEROT: Perché non volete vederlo. E' un fenomeno così comune!

D'ALEMBERT: E questo fenomeno così comune, qual è, per cortesia?

DIDEROT: Ve lo dirò, dato che volete questa umiliazione. Esso si verifica ogni volta che mangiate.

D'ALEMBERT: Ogni volta che mangio?

DIDEROT: Sì; mangiando, infatti, cosa fate? Rimuovete gli ostacoli che si oppongono alla sensibilità attiva dell'alimento. L'assimilate a voi stesso; ne fate della carne; l'animalizzate; lo rendete sensibile [...] (Diderot,pag.27)

Continuando in dettaglio poco oltre :

DIDEROT: Quando il blocco di marmo è ridotto a una polvere impalpabile, mischio questa polvere all'humus o terra vegetale; le impasto ben bene insieme; innaffio il miscuglio, e lo lascio imputridire un anno, due anni, un secolo, il tempo non ha importanza. Quando il tutto si sarà trasformato in una materia pressappoco omogenea, in humus, sapete che faccio?

D'ALEMBERT: Sono certo che non lo mangerete.

DIDEROT: No, ma c'è un mezzo d'unione, di assimilazione, fra l'humus e me, un *latus*, come si direbbe in chimica.

D'ALEMBERT: E questo *latus* è la pianta?

DIDEROT: Esatto. Ci semino piselli, fave, cavoli, altre leguminose. Le piante si nutrono della terra, e io delle piante. (*Ivi*, pag. 29)

Si può quindi affermare con Bernardi che

il mondo dello spirito e la natura brutta finiscono così [...] per trovarsi in un rapporto di continuità diretta. (Bernardi, pag. 588)

Come ebbe bene a riassumere Maupertuis, *dobbiamo ricorrere a un qualche principio di intelligenza (insito nella materia), a un qualcosa di simile a ciò che chiamiamo desiderio, avversione, memoria.* (Maupertuis, cit. in Gagliasso, pag. 98)

3. Epigenesi e critica del preformismo

Per spiegare in maniera concreta il passaggio dalla materia sensibile alla materia vivente (e poi pensante), Diderot prende come esempio lo stesso D'Alembert, ricostruendo la sua storia biologica:

DIDEROT: [...] le molecole che dovevano formare i primi rudimenti del mio geometra erano sparse nelle loro giovani e fragili macchine, filtrando la linfa, circolando nel sangue, per poi finalmente sboccare nei serbatoi destinati alla loro unione, i testicoli del padre e della madre. Ed ecco formato quel germe prezioso; eccolo, com'è opinione comune, condotto per le trombe di Falloppio nella matrice; si attacca alla matrice con un lungo peduncolo; a poco a poco, si accresce nel suo stato di feto, fino al momento d'uscire dall'oscura prigione; eccolo infine nato, esposto sui gradini di Saint-Jean-le-Rond, da cui prese il nome [...] (Diderot, pag. 31)

E spiegandola come segue :

DIDEROT: [...] Com'è avvenuto tutto ciò? Col nutrirsi ed altre operazioni puramente meccaniche. Ecco qui, in tre parole, la formula generale: "Mangiate, digerite, distillate *in vasi licito, et fiat homo secundum artem*". E colui che esporrà all'Accademia il processo di formazione di un uomo e d'un animale non farà uso che di agenti materiali i cui effetti successivi saranno un essere inerte, un essere senziente, un essere pensante, un essere che risolve il problema della precessione degli equinozi, un essere sublime e meraviglioso, un essere che invecchia, deperisce, muore, un essere infine decomposto e reso alla terra.

D'ALEMBERT: Voi dunque non credete ai germi preesistenti?

DIDEROT: No.

D'ALEMBERT: Ah! che piacere mi fate!

DIDEROT: Sono contro l'esperienza e la ragione: contro l'esperienza, che cercherebbe invano codesti germi nell'uovo e nella maggior parte degli animali prima d'una certa età; contro la ragione, la quale ci insegna che la divisibilità ha un limite in natura, benché non ne abbia nessuno nell'intelletto, e alla quale ripugna il concepire un elefante interamente formato in un atomo, poi in questo un secondo elefante, e così via, all'infinito. (*Ivi*, pag. 33)

In questi passi vediamo chiaramente espressa l'adesione alla teoria dell'epigenesi, formazione meccanica del vivente per giustapposizione successiva di parti, in chiara contrapposizione alla tesi del preformismo. Ancora:

BORDEU: [...] Scommetto, signorina, che essendo stata a dodici anni una donna metà più piccola di ora, a quattro anni ancora più piccola, una donnina minuscola allo stato di feto, e piccolissima nei testicoli di vostra madre, avete immaginato d'essere sempre stata una donna di tale forma, di modo che il solo accrescimento progressivo avrebbe prodotto tutte le differenze dall'origine a oggi.

SIGNORINA DE L'ESPINASSE: Lo ammetto.

BORDEU: Niente di più falso! Dapprima non eravate nulla. Poi, all'inizio, foste un punto impercettibile, formato da molecole ancora più piccole, sparse nel sangue e nella linfa di vostro padre o di vostra madre; questo punto diviene un filo delicato, poi un fascio di fili. [...] (*Ivi*, pag. 111)

Va sottolineato che la tesi del preformismo aveva avuto particolare successo nel secolo XVII ed era ancora in auge nel XVIII. Credo sia importante soffermarci su questo punto per leggere poi *storicamente* la tesi di Diderot sulla formazione della vita. Come fa notare Jacob, nel '600 con l'avvento della rivoluzione scientifica :

La generazione di un essere vivente non può più essere considerata un evento isolato, unico, indipendente, ma diventa espressione di una legge che comprova la regolarità dell'universo.

Nel secolo XVII si trasforma la natura stessa della conoscenza. Prima essa si articolava su Dio, l'anima e il cosmo; ora, non si tratta più di scoprire gli indizi che testimoniano segretamente le intenzioni originarie della natura, ma si vuole penetrare in essa, comprenderne in fondo i fenomeni, collegarli mediante le leggi, nella misura in cui lo spirito umano è in grado di formularle. La discussione si riduce ad un dialogo fra l'uomo e il mondo esterno. "Bisogna prendere in considerazione solo due cose, - dice Descartes: - noi che conosciamo e gli oggetti che debbono essere conosciuti". In questo nuovo rapporto fra l'uomo e la natura, il nodo dell'azione si sposta. La funzione principale passa dalla volontà divina allo spirito umano; l'interesse non si concentra più sulla creazione della natura, ma sul suo funzionamento attuale. La scienza della natura cessa di essere un'opera di contemplazione e di esegesi o un indovinello, e diventa un'opera di decifrazione. (Jacob,pag.39)

e ancora :

Per decifrare la natura al fine di scoprirvi un ordine, è necessaria la certezza che il reticolato non cambierà mai nel corso delle operazioni; occorre essere sicuri che nei fenomeni naturali esiste una regolarità. Bisogna poter escludere l'intervento di qualsiasi forza ostile, di qualsiasi "cattivo genio, altrettanto astuto e ingannevole quanto potente, il quale - dice Descartes - abbia messo tutto il suo zelo nell'ingannarmi". La natura, pertanto, non può essere concepita che come un sistema armonico , nel quale il comportamento degli esseri viventi e delle cose segue necessariamente le regole di un giuoco ormai immutabile. Dio può anche aver creato il mondo, può avergli dato l'impulso iniziale e deciso tutto il suo comportamento futuro; ma ciò che importa ,oggi, è che tale comportamento non possa più essere modificato, che la natura non possa apportare la minima alterazione ai piani che sono stati prescritti. (Ivi,pag.41)

Ciò significa quindi che :

Gli uomini del Seicento si trovano a vivere in un universo il cui centro di gravità si è spostato, un universo nel quale astri e pietre obbediscono alle leggi della meccanica, espresse dal calcolo. Ormai per assegnare un posto agli esseri viventi e spiegarne il funzionamento, non c'è che un'alternativa. O gli esseri viventi sono macchine nelle quali non vi è nient'altro da considerare che figure, grandezze e movimenti; o essi sfuggono alle leggi della meccanica, e allora bisogna rinunciare a ogni unità, a ogni coerenza intrinseca del mondo. Posti di fronte a questa scelta, né i filosofi, né i fisici , né i medici potevano esitare: tutta la natura è macchina, come la macchina è natura.(Ivi,pag.44)

E non vi è più posto per il magico o il misterioso :

[...] tutto l'insieme dei corpi, viventi e non viventi, risulta sottratto ad ogni azione a distanza, a ogni rapporto ambiguo, a ogni sorta di attrazione o repulsione per simpatia o antipatia. Nulla è più pensabile come effetto di forze occulte; tutto diventa possibile mediante il gioco delle forze fisiche. (Ivi,pag.47)

Ben presto, però, le risorse del meccanicismo classico apparvero insufficienti a spiegare il funzionamento dei viventi e via via che questi rivelavano la loro reale complessità, diventava sempre più difficile attribuire tutte le loro proprietà a semplici impulsi che agiscono su un sistema di leve e di ganci; nella sua forma iniziale, il meccanicismo non era in grado di resistere al peso crescente dell'osservazione.

Per "spiegare" la genesi del vivente i sostenitori del meccanicismo dovranno affermare che

bisogna che il seme contenga già il "germe" del futuro piccolo essere, bisogna, cioè, che quest'ultimo sia "preformato". Il germe rappresenta già la struttura visibile del futuro bambino, una struttura simile a quella dei genitori. (Ivi,pag.70)

Le conclusioni sono obbligate:

A questo punto non c'è che una soluzione: supporre che i germi di tutti gli organismi, passati, presenti e futuri, siano esistiti fin dall'epoca della Creazione, e che ciascuno di essi attenda, da allora, il momento di essere reso attivo per mezzo della fecondazione. E' la teoria della preesistenza dei germi.[...]

Preformismo e preesistenza pongono la generazione degli esseri viventi sullo stesso piano degli altri fenomeni della natura. Gli esseri viventi, come le cose inanimate, “non possono cominciare ad esistere – dice Leibniz – che per creazione, e non possono concludere la loro esistenza che per annientamento”. L'universo è uscito al gran completo dalle mani di Dio, già montato e con tutti i pezzi a posto. Tutto è stato tratto dal nulla per volontà divina: ogni astro, ogni pietra, ogni futuro essere è stato formato con un atto creativo compiuto e definitivo. Dopo il “buffetto” iniziale, il sistema funziona da sé, con quella regolarità perfetta che trova la sua espressione nelle leggi naturali. [...] fino a quando gli esseri viventi saranno concepiti come combinazione di strutture visibili, il preformismo e la preesistenza costituiranno l'unica soluzione possibile del problema della generazione, l'unica risposta all'argomento di Fontanelle: “Voi dite che gli animali sono, al tempo stesso, delle macchine e degli orologi? Ma mettete una macchina-cane accanto a una macchina-cagna, e potrà venire fuori una terza piccola macchina, mentre due orologi possono stare uno accanto all'altro per tutta la loro esistenza senza che mai ne nasca un terzo orologio”. (Ivi, pag. 74-77)

E' con Newton che il meccanicismo inizia a differenziarsi. Che cosa “sostiene” e fa muovere i corpi celesti? Perché i corpi cadono verso il basso?

La filosofia meccanicistica classica aveva cercato di rispondere a questi interrogativi. Cartesio aveva avanzato la sua teoria dei vortici. Newton giunse alla scoperta della legge di gravitazione universale. Accusato dai Cartesiani di voler reintrodurre, con la forza di gravità, le forze occulte tradizionali, Newton negherà che la gravità sia una forza occulta. La gravità è manifesta, non occulta; essa si mostra infatti chiaramente all'osservazione. Sostiene Jacob :

Più avanti, con Newton, il meccanicismo cambia natura e, conquistando il mondo delle sostanze, dà origine alla chimica. Nella sua rappresentazione del mondo inanimato, la fisica combina le leggi del movimento e la natura corpuscolare della materia. Questa non è più un substrato omogeneo divisibile all'infinito, ma è composta da un numero illimitato di particelle isolate, separate e non identiche. Alla materia e al movimento, che costituivano il mondo di Descartes, si aggiunge – nel mondo di Newton – lo spazio, cioè un vuoto nel quale si muovono le particelle. L'attrazione mantiene le particelle al loro posto e le collega per formare un universo coerente. L'attrazione non è un elemento costitutivo dell'universo, non partecipa della sua costituzione, ma tesse fra tutti gli atomi una rete di interdipendenze che dà al mondo al sua coesione. Il concetto di attrazione fornisce ai chimici la forza in grado di sostituirsi alle influenze astrali, quei misteriosi influssi che – secondo gli alchimisti – collegavano i metalli alle stelle e ai pianeti. Quando si mescolano delle sostanze, queste non restano inerti, ma si spostano l'una con l'altra; fra corpi diversi si osservano delle relazioni, che li fanno unire più o meno strettamente. (Ivi, pag.52)

E quindi anche il modello di macchina animale tende a modificarsi :

Per Lavoisier, dunque, L'animale si può analizzare come una macchina, anche se non più come una macchina che funzioni soltanto in termini di figura e movimento, ma secondo i principi più diversi, poiché si rivela la presenza di fenomeni elettrici persino in un muscolo di rana. Il modello che meglio consente di descrivere il funzionamento di un organismo vivente è quello della macchina a vapore [...]»(Ivi, pag.55)

Con questa nuova visione del mondo anche la tesi del preformismo può essere messa in discussione. Contro il preformismo depongono d'altronde i fenomeni della rigenerazione, dovuti al potere che hanno certi animali di riprodurre un intero organismo a partire da un suo frammento. Ne sono esempi il verme vegetale studiato da Bonnet e l'idra osservata da Trembley. Vi sono poi i fenomeni dell'ereditarietà:

quando l'asino e la giumenta si accoppiano, il frutto della loro unione non è mai né un asino né un cavallo, ma una combinazione dei due. Come conciliare la preesistenza e il preformismo con gli imprevisti dell'accoppiamento? (Ivi, pag.83)

E' in questo contesto storico, ho voluto sottolineare, che Diderot matura il proprio assenso alla teoria dell'epigenesi, espresso nuovamente qui :

DIDEROT: Vedete quest'uovo? è con esso che si rovesciano tutte le scuole di teologia e tutti i templi della terra. Che cos'è un uovo? una massa insensibile, prima che il germe vi sia introdotto; e dopo? ancora una massa insensibile,

poiché questo germe non è anch'esso, che un fluido materiale ed inerte. Come codesta massa passerà a una diversa organizzazione, acquisterà vita e sensibilità? per mezzo del calore. Chi produrrà il calore? il movimento. [...]
 DIDEROT: [...] da una materia inerte, disposta in un certo modo, impregnata di un'altra materia inerte, si ottengono, mediante il calore e il movimento, sensibilità, vita, memoria, coscienza, passioni, pensiero. [...] (Diderot, pag.45)

Come riassume Quintili :

Il *Sogno di d'Alembert* racconta [...] l'epigenesi del vivente dalla *molécule organique* di Buffon, dotata di "sensibilità", "memoria", "desiderio", "avversione". [...] E' il tema del prototipo organico degli esseri, grazie al quale Diderot è condotto a riformulare in termini materialistici e vitalistici il concetto di "unità" della natura. (Quintili, pag.5)

Proponendosi di nuovo come partigiano dell'epigenesi , nel passo seguente Diderot introduce anche il ruolo dell'organizzazione (la cui importanza vedremo ancora nel prossimo paragrafo) :

DIDEROT: [...] Non vi restano che due partiti da prendere: immaginare nella massa inerte dell'uovo un elemento nascosto che ne aspetti lo sviluppo per manifestare la sua presenza, oppure supporre che questo elemento invisibile vi si sia insinuato tramite il guscio in un determinato momento del suo sviluppo. Ma che cos'è quest'elemento? Occupa uno spazio o non ne occupa? Come arriva, o parte, se non si muove? Dov'era? Che cosa faceva là o altrove? E' stato creato al momento del bisogno? Oppure esisteva già? Aspettava che ci fosse un luogo in cui abitare? Omogeneo, era materiale; eterogeneo, non si comprende né la sua inerzia prima dello sviluppo , né la sua energia nell'animale sviluppato. Ascoltatevi, e avrete pena di voi stessi; sentirete che, per non ammettere un'ipotesi semplice che spiega ogni cosa: la sensibilità come qualità generale della materia o prodotto dell'organizzazione, rinunciate al senso comune, precipitando in un abisso di misteri, contraddizioni e assurdità. (Diderot, pag.47)

In questi brani possiamo anche evidenziare una chiara influenza spinoziana, ancora più esplicita nel passo che segue :

DIDEROT: Non c'è più che un'unica sostanza nell'universo, nell'uomo, nell'animale. La scatola armonica è di legno, l'uomo di carne. Il canarino è di carne, l'uomo di carne diversamente organizzata; ma entrambi hanno la stessa origine, la stessa formazione, le stesse funzioni e la stessa fine. (Ivi, pag.49)

Come afferma Quintili , Diderot, postulando una continuità tra "spinozisti antichi" e spinozisti moderni:

riconosce il carattere dinamico ed energetico della materia, la complessità in divenire delle sue combinazioni in "sistemi naturali" viventi, offrendo ai contemporanei un'immagine del pensiero e dello "spirito" soggettivo che non sta fuori della storia dell' "oggetto", fuori della storia della natura (Quintili, pag.3)

E specificatamente al ruolo del tempo farò riferimento nei prossimi paragrafi.

4. L'organizzazione

Nel brano seguente del *Sogno* vediamo come l'organizzazione, a diversi livelli, sia alla base dell'*unità* riscontrabile in un animale. E' l'azione reciproca delle diverse parti che dà al tutto il suo significato :

SIGNORINA DE L'ESPINASSE: [...] Come una goccia di mercurio si fonde con un'altra goccia di mercurio, una molecola sensibile e vivente si fonde con un'altra molecola sensibile e vivente... Prima c'erano due gocce, dopo il contatto ce n'è una sola... La sensibilità diviene comune alla massa comune... [...] SIGNORINA DE L'ESPINASSE: [...] Il contatto di due molecole omogenee, perfettamente omogenee, forma la continuità... e si ha l'unione, la coesione, la combinazione, la identità più completa che si possa immaginare... Sì, o filosofo, se queste molecole sono elementari o semplici; ma se sono degli aggregati, dei composti?... La combinazione si effettuerà ugualmente, e per conseguenza l'identità, la continuità[...] SIGNORINA DE L'ESPINASSE: [...] Un filo d'oro purissimo, ricordo, è un paragone che m'ha fatto lui; un reticolo omogeneo, fra le molecole del quale s'interpone e si forma un altro reticolo omogeneo, un tessuto di materia sensibile, un contatto che assimila, della sensibilità attiva qui, inerte là, la quale si comunica come il movimento, senza contare che, come lui ha detto benissimo, tra il contatto di due molecole sensibili e quello di due

molecole insensibili ci deve essere una differenza; e questa differenza, quale può essere?... Un'azione, una reazione abituali..., azione e reazione con un carattere particolare... Tutto dunque concorre a produrre una sorta di unità che esiste solo nell'animale... (Diderot,pag.67)

L'io, instabile (se ne riconosce cioè la modificabilità e la contingenza), è creato dall'unione di tante molecole che avevano ognuna una coscienza (non autocoscienza) che però sarà persa per dare origine ad una nuova unità. E' qui già intuibile una teoria delle "diverse vite "(su cui Diderot si sofferma nei suoi *Elements de physiologie*): quella della *molecola*, quella della *fibra*, quella dell'*organo* fino ad arrivare alla vita *animale*.

Come ricorda Bernardi

l'unità dell'io consente , secondo le indicazioni della fisiologia di Bordeu e della scuola di Montpellier , di mantenere una relativa autonomia ai singoli organi e alle stesse molecole organiche , le quali tornano ad esercitare una loro specifica individualità nel caso per es. della morte , in cui la decomposizione dell'organismo permette la nascita spontanea di miriadi di *animalculi* microscopici.(Bernardi,pag.588)

E ancora:

Questa rappresentazione pluralistica e "federativa" dell'organismo si concretizzava nella metafora , che colpirà a fondo la fantasia di Diderot , dello sciame d'api attaccato ad un albero , il quale, pur essendo costituito da tanti individui separati , agisce pur sempre come un'unità organica.(Ivi,pag.581)

Con esplicito richiamo al seguente noto passo del *Sogno* :

SIGNORINA DE L'ESPINASSE: [...]”Avete veduto qualche volta uno sciame d'api fuggire dall'alveare?[...]Le avete viste andarsene a formare all'estremità di un ramo un lungo grappolo di animaletti alati , tutti attaccati gli uni agli altri per le zampe?...Questo grappolo è un essere , un individuo, un animale...(Diderot,pag.69)

Ed a proposito dell'organizzazione scrive Jacob :

Nella seconda metà del Settecento e negli anni di trapasso al secolo successivo, si trasforma a poco a poco la natura stessa della conoscenza empirica. L'analisi e il confronto tendono a esercitarsi non più soltanto sugli elementi costitutivi della realtà, ma sui rapporti interni che legano fra loro questi elementi. La possibilità di esistenza dei corpi si colloca sempre più al loro interno [...]Gli esseri viventi diventano degli insiemi a tre dimensioni nei quali le strutture si dispongono a strati, secondo un ordine dettato dal funzionamento dell'organismo complessivo. Quanto avviene in superficie è regolato da ciò che si cela in profondità, gli organi visibili sono dominati dalle funzioni invisibili. La forma, le proprietà, il comportamenti di un essere vivente sono governati dalla sua organizzazione. E' l'organizzazione che distingue gli esseri viventi dalle cose inanimate. (Jacob,pag.94)

E secondo Jacob il motivo è chiaro :

L'esistenza di una struttura nascosta è richiesta soltanto dalla rappresentazione newtoniana dell'universo fisico. Alla combinazione visibile delle superfici e dei volumi corrisponde, nella meccanica newtoniana, una combinazione segreta di corpuscoli che costituiscono la materia. Le qualità dei corpi e le proprietà della sostanza non sono determinate soltanto dalla natura degli atomi che le compongono, ma anche dal gioco di relazioni che si istituisce fra questi atomi per attrazione o affinità. Gli esseri viventi presentano , quindi, determinati attributi in virtù delle particelle che li costituiscono e dei loro reciproci rapporti. Anche la struttura visibile di un essere organizzato deve fondarsi, come quella delle cose inanimate, su una particolare disposizione delle particelle e sulla loro unione, dovuta a una forza simile all'attrazione, che conferisce al tutto la sua intima coesione. (Ivi,pag.95)

Le unità elementari che compongono gli essere viventi sono chiamate "particelle viventi" da Maupertuis e "molecole organiche" da Buffon; esse svolgono, nel mondo degli esseri viventi , l'identica funzione che gli atomi svolgono in quello delle cose inanimate. Come la disposizione interna degli atomi determina la forma e la quantità delle cose, così l'organizzazione delle particelle determina la figura e la proprietà degli esseri viventi.

Come nota sempre Jacob

con le loro teorie, né Maupertuis né Buffon pensano di fare della metafisica. Da buoni newtoniani, essi cercano di fondare le proprietà degli esseri viventi sulle leggi del mondo fisico. Le unità elementari, le particelle viventi, le molecole organiche non hanno altro scopo che di mettere d'accordo l'interpretazione meccanicistica del mondo vivente con l'interpretazione newtoniana dell'universo. (Ivi, pag. 103)

In effetti già Leibniz, mostrando di possedere i principi della dinamica,

aveva concepito il movimento non come una modificazione estrinseca – un mero accidente dell'estensione – bensì come una proprietà intrinseca dei corpi, come l'effetto di un *conatus*, di un'attività originaria della sostanza. Leibniz perviene a questa conclusione dimostrando l'errore in cui era incorso Cartesio nel sostenere che, nell'urto fra due corpi, la quantità di movimento (il prodotto delle masse per le velocità: $m \cdot v$) rimane costante; mentre a restare costante è quella che Leibniz definisce come la forza viva ($m \cdot v^2$, un concetto analogo a quello di energia cinetica dell'odierna fisica). Se la quantità di movimento e la forza viva sono entità fisiche diverse, Leibniz ne deduce che la materia non è riducibile a estensione, con ciò delegittimando la pretesa cartesiana di ridurre la dinamica alla geometria. (Aiton, pag. 211)

E come nota Bernardi:

Il leibnizianesimo, da parte sua, offriva alla scienza una nuova visione dinamica della natura, un nuovo paradigma interpretativo capace di funzionare come elemento propulsore del lavoro sperimentale, soprattutto nell'ambito dei fenomeni della generazione e dell'embriogenesi. Il concetto di monade venne disinvoltamente trasferito all'interno della tradizione atomista, trasformando radicalmente la base teorica del meccanicismo. La materia non era più composta di corpuscoli inerti ma di "molecole organiche", cioè punti fisici di energia vitale dotati di forza e sensibilità (Bernardi, pag. 583)

E così, quando un essere organizzato muore, le sue particelle non periscono, ma semplicemente si dissociano e diventano così disponibili per entrare in una nuova combinazione:

D'ALEMBERT: [...] E la vita? Un seguito d'azioni e reazioni. Vivo e reagisco come massa... morto, agisco e reagisco come molecole... Non muoio, dunque?... No, senza dubbio, in questo senso non muoio, né io, né nessuno. Nascere, vivere e morire è cambiare di forma... E che importa questa o quella forma? Ognuna ha la felicità e l'infelicità che le è propria. Dall'elefante alla pulce, dalla pulce alla molecola sensibile vivente, origine del tutto, non un punto nell'intera natura che non goda e non soffra. (Diderot, pag. 99)

E ancora:

BORDEU: Questa supposizione stravagante è quasi la storia reale di tutte le specie animali esistenti e future. Se l'uomo non si scompone in un'infinità di omuncoli, cionondimeno si scompone in un'infinità di animaletti, di cui non è possibile prevedere tutte le metamorfosi e la futura, ultima organizzazione. [...] (Ivi, pag. 81)

Da queste ultime citazioni è evidente anche l'influenza di Lucrezio, il cui pensiero su questi punti è ben riassunto nel seguente famoso passo del *De rerum natura*:

Or se la copia è tanta dei germi, che intere esistenze di viventi creature non mai li potrebbe contare, se la Natura ognora procede in identico modo, gli atomi per il vuoto dovunque lanciando, si come già li sospinse a formar questo mondo visibil creato, devi con vera ragione pensare che esistono altrove altri mondi, di gente, di prole ferina diversi. (Lucrezio, pag. 353)

Da Lucrezio Diderot ricava sicuramente il concetto di movimento e di trasformazione: l'uomo potrà cambiare e forse non esisterà più. Nella concezione cosmica del divenire c'è qualcosa che potremmo davvero definire un "sostituto" di Dio.

Come riassumono Cioffi et al.:

Nella concezione degli organismi Diderot fa appello alle teorie di Bordeu: gli organismi sono composti da elementi vitali, da animalculi che si fondono nell'unità dell'individuo. Per il principio di continuità, la sensibilità dei singoli animalculi o organi si risolve nella sensibilità unica della coscienza. L'autonomia e addirittura l'antagonismo reciproco delle parti non vengono annullati: nei viventi più semplici l'organismo può, in effetti, disgregarsi in altri organismi,

come nel polipo di Trembley, o, più in generale, scindersi in un' "infinità di animalculi di cui è impossibile prevedere la metamorfosi e l'organizzazione futura e ultima". La generazione della vita e la corruzione della morte appaiono così come processi opposti di composizione e di scomposizione, e il perenne fluire della vita come una continua produzione di forme sempre nuove. (Cioffi et al., pag.389)

5. Il tempo

Una volta posto il concetto di organizzazione al centro del mondo vivente, ne derivano alcune conseguenze:

In primo luogo, l'organismo appare ormai come una totalità, come un insieme integrato di funzioni e, quindi, di organi [...] In seguito, il concetto di organizzazione porta a sviluppare l'idea – già intravista nel secolo XVIII – che l'essere vivente non è una struttura isolata e campata nel vuoto, ma un organismo che si inserisce nella natura e stringe con essa una serie di rapporti di vario genere. Perché un essere viva, respiri e si alimenti, è necessario un accordo fra gli organi adibiti a tali funzioni e le condizioni esterne. (Jacob, pag.107-108)

E, della stessa importanza, è la trasformazione che

[...] riguarda lo spazio che congiunge l'una all'altra le generazioni successive, perché l'organizzazione non nasce, già compiuta e perfetta, dai semi del padre e della madre, ma si elabora progressivamente a partire da una semplice cellula che si distacca dal corpo dell'uno e dell'altro genitore. (Ivi, pag.154)

All'idea di organizzazione si collega quindi, in modo indissolubile, l'idea di una storia dell'organizzazione stessa :

SIGNORINA DE L'ESPINASSE: “[...] Voltaire può scherzarci sopra quanto vuole, ma l'Anguillard ha ragione; io credo ai miei occhi; li vedo: quanti ce ne sono! vanno! vengono! come guizzano! ...” Il vaso in cui scorgeva tante generazioni transitorie, lo paragonava all'universo; vedeva in una goccia d'acqua la storia del mondo [...]”
« SIGNORINA DE L'ESPINASSE: [...] “Nella goccia d'acqua di Needham tutto si compie e trascorre in un batter d'occhio. Nel mondo, lo stesso fenomeno dura un poco di più; ma che è mai la nostra durata, di fronte all'eternità del tempo? [...]” [...]”
SIGNORINA DE L'ESPINASSE: “[...] Chi conosce le razze animali che ci precedettero? Chi conosce quelle che seguiranno? Ogni cosa cambia, trascorre, e solo il tutto rimane. [...]” (Diderot, pag.83)

E ancora :

SIGNORINA DE L'ESPINASSE: “[...] Cos'era, in origine, l'elefante? Forse l'animale enorme che ci appare, o forse un atomo, poiché entrambi i casi sono possibili; non presuppongono che il movimento e le diverse proprietà della materia... L'elefante, questa massa enorme, organizzata, un prodotto improvviso della fermentazione! [...]” (Ivi, pag.87)

In queste ultime citazioni è inoltre ravvisabile un riferimento ad un certo “trasformismo biologico”. Forse è addirittura utilizzabile, nel caso di Diderot, il termine “protoevoluzionismo” (soprattutto quando, come negli *Elements de physiologie*, Diderot farà riferimento ad un “certo ruolo” dell'ambiente). Vediamo due ultimi passi del *Sogno*, proprio su questo punto:

D'ALEMBERT: [...] Tutti gli esseri circolano gli uni negli altri, e per conseguenza tutte le specie... tutto è un flusso perpetuo... Ogni animale è più o meno uomo; ogni minerale più o meno pianta; ogni pianta più o meno animale. Non c'è nulla di perfettamente distinto in natura... [...] (Ivi, pag. 99)

E ancora :

BORDEU: [...] E poiché la natura produce, con l'andar del tempo tutto il possibile, formerà di certo qualche strano composto. (Ivi, pag.145)

Come affermano Cioffi et al. :

Quest'idea del perenne fluire delle cose rappresenta una sfida alle possibilità conoscitive dell'uomo mentre l'attenzione, propria della biologia, per l'individualità e la storicità degli organismi rappresenta una sfida alla pretesa meccanicistica di spiegare la molteplicità dei fenomeni a partire da leggi e principi universali ed eterni. (Cioffi et al., pag.390)

6. Conclusioni

Nell'avanzare (in un'opera pur aporetica, che fa vedere i fatti ma non propone teorie completamente esplicative) un modello per il vivente basato sull'epigenesi e una particolare forma di vitalismo, Diderot è, ho cercato di evidenziare, allineato con il dibattito non solo filosofico ma anche scientifico del proprio tempo.

Come sostiene Bernardi :

«Gli echi della tradizione lucreziana e spinoziana si legano direttamente, nell'apologia materialistica diderotiana, agli sviluppi delle ricerche embriologiche di Maupertuis e di Buffon, alle scoperte naturalistiche di Trembley e di Needham...»(Bernardi,pag.587)

E l'assunzione, da parte di Diderot, di un paradigma vitalistico è del tutto originale. Chiara è infatti la differenza tra il vitalismo del Settecento e l'animismo del secolo precedente: la materia "vitale" ha sì principi propri, ma questi principi non sono separati dalla materia stessa. Inoltre, se esiste certamente la vita dell'animale intero, esiste anche la vita degli organi, dei tessuti e delle molecole. Ognuna di queste vite è separata ed è difficile immaginare l'esistenza di un'anima del tutto.

Il ricorso ad un principio vitale, come ho cercato di sottolineare, è imposto dalle stesse esigenze fondamentali della "biologia"(il neologismo fu introdotto indipendentemente, tra il 1800 e il 1802, da Burdach, Trevinarus e Lamarck), dalla necessità di separare gli esseri viventi dalle cose inanimate e di basare la separazione non sulla materia (la cui unità è indiscussa), ma sull'esistenza di una determinata forza. Come scrive Jacob :

«Il vitalismo è qualcosa di cui non si può fare a meno ai primordi della biologia, così come il meccanicismo fu una concezione necessaria nel caso dell'età classica.»(Jacob,pag.114)

La forza vitale ha rivestito una tale importanza in quel momento storico perché essa ha svolto una funzione che la fisica avrà attribuito più tardi a due nuovi concetti. Gli esseri viventi ci appaiono, oggi, come la sede di un triplice flusso: di materia, di energia e di informazione. Mentre, alle sue origini, la biologia è in grado di riconoscere l'esistenza di un flusso di materia, in luogo degli altri due flussi è costretta a ricorrere ad una forza particolare. Fino alla metà dell'Ottocento, infatti, i rapporti fra calore e lavoro resteranno molto indeterminati.

Un punto comune a Diderot e ad alcuni suoi contemporanei è, come visto, che solo la "molecola vivente" rimane eterna: *la morte si ferma là*. L'animale, per Diderot, è un essere in cui l'organizzazione è determinata da cause esterne ed interne, ed a cause diverse corrisponde animale diverso (per quanto riguarda le cause interne gli studiosi del Settecento vedono poi con chiarezza, anche se in questo scritto non ho approfondito questo punto, una delle esigenze che deve soddisfare qualsiasi sistema nel quale, a ogni generazione, la "forma" dei genitori venga riprodotta nel figlio per associazione di unità elementari: vedono, cioè, la necessità di far intervenire una "memoria" che guidi il processo associativo delle particelle).

Questo processo ha diversi gradi di complessità e alla teoria della complessità è legato il concetto di "io" come *emergenza*. La coscienza (su cui Diderot si soffermerà soprattutto negli *Elements de physiologie*) è un fenomeno composto di vari gradi, *dove l' "io" emerge* solo al massimo livello. Ma ciò, eventualmente, sarà il tema di un altro approfondimento.

BIBLIOGRAFIA

Aiton E.J., *Leibniz* , Milano, Il Saggiatore, 1991

Bernardi W., *Scienze della vita e materialismo nel Settecento*, in AA.VV., *Storia della scienza moderna e contemporanea*, a cura di P.Rossi , Milano ,Tea,2000,pp. 567-590

Cioffi F., Luppi G., Vigorelli A. , Zanette E., *Profilo di Storia della Filosofia II vol.*, Torino, Edizioni Scolastiche Bruno Mondatori, 1998

Davies P., *Da dove viene la vita* , Milano , Saggi Mondatori, 2000

Diderot D., *Il sogno di D'Alembert* , Milano , Biblioteca Universale Rizzoli, 1996

Feinberg G., Shapiro R., *La vita nel cosmo* , Milano , Mursia

Gagliasso E., *Verso una epistemologia del mondo vivente*, Milano, Edizioni Guerini, 2001

Jacob F., *La logica del vivente* ,Torino, Einaudi, 1971

Lucrezio T.C., *La natura delle cose*, Milano, Oscar Mondatori , 1992

Mathieu V., *Introduzione a Leibniz*, Bari, Laterza,1976

Mayr E., *Storia del pensiero biologico*, Torino, Bollati Boringhieri,1990

Quintili P., Estratto da : *La pensée critique de Diderot. Matérialisme, science et poésie à l'âge de l'Encyclopédie.1742-1782*, Paris, Honoré Champion,2001